<<<(((**olvasói** kiemelésekkel, megjegyzésekkel …. A görög nevek és a lábjegyzetek scennelési pontatlanságait nem néztem végig -FÁ)))>>>

<<<(((mivel nem tudománytörténész vagyok, ismerkedek a témakörrel, ezért olvasói megjegyzéseim néha pontosítási kérdéseket, értelmezési problémákat illetve magam gondolatainak kapcsolását jelentik. Az általam felismerni *vélt ideológiai megjegyzések előtt értetlenül állok*, viszont **a vulgáris tény-központúság elleni szemlélettel csak egyetérteni lehet**. A terjedelem számomra azért tűnik nagynak (lehetne a negyede is), mert engem csak egy szelete érdekel az itt olvashatóknak. Ahol ez a szelet közvetlenül tetten érhető, ott igyekeztem megjelölni. -FÁ)))>>>

<<<(((kiemelés sárgával, ritkán kékkel, tagolással; a tartalomban megjelenő megjegyzés (címsor 6) és szövegrész (címsor 7) formában -FÁ)))>>>

[*http://www.eltereader.hu/media/2014/04/A\_tudomanyos\_gondolkodas\_tortenete\_READER.pdf*](http://www.eltereader.hu/media/2014/04/A_tudomanyos_gondolkodas_tortenete_READER.pdf)

EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM TERMÉSZETTUDOMÁNYI KAR

A TUDOMÁNYOS GONDOLKODÁS TÖRTÉNETE

ELŐADÁSOK A TERMÉSZETTUDOMÁNYOK ÉS A MATEMATIKA TÖRTÉNETÉBŐL AZ ÓKORTÓL A XIX. SZÁZADIG

A scennelt, **olvasói** kiemelésekkel, megjegyzésekkel ellátott szöveg Tartalom-jegyzéke

[A scennelt szöveg **eredeti** Tartalom-jegyzéke, az eredeti oldalszámozással 7](#_Toc45968727)

[Előszó 10](#_Toc45968728)

[I. fejezet - A tudomány kezdetei 12](#_Toc45968729)

[A. Bevezetés (Székely László) 12](#_Toc45968730)

[B. A naiv, mitikus gondolkodás s a tudomány kezdetei *(Székely László)* 14](#_Toc45968731)

[C. Az ókori tudomány kezdetei 17](#_Toc45968732)

[1. Bevezetés *(Székely László)* 17](#_Toc45968733)

[2. Egyiptom *(Székely László)* 18](#_Toc45968734)

[A. Matematika és geometria 21](#_Toc45968735)

[B. Csillagászat 23](#_Toc45968736)

[Az orvostudomány 24](#_Toc45968737)

[3. Mezopotámia *(Székely László)* 24](#_Toc45968738)

[A. A babilóniai matematika 25](#_Toc45968739)

[B. A babilóniai csillagászat 27](#_Toc45968740)

[C. A babilóniai földrajz-, biológia- és orvostudomány 28](#_Toc45968741)

[4. Tudomány és természetfilozófia az ókori Kínában *(P. Szabó Sándor)* 29](#_Toc45968742)

[A. Mitologikus-antropomorf világkép 29](#_Toc45968743)

[B. Az emberi világ és a mindenség viszonyának hatása a korabeli tudomány fejlődésére 31](#_Toc45968744)

[C. A dezantropomorf kozmosz eszméjének kialakulása 32](#_Toc45968745)

[(1). Az öt elemről (vu hszing) alkotott elképzelések 33](#_Toc45968746)

[(2). A páráról (esi) alkotott elképzelések 33](#_Toc45968747)

[(3). A jinről és a jangról alkotott elképzelések 35](#_Toc45968748)

[(4). Az organikus univerzum eszméje és a Mindenség Rendezőelvéről (Tao) alkotott elképzelések 37](#_Toc45968749)

[D. Az ókori kínai csillagászat 39](#_Toc45968750)

[E. Az ókori kínai matematika 43](#_Toc45968751)

[D. Összegzés 48](#_Toc45968752)

[Irodalom 49](#_Toc45968753)

[II. Az ókori görög természettudomány és matematika története 50](#_Toc45968754)

[Bevezetés *(Ropolyi László és Székely László)* 50](#_Toc45968755)

[1. A “görög csoda” 50](#_Toc45968756)

[2. A szuverén görög személyiség 50](#_Toc45968757)

[3. A görögök tudományos teljesítménye 52](#_Toc45968758)

[A. Az antik görög tudományos módszer kialakulása és jellegzetességei 52](#_Toc45968759)

[B. Az antik tudományos gondolkodásmód változatai 57](#_Toc45968760)

[4. A görög gondolkodás- és tudománytörténet korszakolása 59](#_Toc45968761)

[A. A görög gondolkodás- és tudománytörténet fő korszakai 59](#_Toc45968762)

[B. A tudományos szakterületek kialakulása 62](#_Toc45968763)

[C. A klasszikus görög korszak tudománytörténetének finomabb korszakolása 63](#_Toc45968764)

[B. A görög matematika fejlődése *(Kiss Olga)* 65](#_Toc45968765)

[1. A görögök előtti matematika 66](#_Toc45968766)

[2. A bizonyítás megjelenése a matematikában 69](#_Toc45968767)

[3. A püthagoreus mathémata 70](#_Toc45968768)

[4. Az athéni Akadémia 73](#_Toc45968769)

[5. Az első axiómarendszerek - az euklideszi Elemek 76](#_Toc45968770)

[6. Antik heurisztika 79](#_Toc45968771)

[7. Alkalmazott matematika a hellenisztikus korban 81](#_Toc45968772)

[C. A harmonikus kozmosz püthagoreus eszméje és a görög matematikai csillagászat *(Székely László)* 81](#_Toc45968773)

[1. A milétoszi természetfilozófia és a görög csillagászat 81](#_Toc45968774)

[2. A praktikus görög csillagászat 86](#_Toc45968775)

[3. A harmonikus kozmosz püthagoreus eszméje 90](#_Toc45968776)

[4. Platón 92](#_Toc45968777)

[5. Eudoxosz és Kalüpposz homocentrikus szférái 93](#_Toc45968778)

[6. Arisztotelész 96](#_Toc45968779)

[7. A világ és a kozmosz. A démokritoszi és az arisztotelészi kozmológiai modell 98](#_Toc45968780)

[8. A hellenisztikus csillagászat 100](#_Toc45968781)

[A. Epiciklusok, excenterek és a ptolemaioszi rendszer 100](#_Toc45968782)

[egyszer belezuhannak a Napba, keringésük örökre véget ér. 103](#_Toc45968783)

[<<<(((mikor? -FÁ)))>>> 103](#_Toc45968784)

[<<<((( Az atomi mozgások menyire örök életűek mai tudásunk szerint? -FÁ)))>>> 104](#_Toc45968785)

[B. A görög hellenisztikus csillagászat további eredményei 104](#_Toc45968786)

[9. A kaldeusok numerikus bolygóelmélete 105](#_Toc45968787)

[D. A biológiai ismeretek önálló rendszerré szerveződésének kezdetei az antik korban (*Kiss János)* 107](#_Toc45968788)

[<<<(((érdekes, de kevésbé elméleti, kevésbé összefogott a többinél -FÁ)))>>> 107](#_Toc45968789)

[1. Az anyag és az élet mibenléte; az éltető erő és a lélek 110](#_Toc45968790)

[2. A tudomány módszertana felé 115](#_Toc45968791)

[3. A növénytani ismeretek fejlődése 117](#_Toc45968792)

[4. Az állattan kialakulása 120](#_Toc45968793)

[5. A(z emberi, állati) szervezet struktúrája és működése 123](#_Toc45968794)

[6. Viselkedés: érzékelés, mozgás, gondolkodás, értelem 131](#_Toc45968795)

[7. Szaporodás, öröklődés, egyedfejlődés 137](#_Toc45968796)

[8. Az élővilág fejlődéséről 140](#_Toc45968797)

[9. Egyedek fölötti szerveződések, környezeti kölcsönhatások 142](#_Toc45968798)

[E. A görögök fizikai és kémiai ismeretei *(Ropolyi László)* 143](#_Toc45968799)

[1. Fizikai és kémiai ismeretek a preszókratikus korszakban 143](#_Toc45968800)

[A. Zénón apóriái 143](#_Toc45968801)

[B. Démokritosz atomizmusa 148](#_Toc45968802)

[2. Az antik természetfilozófia hozzájárulása a fizikához 150](#_Toc45968803)

[A. Platón természetfilozófiájának adalékai 151](#_Toc45968804)

[B. Az arisztotelészi fizika fontosabb problémái 151](#_Toc45968805)

[(1). A természet fogalma és jellegzetességei Arisztotelész fizikájában 153](#_Toc45968806)

[(2). Dinamikai fogalmak az arisztotelészi fizikában 155](#_Toc45968807)

[(3). Az anyag szerveződésének problémái az arisztotelészi fizikában 158](#_Toc45968808)

[C. A sztoikus természetfilozófia szemléletmódja 159](#_Toc45968809)

[3. Fizika a görög tudomány klasszikus korszakában 161](#_Toc45968810)

[A. Fizika a hellenisztikus Athénben 161](#_Toc45968811)

[B. Az alexandriai Múzeum és Könyvtár 163](#_Toc45968812)

[C. Arkhimédész, az ókor legjelentősebb matematikai fizikusa 164](#_Toc45968813)

[4. A görög-római kor fizikai és kémiai ismeretei 169](#_Toc45968814)

[A. Fizika Alexandriában: mechanika, pneumatika, optika 169](#_Toc45968815)

[B. Késő antik Arisztotelész kommentárok 172](#_Toc45968816)

[C. Kémiai ismeretek és az alkímia kezdetei 173](#_Toc45968817)

[Összegzés *(Ropolyi László)* 176](#_Toc45968818)

[III. fejezet - A középkor tudománya *(Ropolyi László)* 178](#_Toc45968819)

[A. A tudomány helyzete a koraközépkori Európában 180](#_Toc45968820)

[A személyesen keresett, megtalált, átélt, lelkiismerettel kontrollált hit is idea jellegű, egy felvállalt célt jelöl ki, a céltételező ember kultúrájának egy módja. 182](#_Toc45968821)

[<<<(((Boethius A filozófia vigasztalása c. munkájának számomra ismert, meghatározó központi gondolata, maradandó mondanivalója a személy fogalma volt. E mellett elmenve az európai gondolkodás története, amelynek része a tudományos gondolkodás, kisiklik. Nem? -FÁ)))>>> 182](#_Toc45968822)

[B. A tudás hosszú vándorútja: Bizánc, Perzsia, arabok, Európa 183](#_Toc45968823)

[1. A bizánci tudomány 183](#_Toc45968824)

[2. Az iszlám tudomány 184](#_Toc45968825)

[C. Európa újra kezdi a XII—XIII. században 185](#_Toc45968826)

[<<<(((nem azért kerültek a „tudás” ismeretei a kolostorok falai közé, hogy oda zárják őket, hogy aztán legyen honnan kiszabadítani, hanem a kolostorok falai közt karolták fel őket először a római birodalom bukását követő nagy káoszban. -FÁ)))>>> 185](#_Toc45968827)

[D. Egy hosszú történet: a természeti törvény fogalmának kialakulása 187](#_Toc45968828)

[1. A természeti törvény fogalmának előtörténete 188](#_Toc45968829)

[2. Isten és természet. Természetes és csodás dolgok 190](#_Toc45968830)

[<<<(((nekem meg az fészkelte be magát a fejembe, hogy ismeretelméleti oldalról van korlátja gondolatainknak. És emlegetve Gödelt, hogy ha a személynek tulajdonsága a szabadsága, akkor ezen szabadságot mi okságában nem elemezhetjük, nem bonthatjuk fel, nem oszthatjuk részekre, mert akkor elveszne a felelősség fogalma is. -FÁ)))>>> 192](#_Toc45968831)

[3. Társadalom és természet. Természetjog és természeti törvény 193](#_Toc45968832)

[4. Tudomány és természet. A természettudományok törvényfogalmának alakulása 194](#_Toc45968833)

[Sok filozófus ma is tartózkodik az ontológiai kijelentésektől. <<<(((az is lehet hogy azért, mert ott metaforán kívül mást nagyon nem is tudna tenni?! -FÁ)))>>> 195](#_Toc45968834)

[5. A természeti törvény természete 197](#_Toc45968835)

[E. Összegzés 198](#_Toc45968836)

[IV. fejezet - Újkori forradalom a tudomány jellegében és társadalmi helyzetében. A mechanikai világkép kiépülése 199](#_Toc45968837)

[A. Bevezetés *(Szegedi Péter)* 200](#_Toc45968838)

[Melyek a mechanikus természetkép főbb jellemzői? 200](#_Toc45968839)

[B. A csillagászat története Ptolemaiosztól Keplerig *(Székely László)* 201](#_Toc45968840)

[1. Bevezetés 201](#_Toc45968841)

[2. Az Almagest és a korabeli arab világ 202](#_Toc45968842)

[3. A skolasztika és Ptolemaiosz 203](#_Toc45968843)

[4. Cusanus 204](#_Toc45968844)

[5. Kísérlet a homocentrikus szférák elméletének megmentésére 205](#_Toc45968845)

[6. Kopernikusz 205](#_Toc45968846)

[A. Kopernikusz élete 206](#_Toc45968847)

[B. A Commentariolus 207](#_Toc45968848)

[C. A Revolutionibus 207](#_Toc45968849)

[D. A kopernikuszi és a ptolemaioszi rendszer összevetése 209](#_Toc45968850)

[E. A “kopernikuszi fordulat” mögött rejlő tudományos és kulturális tényezők 210](#_Toc45968851)

[7. Tycho de Brahe 212](#_Toc45968852)

[8. Kepler 214](#_Toc45968853)

[<<<(((tehát a fizikatörténet filozófiai alapja a harmóniakeresés története a fizikai jelenségekben? -FÁ)))>>> 220](#_Toc45968854)

[9. Galileo Galilei távcsöves megfigyelései és a kozmosz anyagi homogenitása 220](#_Toc45968855)

[10. A kopernikuszi fordulat kozmológiai kiteljesítése: a Giordano Bruno-féle világegyetem 222](#_Toc45968856)

[<<<(((olvasva ezeket a sorokat természetesebbnek tűnik, hogy egyrészt a hipotézisek nulla változatait vagy éppen a tanulás menti hipotéziseket az ember a saját fogalmi eszközeivel fogalmazza meg. Az külön kérdés, hogy az miként tud viszonyulni a fogalomtörténethez, valamely fogalmi iskolákhoz vagy a kortárs uralkodó felfogáshoz – másrészt annak a hipotézisnek van-e célja és milyen a belső logikai építkezése. -FÁ)))>>> 224](#_Toc45968857)

[C. A modern matematika kialakulása *(Kiss Olga)* 225](#_Toc45968858)

[1. A nyugat-európai matematika forrásai 225](#_Toc45968859)

[2. Al Hvárizmi algebrája 227](#_Toc45968860)

[3. Az európai matematika reneszánsza 228](#_Toc45968861)

[A practica és theorica megkülönböztetése a XII. században keletkezett 229](#_Toc45968862)

[Az alkalmazott tudománynak tehát nem a bizonyítás a célja, azt a teoretikusokra bízza. 229](#_Toc45968863)

[<<<(((módszertani vázként egy közgazdaság modellezési probléma felvetésnek 230](#_Toc45968864)

[4. Az algebra európai megjelenése 232](#_Toc45968865)

[5. Algebrai geometria 233](#_Toc45968866)

[6. A végtelenül kicsinyek (infinitezimálisok) 235](#_Toc45968867)

[D. A klasszikus mechanika kialakulása *(Szegedi Péter)* 238](#_Toc45968868)

[1. A tudományos módszer 238](#_Toc45968869)

[A. Az empirikus, induktív módszer: Bacon és Galilei 239](#_Toc45968870)

[B. A deduktív módszer: Descartes 243](#_Toc45968871)

[2. A mechanika programjának kitűzése 244](#_Toc45968872)

[3. A részletek kidolgozása 244](#_Toc45968873)

[“I. tétel, I. propozíció 247](#_Toc45968874)

[I. korollárium 250](#_Toc45968875)

[<<<(((holott ha relatív, akkor a mozgó és a viszonyítási keret kölcsönösségén alapszik, azt jellemzi ??? -FÁ)))>>> 253](#_Toc45968876)

[<<<(((mintha szerencsétlen megfogalmazás lenne, mert nem a mozgás mennyisége állandó, hanem a mozgó tömeg …… (ha egy szóval akarnám kifejezni talán a „tömegmozgást” kellene választani?) Sőt. Még pontosabban a „vonatkoztatási rendszerhez képesti tömegmozgást”? -FÁ)))>>> 255](#_Toc45968877)

[4. A mechanikai program megvalósulása a newtoni szintézisben 257](#_Toc45968878)

[A. A Principia 258](#_Toc45968879)

[B. Newton hatása 262](#_Toc45968880)

[<<<(((a ható okok módszere illetve elve főleg a gép-szerkesztésben jutott nagy szerephez …. Kiegészíteném a talán a cél-okokhoz sorolható nem várt véletlenek kizárásának elvével, amelybe bele lehet érteni a környezettől való szigetelést csakúgy, mint a gépezet hatásmechanizmusának belső megbízhatóságát -FÁ)))>>> 265](#_Toc45968881)

[<<<(((Mindenesetre úgy fizikát oktatni, tanulni, hogy valaki legalább efféle szövegeket ne olvasson, teljesen irreális. -FÁ)))>>> 266](#_Toc45968882)

[<<<(((Holbach mint pragmatista előítéletnek nevezi azokat az ideákat, amik előfeltételei voltak a tudományos gondolkodás kialakulásának. Azaz szem elől téveszti a teljes halmazt, és a részhalmazt próbálja teljesként kezelni, amiből hamis megállapítások következnek. -FÁ)))>>> 268](#_Toc45968883)

[<<<(((a matematika modell kifejezést több értelemben is lehet használni. Az itt mondottat inkább matematizált illetve matematikai algoritmusokat használó modellnek nevezném bármely szaktudományi területen. Jó hogy évszázadokkal később, de kínálja magát a másik értelmezés is a matematikai modell tekintetében, éspedig a matematikai típusú absztrakció bármely más területen, de leginkább deduktív axiomatikában. Például a rendszerelméleti axiomatika matematikai absztrakciós módszereket alapul vevő kialakításában. Akár egyetlen egy számítást sem alkalmazva…. -FÁ)))>>> 269](#_Toc45968884)

[E. A biológiai ismeretek a XVII. Században *(Kiss János)* 269](#_Toc45968885)

[**megtervezett tapasztalást**, amiből indukcióval fel lehet építeni a nagy ismeretrendszereket, 270](#_Toc45968886)

[1. A humorális élettan és kórtan bukása: a felemelkedő iatrokémiai és a iatrofizikai szemlélet 271](#_Toc45968887)

[2. A vér mozgása a vérerekben 275](#_Toc45968888)

[Az induktív és a deduktív módszert mindig összekapcsolta (ez akkor a tudományos gondolkodás új minősége volt). ((( William Harvey (1578-1657) angol orvos))) 276](#_Toc45968889)

[3. A szervezet descartes-i kettéosztása: a iatrofizikailag magyarázható test és a kiterjedés nélküli lélek 276](#_Toc45968890)

[4. A iatrofizikai szemlélet kibontakozása 278](#_Toc45968891)

[5. Mikroszkóppal vizsgálódó kutatók 282](#_Toc45968892)

[A mikroszkópos felfedezők nagyobb része azonban nem volt felkészülve arra, amit felfedezett, nem volt szemlélete arra nézve, hogy mit is keres a sajátos eszközzel. Ezért nem jöttek rá sokáig, hogy az élőlényeket sejtek alkotják, de még arra sem, hogy többen közülük felfedezték az élőlények addig nem ismert csoportját, a baktériumokat. 282](#_Toc45968893)

[6. Az embrionális fejlődés: a preformáció tana 289](#_Toc45968894)

[7. Növényi szexualitás és az élőlények osztályozása 290](#_Toc45968895)

[<<<(((érdekes, ahogyan kirajzolódik, hogy a tudományos gondolkodástörténet megannyi szakasza, fordulata 292](#_Toc45968896)

[F. A tudományos kémia kialakulásának kezdetei *(Varga Miklós)* 293](#_Toc45968897)

[1. Bevezetés 293](#_Toc45968898)

[2. Mesterségbeli tudás, anyagismeret 294](#_Toc45968899)

[3. Az alkímia kora 295](#_Toc45968900)

[A. A hellén alkímia 295](#_Toc45968901)

[B. Arab alkímia 297](#_Toc45968902)

[az arisztotelészi anyag-forma tan alapján álló, hellén alkimistáknál a forma tulajdonság, jelenség, pontosabban tulajdonságösszesség volt csupán. **A Jabir Corpus azonban a tulajdonságot dologként fogja fel, mely elválasztható az eredeti anyagtól, önállóan előállítható**. 297](#_Toc45968903)

[C. A latin alkímia 298](#_Toc45968904)

[4. XVI-XVII. század 299](#_Toc45968905)

[V. A tudomány a mechanikai világkép kiterjedésének és felbomlásának korában *(Szegedi Péter)* 302](#_Toc45968906)

[A. Bevezetés 302](#_Toc45968907)

[B. A mechanikai minta működése és meghaladása a fizikában 302](#_Toc45968908)

[1. A mechanika tudományának átalakulása 302](#_Toc45968909)

[Euler eredményeinek következtében egy fizikai probléma megoldása azt jelentette, és jelenti nagyrészt ma is, hogy fel kell állítani az adott esetre **Newton második törvényét** egy vagy több differenciálegyenlet formájában, és ez(eke)t az egyenlet(ek)et integrálva megkapjuk a rendszer mozgását az idő függvényében. **A fizikai feladatok jelentős részét így matematikai feladattá sikerült redukálni**, … 303](#_Toc45968910)

[2. Az elektrodinamika kibontakozása 305](#_Toc45968911)

[Míg a mechanikai gépek feltalálásához, tökéletesítéséhez az esetek többségében nem volt szükség a mechanika tudományára, az elektromágnesességnél nem ez a helyzet. Az elektromosság és mágnesesség kifejezetten a tudomány találmánya. 319](#_Toc45968912)

[3. Az energiamegmaradás története 321](#_Toc45968913)

[Igazán nagy elméletté a hőtan a XIX. század második negyedében vált. A francia Nicolas Leonard Sadi Carnot (1796-1832) a már ténylegesen működő gőzgépekből kiindulva 325](#_Toc45968914)

[C. Új axiomatizálás *(Kiss Olga)* 326](#_Toc45968915)

[Emlékszünk, az Elemek az alapfogalmak tisztázására szánt definíciókkal kezdődött, s ezt követték a posztulátumok és axiómák. A mai axiómarendszerek nem ilyenek. 326](#_Toc45968916)

[<<<(((hanem? Ha maradt az axiomatikus elv, akkor az axiomatika módszerében következett be újabb absztrakciós lépés? -FÁ)))>>> 326](#_Toc45968917)

[1. Projektív geometria 327](#_Toc45968918)

[2. Az analízis megalapozása 328](#_Toc45968919)

[3. Az algebra átalakulása 329](#_Toc45968920)

[4. Nem-euklideszi geometriák 331](#_Toc45968921)

[5. Filozófiai viták - új alapok 333](#_Toc45968922)

[6. Új axiómarendszerek 335](#_Toc45968923)

[<<<((( Arról lenne szó tehát, hogy az alapfogalmak definiálása egyfajta konkretizálási lépéssé vált? Ami nem logikátlan teljesen, hiszen az axióma egy indoklás nélkül választott „alap” (fogalom, tétel, egyéb), amiből a logika szabályai szerint építkezhet az axiomatikus fogalmi rendszer. Most tehát ott tartunk, hogy az alkalmazási szakterület választja meg az axiómákat, amikből kiindulva viszont az axiómarendszer „szabványosan” formálódhat? < --- > Ugyanakkor gond is jelentkezik, mert az alkalmazási területtől, azoktól a bizonyos kiindulási axiómáktól is függ a ráépítkezés során az axiómarendszerben alkalmazható műveletek jellege. -FÁ)))>>> 337](#_Toc45968924)

[(E két kérdéskör nem feltétlenül független egymástól. Mai tudásunk szempontjából mindenesetre világos különbséget tehetünk a **levezethetőség és az igazság** kérdése között.) Ha az alapok az első értelemben kerülnek válságba, annak autentikus megoldása egy új axiómarendszer felépítése. Ha viszont a második értelemben, akkor a formalista visszahúzódhat az igazság kérdéskörétől mondván őrá csupán a levezethetőség kérdése tartozik, a többi az interpretáció dolga. 338](#_Toc45968925)

[**Az axiómák igaz vagy hamis volta, a definíciók értelme (a szavak jelentése) már a modell és az értelmezés problémája**. Tőle nem kapunk választ arra, hogyan dönthetem el egy modellen, hogy igazak-e az axiómák, ha maga a modell nem egy formális rendszer. Ezek már nem a tiszta matematika problémái. 338](#_Toc45968926)

[D. A Bruno-féle világegyetem és a XIX. századi természettudomány *(Székely László)* 339](#_Toc45968927)

[1. A Bruno-féle kozmológiai modell 339](#_Toc45968928)

[2. A Bruno-féle modell természettudományos formájának kialakulása: Descartes és Newton 340](#_Toc45968929)

[3. A Bruno-féle modell természettudományos formájának kialakulása: a XVII-XIX. századi empirikus csillagászat 341](#_Toc45968930)

[4. Az anyag végtelen, örök körforgása és a végtelen világegyetem 345](#_Toc45968931)

[5. A XIX. századot uraló csillagászati-kozmológiai séma problémái: 346](#_Toc45968932)

[E. A korai (XVIII-XIX. századi) evolúciós elméletek *(Kiss János)* 347](#_Toc45968933)

[1. A rendszerezett sokféleség magyarázata: átalakulások vagy helyettesítések 351](#_Toc45968934)

[1818. július vége felé Lamarck megvakult. Munkáit lányának, Rosalindának diktálta tovább. 1820-ban diktált egy művet az emberről. Ebben hangsúlyozta a természet vakságát és céltalanságát, de nem említette benne sehol a szabadságot. 360](#_Toc45968935)

[<<<(((mert a céltételezés képessége a természetben (világmindenségben) az emberhez kötött. Előtte a visszacsatolási hurkok megjelentek az élőlényekben, majd az idegrendszerrel a specializált logikai apparátus (?), de az emberi értelemben vett célzatosság (különösen a tudatos célzatosság) a természetben az ember sajátja. A céltételezés képessége pedig a szabadság nélkül nem képzelhető el. -FÁ)))>>> 360](#_Toc45968936)

[2. Az evolúció fő mozgatója: a természetes szelekció 362](#_Toc45968937)

[Charles Robert Darwin (1809-1882) 362](#_Toc45968938)

[Herbert Spencer (1820-1903) 372](#_Toc45968939)

[Ernst Haeckel (1834-1919) 375](#_Toc45968940)

[a darwini elgondolások nemcsak az élővilág leszármazására, de a világ valamennyi jelenségére is magyarázatot adhatnak. <<<(((az ősrobbanástól fogva? -FÁ)))>>> 375](#_Toc45968941)

[az egyedfejlődés nem más, mint a törzsfejlődés gyorsított megismétlése, amit az öröklődés és az alkalmazkodás fiziológiai funkciói írnak elő. 377](#_Toc45968942)

[<<<(((A tények egyeztetéséhez az elvont gondolkodással --- még kapcsolódnia kell a társadalomtudományokban, az alkotás filozófiájának, ahol az ember nem másol, nem felfedez, hanem alkot (jog, közgazdaság, politológia elmélet stb). -FÁ)))>>> 378](#_Toc45968943)

[F. A kémia tudománnyá válásának kora a XVIII—XIX. Században *(Varga Miklós)* 379](#_Toc45968944)

[1. A kémiai elemfogalom kialakulása 380](#_Toc45968945)

[A. Robert Boyle 380](#_Toc45968946)

[B. M. V. Lomonoszov 380](#_Toc45968947)

[C. Antoine-Laurent Lavoisier 381](#_Toc45968948)

[Már a századfordulón volt a kísérletezők részéről olyan törekvés, hogy a fogalmak elméleti jelentésének tisztázásától legalább ideiglenesen eltekintsenek. (Gondoljunk pl. arra. hogy a hőmérséklet fogalmának első meghatározása lényegében egy műveleti utasítás: osszunk valahányad részre bizonyos vonatkoztatási pontok által behatárolt intervallumot.) Ennek a magatartásnak a kialakulásában szerepet játszott a felvilágosodásnak a spekulatív metafizikai rendszerek elleni kritikája is. 382](#_Toc45968949)

[2. A klasszikus kémiai atomelmélet kialakulása. A daltoni atomhipotézis és kialakulásának körülményei 382](#_Toc45968950)

[Számára az atom valamely dolog legkisebb, a dolog természetét még mutató részecske volt. 384](#_Toc45968951)

[3. A kémiai atomelmélet válsága és megszilárdulása 384](#_Toc45968952)

[A. A válság okai 384](#_Toc45968953)

[B. A válság megoldódása 386](#_Toc45968954)

[4. A tudományos törvény problémái Mengyelejev és L. Meyer munkásságában 386](#_Toc45968955)

[A. A periódusos törvény felfedezése 386](#_Toc45968956)

[B. A törvényfogalom eltérő felfogása L. Meyer és Mengyelejev munkásságában 388](#_Toc45968957)

[5. A klasszikus kémiai szerkezetelmélet kialakulása. “A kémiai szerkezet” fogalmának különböző megközelítési módjai 390](#_Toc45968958)

[A. A vegyérték-fogalom megjelenése 390](#_Toc45968959)

[B. Az állandó és változó vegyérték fogalma 393](#_Toc45968960)

[C. A kémiai kötés fogalmáról, a fizika és kémia kapcsolatának néhány kérdéséről 394](#_Toc45968961)

[6. A klasszikus szerkezeti kémia alapelvei, ellentmondásai. 396](#_Toc45968962)

[A. Volt-e klasszikus szerkezetelmélet? 396](#_Toc45968963)

[B. A sztereokémia kezdetei 397](#_Toc45968964)

[C. Alapelvek és ellentmondások 399](#_Toc45968965)

[Irodalom 400](#_Toc45968966)

[VI. fejezet - Utószó 401](#_Toc45968967)

[Névmutató 402](#_Toc45968968)

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

XXXXXXXXXXXX

# A scennelt szöveg **eredeti** Tartalom-jegyzéke, az eredeti oldalszámozással

[Előszó vi](#bookmark2)

1. [A tudomány kezdetei 1](#bookmark3)
2. [Bevezetés 1](#bookmark4)
3. [A naiv, mitikus gondolkodás s a tudomány kezdetei 3](#bookmark6)
4. [Az ókori tudomány kezdetei 5](#bookmark7)
5. [Bevezetés 5](#bookmark8)
6. [Egyiptom 5](#bookmark9)
7. [Mezopotámia 11](#bookmark14)
8. [Tudomány és természetfilozófia az ókori Kínában 14](#bookmark18)
9. [Összegzés 30](#bookmark25)
10. [Az ókori görög természettudomány és matematika története 33](#bookmark28)
11. [Bevezetés 33](#bookmark29)
12. [A “görög csoda” 33](#bookmark30)
13. [A szuverén görög személyiség 33](#bookmark31)
14. [A görögök tudományos teljesítménye 34](#bookmark32)
15. [A görög gondolkodás- és tudománytörténet korszakolása 39](#bookmark35)
16. [A görög matematika fejlődése 43](#bookmark41)
17. [A görögök előtti matematika 44](#bookmark42)
18. [A bizonyítás megjelenése a matematikában 47](#bookmark44)
19. [A püthagoieus mathémata 48](#bookmark45)
20. [Az athéni Akadémia 51](#bookmark46)
21. [Az első axiómarendszerek - az euklideszi Elemek 53](#bookmark47)
22. [Antik heurisztika 55](#bookmark49)
23. [Alkalmazott matematika a hellenisztikus korban 56](#bookmark50)
24. [A harmonikus kozmosz püthagoreus eszméje és a görög matematikai csillagászat 57](#bookmark51)
25. [A milétoszi természetfilozófia és a görög csillagászat 57](#bookmark52)
26. [A praktikus görög csillagászat 60](#bookmark53)
27. [A harmonikus kozmosz püthagoreus eszméje 64](#bookmark55)
28. [Platón 65](#bookmark56)
29. [Eudoxosz és Kalüpposz homocentrikus szférái 67](#bookmark57)
30. [Arisztotelész 68](#bookmark58)
31. [A világ és a kozmosz. A démokritoszi és az arisztotelészi kozmológiai modell 70](#bookmark59)
32. [A hellenisztikus csillagászat 71](#bookmark60)
33. [A kaldeusok numerikus bolygóelmélete 75](#bookmark63)
34. [A biológiai ismeretek önálló rendszerré szerveződésének kezdetei az antik korban 77](#bookmark65)
35. [Az anyag és az élet mibenléte; az éltető erő és a lélek 79](#bookmark66)
36. [A tudomány módszertana felé 83](#bookmark68)
37. [A növénytani ismeretek fejlődése 84](#bookmark69)
38. [Az állattan kialakulása 87](#bookmark72)
39. [A(z emberi, állati) szervezet struktúrája és működése 90](#bookmark73)
40. [Viselkedés: érzékelés, mozgás, gondolkodás, értelem 96](#bookmark75)
41. [Szaporodás, öröklődés, egyedfejlődés 101](#bookmark76)
42. [Az élővilág fejlődéséről 104](#bookmark77)
43. [Egyedek fölötti szerveződések, környezeti kölcsönhatások 105](#bookmark79)
44. [A görögök fizikai és kémiai ismeretei 106](#bookmark80)
45. [Fizikai és kémiai ismeretek a preszókratikus korszakban 106](#bookmark81)
46. [Az antik természetfilozófia hozzájárulása a fizikához 111](#bookmark85)
47. [Fizika a görög tudomány klasszikus korszakában 119](#bookmark90)
48. [A görög-római kor fizikai és kémiai ismeretei 126](#bookmark96)
49. [Összegzés 131](#bookmark102)
50. [A középkor tudománya 134](#bookmark104)
51. [A tudomány helyzete a koraközépkori Európában 135](#bookmark105)
52. [A tudás hosszú vándorolja: Bizánc, Perzsia, arabok, Európa 137](#bookmark106)
53. [A bizánci tudomány 137](#bookmark107)
54. [Az iszlám tudomány 138](#bookmark109)
55. [Európa újra kezdi a XII-XIII. században 139](#bookmark110)
56. [Egy hosszú történet: a természeti törvény fogalmának kialakulása 140](#bookmark111)
57. [A természeti törvény fogalmának előtörténete 141](#bookmark112)
58. [Isten és természet. Természetes és csodás dolgok 142](#bookmark113)
59. [Társadalom és természet. Természetjog és természeti törvény 145](#bookmark115)
60. [Tudomány és természet. A természettudományok törvényfogalmának alakulása 145](#bookmark116)
61. [A természeti törvény természete 148](#bookmark118)
62. [Összegzés 149](#bookmark119)
63. Újkori forradalom a tudomány jellegében és társadalmi helyzetében. A mechanikai világkép

kiépülése 151

1. [Bevezetés 151](#bookmark121)
2. [A csillagászat története Ptolemaiosztól Keplerig 152](#bookmark122)
3. [Bevezetés 152](#bookmark123)
4. [Az Almagest és a korabeli arab világ 152](#bookmark124)
5. [A skolasztika és Ptolemaiosz 153](#bookmark125)
6. [Cusanus 154](#bookmark126)
7. [Kísérlet a homocentrikus szférák elméletének megmentésére 155](#bookmark127)
8. [6. Kopernikusz 155](#bookmark128)
9. [Tycho de Brahe 161](#bookmark134)
10. [Kepler 163](#bookmark136)
11. [Galileo Galilei távcsöves megfigyelései és a kozmosz anyagi homogenitása 169](#bookmark140)
12. [A kopernikuszi fordulat kozmológiai kiteljesítése: a Giordano Bruno-féle világegyetem 170](#bookmark141)
13. [A modem matematika kialakulása 172](#bookmark142)
14. [A nyugat-európai matematika forrásai 172](#bookmark143)
15. [A1 Hvárizmi algebrája 174](#bookmark145)
16. [Az európai matematika reneszánsza 175](#bookmark146)
17. [Az algebra európai megjelenése 177](#bookmark147)
18. [Algebrai geometria 178](#bookmark148)
19. [A végtelenül kicsinyek (infinitezimálisok) 180](#bookmark149)
20. [A klasszikus mechanika kialakulása 183](#bookmark151)
21. [A tudományos módszer 183](#bookmark152)
22. [A mechanika programjának kitűzése 187](#bookmark155)
23. [3. A részletek kidolgozása 187](#bookmark156)
24. [A mechanikai program megvalósulása a newtoni szintézisben 198](#bookmark159)
25. [A biológiai ismeretek a XVII. században 208](#bookmark163)
26. A Immorális élettan és kórtan bukása: a felemelkedő iatrokémiai és a iatrofizikai

szemlélet 209

1. [A vér mozgása a vérerekben 212](#bookmark166)
2. A szervezet descartes-i kettéosztása: a iatrofizikailag magyarázható test és a kiterjedés nélküli

lélek 213

1. [A iatrofizikai szemlélet kibontakozása 214](#bookmark168)
2. [5. Mikroszkóppal vizsgálódó kutatók 217](#bookmark172)
3. [Az embrionális fejlődés: a preformáció tana 225](#bookmark176)
4. [Növényi szexualitás és az élőlények osztályozása 226](#bookmark177)
5. [A tudományos kémia kialakulásának kezdetei 228](#bookmark178)
6. [Bevezetés 228](#bookmark179)
7. [Mesterségbeli tudás, anyagismeret 228](#bookmark180)
8. [Az alkímia kora 229](#bookmark182)
9. [XVI-XVII. század 232](#bookmark186)

V. [A tudomány a mechanikai világkép kiterjedésének és felbomlásának korában 236](#bookmark189)

1. [Bevezetés 236](#bookmark190)
2. [A mechanikai minta működése és meghaladása a fizikában 236](#bookmark191)
3. [A mechanika tudományának átalakulása 236](#bookmark192)
4. [Az elektrodinamika kibontakozása 238](#bookmark193)
5. [Az energiamegmaradás története 252](#bookmark196)
6. [Új axiomatizálás 257](#bookmark199)
7. [Projektív geometria 258](#bookmark200)
8. [Az analízis megalapozása 259](#bookmark201)
9. [Az algebra átalakulása 260](#bookmark202)
10. [Nem-euklideszi geometriák 261](#bookmark204)
11. [Filozófiai viták - új alapok 263](#bookmark205)
12. [Új axiómarendszerek 265](#bookmark206)
13. [A Bruno-féle világegyetem és a XIX. századi természettudomány 267](#bookmark207)
14. [A Bruno-féle kozmológiai modell 267](#bookmark208)
15. [A Bruno-féle modell természettudományos formájának kialakulása: Descartes és Newton 268](#bookmark209)
16. A Bruno-féle modell természettudományos formájának kialakulása: a XVII-XIX. századi

empirikus csillagászat 269

1. [Az anyag végtelen, örök körforgása és a végtelen világegyetem 272](#bookmark212)
2. [A XIX. századot uraló csillagászati-kozmológiai séma problémái: 272](#bookmark213)
3. [A korai (XVIII-XIX. századi) evolúciós elméletek 273](#bookmark214)
4. [A rendszerezett sokféleség magyarázata: átalakulások vagy helyettesítések 277](#bookmark216)
5. [Az evolúció fő mozgatója: a természetes szelekció 286](#bookmark220)
6. [A kémia tudománnyá válásának kora a XVIII-XIX. században 300](#bookmark224)
7. [A kémiai elemfogalom kialakulása 301](#bookmark225)
8. A klasszikus kémiai atomelmélet kialakulása. A daltoni atomhipotézis és kialakulásának

körülményei 303

1. [A kémiai atomelmélet válsága és megszilárdulása 304](#bookmark230)
2. [A tudományos törvény problémái Mengyelejev és L. Meyer munkásságában 306](#bookmark233)
3. A klasszikus kémiai szerkezetelmélet kialakulása. “A kémiai szerkezet’’ fogalmának különböző

megközelítési módjai 309

1. [A klasszikus szerkezeti kémia alapelvei, ellentmondásai 316](#bookmark241)
2. Utószó 321

*Szerkesztette: Ropolyi László és Szegedi Péter*

*írta dr. Kiss János, Kiss Olga, dr. Ropolyi László, R Szabó Sándor, dr. Székely László, dr. Szegedi Péter, és dr. Varga Miklós*

*lektorálta: dr. Láng Benedek*

*tszvez. egyetemi docens (BME GTK Filozófia és Tudománytörténet Tanszék) PhD*

*A tankönyv a Művelődési és Közoktatási Minisztérium Felsőoktatási Pályázatok Irodája által lebonyolított felsőoktatási tankönyvtámogatási program keretében és a Pro Renovanda Cultura Hungáriáé Alapítvány támogatásával jelent meg.*

*Szerzői jog © 2000 Eötvös Loránd Tudományegyetem*

*Kivonat*

*A kollégium célja a természettudományok tárgyának és módszereinek az ókortól napjainkig terjedő történeti analízisét nyújtani. Általános keretet szolgáltat bármely természettudományi szakos hallgató számára saját tudományágának elhelyezésére.*

*E könyv kutatási és oktatási célokra szabadon használható. Bármilyen formában való sokszorosítása a jogtulajdonos írásos engedélyéhez kötött.*

*Készült a TÁMOP-4.1.2.A/1-11/1-2011-0073 számú, „E-leaming természettudományos tartalomfejlesztés az ELTE TTK-n” című projekt keretében. Konzorciumvezető: Eötvös Loránd Tudományegyetem, konzorciumi tagok: ELTE TIK Hallgatói Alapítvány, ITStudy Hungary Számítástechnikai Oktató- és Kutatóközpont Kft.*

*MAGVARORSZAG MEGÚJUL*

*SZÉCHENYI TERV*

# Előszó

Könyvünk története több mint tíz évvel ezelőtt kezdődött. Akkoriban úgy gondoltuk, hogy előadássorozatot indítunk azoknak a természettudományi karos egyetemi hallgatóknak a számára, akik nem csupán saját szaktudományuk történetére kiváncsiak, hanem szélesebb betekintéssel szeretnének rendelkezni a rokon tudományok körében is. A sorozat tematikájának átgondolása közben rájöttünk, hogy mi magunk nem tudunk minden fontos témával megfelelő színvonalon foglalkozni, ezért egyes előadások megtartására felkértünk olyan természettudósokat, akikről tudtuk, hogy érdeklődnek a tudomány története iránt is. A munkában így az évek folyamán több mint tizen vettünk részt. Hallgatóságunk pedig mindig akadt, ezért a kollégiumot folyamatosan meghirdettük.

Nagyon hamar felmerült azonban az a kérdés, hogy milyen irodalmat adjunk hallgatóink kezébe. Léteznek magyar nyelven kiváló, de legalábbis az egyetemi oktatásban jól felhasználható tudományági történetek (például Balázs Lóránt, Sain Márton, Simonyi Károly könyvei), továbbá inkább a középiskolák számára szóló kultúr-, gondolkodás és újabban tudománytörténeti művek (mint pl. Benedek István, Csorba László, Lendvai L. Ferenc munkái), képes népszerűsítő kiadványok, a magyar tudomány történetét feldolgozó művek is. Külön megemlítendőek Vekerdi László könyvei és folyóiratokban megjelent esszéi, amelyek nem csupán egy-egy tudós tevékenységébe, tudománytörténeti korszakba engednek betekintést, hanem a tudománnyal kapcsolatos szemléletet is formálni képesek. A hallgató azonban az ajánlott művek összeszedegetése helyett igazából azt szereti, ha a teljes tananyagot felölelő jegyzetet vagy tankönyvet kap a kezébe. Általános - több tudományág történetét korszakokon keresztül átfogó - tudománytörténeti művet azonban nem tudtunk rendelkezésükre bocsátani (erre legfeljebb John D. Bemal könyve lehetett volna esélyes, amely azonban túságosan nagy igényű - és ezáltal túl terjedelmes -, némileg egyoldalú - főleg az iparral való kapcsolatokra összpontosít - és ezáltal elavultnak tekinthető).

A megfelelő tankönyv hiányában tehát az utóbbi években magunk tettünk kísérletet előadásaink rögzítésére. Ennek eredményét tartja kezében az olvasó. A keletkezés körülményei, a sok különböző érdeklődésű szerző következtében a könyv különbözik egy egyetlen szerző által írt történeti monográfiától. Hiányzik belőle az egységes felfogás, a mindent átható koncepció, a homogén stílus. A sokszínűség azonban nemcsak a természettudomány jellemzője, hanem a mai tudománytörténet-írásé is. Thomas S. Kuhn 60-as évekbeli fellépése, az utána következő viták és a kialakuló tudományfilozófiai iskolák nem hagyták érintetlenül a tudománytörténészek amúgy is iskolák szabdalta közösségét sem. Tudósnak és tanárnak készülő hallgatóink előtt sem szoktuk titkolni, hogy manapság nem létezik egyetlen autentikus tudomány- és tudománytörténet-felfogás. Talán e sokféleség tükröződik valamennyire ebben a kötetben is. Reméljük azonban, hogy ez csak elősegíti tankönyvünk széles körű felhasználását, és nem csupán mi tudjuk jobb körülmények között tanítani hallgatóinkat, hanem mások is fel tudják használni segédkönyvként akár szaktudománytörténetek, esetleg a történelem oktatásához.

Ekkora témát egyébként egyetlen szerző sem tudna kiegyensúlyozottan tárgyalni, így ez a mi tankönyvünkről sem mondható el. A rokon vállalkozásokhoz hasonlóan nálunk is a görög rész a legterjedelmesebb, hiszen mindenki szívesen foglalkozik a “gyermekkorral” (magyarázatát lásd ott). Korszakokat felölelő fejezeteink látszólag tudomány ági történetekre bomlanak tovább, valójában azonban az előadásokból nem állanak, nem állhatnak össze az egyes természettudományok teljes történetei. Ha egy mondatban akarjuk megfogalmazni, akkor azt mondhatjuk, hogy könyvünk elsősorban a mechanisztikus tudomány kiépüléséről, elterjedéséről és felbomlásának kezdeti szakaszairól szól. Matematikából az axiomatizmus kétezer éves történetére összpontosítottunk, mert úgy gondoltuk, ez tükrözi leginkább a matematika stílusát és történetiségét, továbbá szemléletileg ez volt a legnagyobb hatással a többi természettudományra, elsősorban a fizikára (lásd például Newton). A fizikában is csupán néhány, a fő szempontból általunk a legfontosabbnak és egyben tipikusnak vélt fordulatot dolgoztunk fel. A kémiai részek döntően a szerkezetelmélet változásait mutatják be. Eléggé részletesen tárgyaljuk a biológiai ismeretek fejlődését, de a XIX. században már csak a leglényegesebb kérdésre, az evolúcióra térünk ki. Földtudományokról kizárólag ez utóbbi vonatkozásban esik szó. A XX. század történetét pedig ebben a kötetben kénytelenek voltunk szinte teljesen mellőzni. Ennek két oka van. Az egyiket Derek de Solla Price már a hatvanas évek elején így fogalmazta meg: “A tudósra adható elfogadható értelmezések bármelyikét alapul véve azt is mondhatnánk, hogy a valaha is élt tudósoknak 80-90%-a ma is él és dolgozik. Másképpen is megfogalmazhatjuk: ha egy ma induló fiatal kutató normális hosszúságúnak feltételezett életútja végén pályájára visszatekint, azt tapasztalja majd, hogy az addig véghezvitt tudományos munka 80-90%-a a szeme láttára zajlott le és csupán 10-20%-a esik a pályakezdést megelőző időkre.” Vagyis századunk tudománytörténete annyi jelentős eseményt tartalmaz, hogy ez mindenképpen szétfeszítette volna a pillanatnyilag rendelkezésre álló kereteket. Másik okunk, hogy mivel hallgatóink jelentős része éppen csak bekerült az egyetemre, és a legkülönbözőbb előzetes ismeretekkel rendelkeznek, igyekeztünk a szakmai részleteket is úgy megírni, hogy azok középiskolai végzettséggel megérthetők legyenek, a XX. Századi tudománytörténet megértéséhez pedig sokszor ez nem elegendő. Mindezek miatt a XX. századot legcélszerűbb lesz majd egy külön kötetben tárgyalni.

Budapest, 1999. október 7-én

A szerkesztők

# I. fejezet - A tudomány kezdetei

## A. Bevezetés (Székely László)

Ha a tudomány “kezdeteivel”, “gyökereivel”, “első eredményeivel” szeretnénk foglalkozni, mégpedig minden megszorító értelmezés és meghatározás nélkül, igen nehéz helyzetbe kerülünk. Az a veszély fenyeget, hogy egy olyan egységes, az ókortól napjainkig fejlődő tudomány képét alkotjuk meg, mely fejlődése során fokozatosan halmozta föl a tudományos ismereteket, s szorította ki a tévhiteket és babonákat, hogy azután e tévedésektől megtisztított ismeretanyag a tudományos “tudás” ma rendelkezésünkre álló épületében összegződjön. Az egységes tudománynak ez az egymást követő korokon folytonosan átívelő, s az ismeretek összegződésével, “kumulációjával” jellemzett képe, mely sokáig egyformán jelen volt mind a klasszikus tudománytörténetírásban, mind pedig a tudományos népszerűsítő művekben, mára már teljesen elavult. A mai tudományfilozófia és a mai tudománytörténeti ismeretek fényében erősen kétséges, hogy lehet-e a tudomány fogalmára olyan általános definíciót adni, melynek alapján ugyanabban az értelemben beszélhetnénk mondjuk pl. az ókori babilóniai, a görög-római és a mai tudományról. Ha mégis kritikátlanul használnánk e fogalmat a régi kultúrák viszonylatában, ezzel anakronizmust követnénk el: sem a kínaiak, sem a babilóniaiak, sem pedig az ókori görögök vagy rómaiak nem rendelkeztek a mai értelemben vett tudománnyal. Nem arról van szó, hogy nem rendelkeztek a mai “fejlett” tudománnyal, a mai tudományos ismeretekkel, s így “tudományuk” a miénkhez képest “primitív”, “fejletlen” volt, hanem arról, hogy az a kulturális-szellemi mozzanat, amely az újkori európai kultúr- és gondolkodás-történetben “tudomány”-ként határozza meg önmagát, e korábbi kultúrákban nem volt jelen, s ezért azt, ami az akkori korokban ilyen vagy olyan értelemben “tudomány”-ként szerepelt, eleve értelmetlen összehasonlítani, és a “fejlettebb-fejletlenebb” relációjába állítani a mai tudománnyal. Az akkori kultúrában játszott szerepük, funkciójuk és értelmük szerint ezek ugyanúgy fejlettek vagy fejletlenek voltak, mint mai tudományunk, így az anakronizmust már akkor elkövetjük, ha mai tudományos ismereteinkre hivatkozva vagy a mai tudomány normáit követve minősíteni próbáljuk ezeket a régi ismereteket - függetlenül attól, hogy e minősítést konkrétan miképpen tesszük meg.

Ugyancsak nehezen tartható ma már az a szemléletmód, mely egyrészről ugyan elismeri, hogy e régi korokban a mai értelemben vett tudomány még nem létezett, ám ugyanakkor úgy véli, hogy e korok mitikus vagy vallásos világképébe beleolvadva már megfogalmazódtak olyan sajátos ismeretek, melyek mai ismereteink birtokában “tudományos” jellegűként különíthetőek el a mítoszoktól és a hittételektől, azaz már a ma tudományának jegyében is “tudományos”-nak tekinthetőek. Nem nehéz belátni, hogy ez a fölfogás szintén megőrzi a korokon átívelő egységes és egyetemes tudomány képét, s a “tudományos”-nak tekintett elemeket kiemelve szintén mai kritériumok alapján osztályoz és minősít: mindazt, ami az adott korban, az adott kultúrában egységet képezett, mai szemléletünk alapján szétdarabolja, s elválasztja egymástól. <<<(((első pillanatra egyirányú szétfejlődésnek tűnik a tudományok differenciálódása, ám a valóság ennél kanyargósabb, hiszen számos önálló tudományág szűnt meg időközben valamint számos tudományos eredmény, módszer vált általánossá a tudományágak közt, azok szétváltságát oldva vagy meg is szüntetve. Legszemléletesebb példák a technológia terén találhatók. -FÁ)))>>>

Az utóbbi eljárásmód önkényesen előföltételezi azt is, hogy léteznek olyan kritériumok, vagy normák, melyek segítségével a tudományos és a mitikus elemek szeparálhatóak. Ezeket a kritériumokat a tudományfilozófia “demarkációs” kritériumoknak nevezi, hiszen a föltételezés szerint segítségükkel lehetséges a tudományos és a nem tudományos eszmék, hitek, meggyőződések között elkülönítő, “demarkációs” vonalat húzni. A tudományfilozófiai viták nyomán számos korábban működőképesnek hitt demarkációs kritériumról kiderült azonban, hogy nem teljesíti a rá kirótt föladatot, s ma vita tárgyát képezi, hogy egyáltalán megadhatóak-e ilyen kritériumok. A most bírált álláspont képviselőinek először is meg kellene mutatniuk azt, hogy az általuk használt kritériumok kiállják azokat az ellenérveket, amelyek a tudományfilozófiában az eddigi demarkációs kritériumokkal szemben megfogalmazódtak.

Ám ha ez a helyzet, lehetséges-e a tudományok történetét az ókornál kezdenünk? Beszélhetünk-e kínai, egyiptomi, mezopotámiai vagy görög tudományról? Nem volna-e helyesebb a tudomány történetét az újkori európai tudomány történetére korlátoznunk?

Válaszunk e szkeptikus kérdéscsoport első két kérdésére egyértelműen: igen. Igen, lehetséges a tudomány történetét az ókornál kezdeni, s igen, beszélhetünk az ókori tudományról. Beszélhetünk, ám csak egy redukált, korlátozott értelemben, mely kizárja az előbbiekben bírált álláspontokat. A következőkben ezt a redukált értelmet fogjuk megadni. <<<(((Mégiscsak jelentős Szabó Árpád megállapítása, mellyel a matematika tudományát az axiomatikához és logikai bizonyítási módszerekhez köti. -FÁ)))>>>

Ha az ókori kultúrák ránk maradt írásos emlékei felé fordulunk, olyan ismeretekkel, összefüggésekkel és szabályokkal, fogalomrendszerekkel, a görögöknél pedig már olyan szisztematikus elméletekkel találkozhatunk, melyeknek megfelelői ma is ismeretekként funkcionálnak, s ma kétség kívül a tudomány szférájába tartoznak. Ezért nem követünk el anakronizmust, ha ezekben az ókori ismeretekben mai tudományos ismereteink előzményét, vagy “megelőlegezését” látjuk, anélkül azonban, hogy kiszakítanánk azokat az akkori kulturális környezetből és világképből. így például az egyiptomiak ismertek a síkbeli alakzatokkal és a testekkel kapcsolatosan bizonyos összefüggéseket, illetve terület és térfogatszámítási eljárásokat. Hasonló ismeretekkel mi is rendelkezünk, s ezeket ma a geometria tudományához rendeljük. Nincs jogunk ennek alapján azt állítani, hogy a geometria tudománya már jelen volt az egyiptomiaknál. A síkbeli alakzatokkal, valamint a terület- és térfogatszámítással kapcsolatos egyiptomi ismeretek nem képeztek sem egy mai értelemben vett tudományt, sem pedig olyan, az akkori mitikus világképben föloldott tudományos jellegű mozzanatokat, melyekben mint a kifejezetten vallásos elképzelések ellentételeiben, egy mai értelemben vett tudomány szilánkjait fedezhetnénk föl. <<<(((senki sem ment a korának vélt trendi elvárásai alól. Ez a szöveg sem a valásellenességben magát meghatározó tudományosság alól. Aminek semmi értelme ebben a sommás elhatárolódó formában. -FÁ)))>>> Az egyiptomiak számára ezek az ismeretek minden bizonnyal az építkezéseknél, a földparcellák kimérésekor alkalmazható és alkalmazandó szervezési elvek és eljárások voltak, melyek ezen túl még akár kifejezetten vallásos jellegűek is lehettek. Ám ez semmit sem változtat azon a tényen, hogy a most jelzett egyiptomi ismeretek mai megfelelői a modem geometriához, s így a tudományhoz tartoznak, s ezért bennük - nem általában a geometria, hanem - a mai geometriai ismeretek kezdeteit láthatjuk. Ebben a megszorított értelemben beszélhetünk egyiptomi, s szélesebb pespektívában ókori geometriáról, illetve tudományról: e fogalmakat tehát a következőkben sohasem úgy kell értenünk, hogy már akkor létezett kezdetleges formában a mai tudomány, hanem csak úgy, hogy az akkori - s a görögök előtt jellemzően vallásos - világképbe szintetizálódott ismeretekben jelen voltak olyan elemek, melyek párhuzamba állíthatóak mai tudományos ismereteink és fogalomrendszerünk bizonyos elemeivel.

E most definiált szűk értelem már lehetővé teszi a számunkra, hogy az ókori tudományról és az ókortól kezdődő tudománytörténetről minden anakronizmus nélkül, értelmesen beszéljünk. Ám e fogalmak tartalma és jelentése ennél erősebbé tehető. Ugyanis tagadhatatlan az, hogy az ókori görög kultúra, az ókori görög világ az európai kulturális, szellemi és társadalmi fejlődés egyik legalapvetőbb forrása és megtermékenyítője volt: a görög kultúra mint forrás nélkül a modern tudományig elvezető gondolkodástörténeti vonal is elképzelhetetlen volna. Ez a vonal természetesen nem kumulatív, nem összegződő: tele van olyan csomópontokkal és radikális fordulópontokkal, amikor a korábbi fogalmak jelentősen átértelmeződtek, a hangsúlyok módosultak, korábban nem létező szempontok, szemléletmódok és a megítélésnek új kritériumai vetődtek föl - vagy éppen a régiek fordultak visszájukra -, ám a történeti folytonosság abban az értelemben, hogy az új problémák, az új szempontok és az új értelmezések az előzményüket képező régiek nélkül nem jelenhettek volna meg, nem tagadható. Ebben az értelemben létezik egy olyan, ugyan csomópontokkal és törésekkel teli, ám történetiségében mégis folytonos vonal, mely a görög gondolkodástól a mai, európai tudományig ível. Azok a fogalmi konstrukciók, konstrukciós és szisztematizáló módszerek és ismeretrendszerek, melyek e vonal elején - tehát az ókori görög kultúrában - lelhetők föl, bár nem voltak tudományosak a mai természettudomány vagy a mai “tudomány” értelmében, kétségen kívül nemcsak az előző bekezdésben körülírt szűk értelemben, hanem az előbbi gondolkodástörténeti folytonosság alapján is a mai tudomány előzményei. Mivel pedig közismert az, hogy a korai görög gondolkodás jelentős ismeretanyagot vett át az egyiptomiaktól és a mezopotámiaiaktól, s ez az átvett anyag a görög “tudomány” egyik fontos kiindulópontja, ihletője volt, ezen gondolkodástörténeti folytonosság alapján is jogosult az egyiptomiaktól és a mezopotámiaktól kezdődő tudománytörténet fogalma. Ami a szűkebb értelmet illeti: e szerint az ókori Kínában vagy Indiában is találkozhatunk “tudománnyal”, s így tekintve tárgyaljuk elsőként Kínának, Egyiptomnak, valamint a Tigris és az Eufrátesz vidéke népeinek tudományos ismereteit.

Végül még egy, igen fontos dologra kell fölhívnunk a figyelmet: az ókori görög kultúra vonatkozásában egy harmadik szempontból is jogosult a “tudomány” kifejezés használata. Az előbb azt írtuk: a mai tudomány előzményei nem voltak a mai értelemben véve tudományok. Nem voltak, mert nem is lehettek: a mai tudomány fogalma a görögség számára ismeretlen volt. Ám a tudomány fogalma már létezett a görögöknél, s ami a görögök számára tudománynak minősült, az nagyban átfedi azt, ami a történeti folytonosság alapján mai tudományunk előzménye, így tehát az, amit a történelmi folytonosságra hivatkozva ma “görög tudomány”-ként jelölünk meg, jobbára a görögök számára is tudományként funkcionált - még akkor is, ha más értelemben és más jegyek alapján tekintették azt tudománynak, mint amilyen értelemben és jegyek alapján mi itt és most modem tudományunkat tudománynak tekintjük.

## B. A naiv, mitikus gondolkodás s a tudomány kezdetei *(Székely László)*

A gondolkodás kezdete, az első ismeretrendszerek és világképek kialakulása valamilyen módon az ősi, primitív ember tevékenységével, életével kapcsolódik össze. Bármely sajátosság alapján is különböztetjük meg az emberi lényt az állatoktól, nyilvánvaló, hogy az egyik csak reá jellemző tulajdonság az, hogy az élete során szerzett tapasztalatokat és ismereteket a régi generációk a nyelv segítségével a legfejlettebb állatfajoknál is minőségileg magasabb szinten képesek az új generációk számára átadni. Az új generációk pedig képesek arra, hogy az átadott anyagra már mint adottságra támaszkodjanak és építkezzenek, s ugyanakkor saját tapasztalataikkal bővítsék azt. Az élettapasztalat átadásának ez a kommunikatív és kumulatív módja az egyik előföltétele volt azon ókori ismeretrendszerek kialakulásának, melyekben az általunk bevezetett értelemben a tudományok kezdeteit fedezhetjük föl. Ezen ismeretrendszerek kialakulása és funkcionálása a nyelvi kommunikáció képessége nélkül elképzelhetetlen lett volna.

Az első ismeretrendszerek tartalma nem az egyik napról a másikra született meg: csíráit és alapjait az archaikus korban összegyűlt tapasztalat, a manipulatív tevékenységekkel, a növényekkel, az állatokkal, s általában a természeti- környezeti élettérrel összefüggő élmények és ismeretek adták. Ezek az ismeretek szorosan összefüggtek az ősi ember mindennapi életével, a megélhetés érdekében folytatott napi küszködéssel, s egy-egy nép vagy népcsoport naiv (azaz közvetlen, még reflexió és elméleti közvetítés nélküli), mitikus tudatában vagy világképében ötvöződtek.

A mindennapi élettel, a mindennapi tevékenységgel, s ezen belül a létfenntartással kapcsolatos ismeretek és élmények azonban önmagukban kevesek volnának ahhoz, hogy megértsük az archaikus ember világát, a világgal kapcsolatos elképzeléseit, s azt, hogy ezekből miképpen alakultak ki a nagy ókori folyami kultúrák írásos ismeretrendszerei és mitológiái. A praktikus-materialisztikus ismeretek és világképelemek mellett egy másik, idealisztikus-transzcendens motiváció is kirajzolódik előttünk, ha az ősi kultúrák felé tekintünk.

Mint már említettük, az emberi lény egyik vitathatatlan jellemzője, mely megkülönbözteti őt az állatoktól, az, hogy a nyelv segítségével képes élmények, tapasztalatok, ismeretek átadására, illetve átvételére. Ugyanakkor az ember az állatokhoz és minden más természeti létezőhöz hasonlóan véges, azaz képességeiben korlátozott lény. Véges abban az értelemben, hogy élete elválaszthatatlanul hozzákapcsolódik egy lokális, véges időintervallumhoz és tértartományhoz, s véges abban az értelemben is, hogy akarata, törekvései, vágyai korlátokba ütköznek, ezek realizálására rendszerint csak bizonyos esetekben, s csak bizonyos föltételek teljesülésével képes.

Az emberi végesség azonban speciális abban az értelemben, hogy az ember tudatában van e végességének:

* ő az egyetlen olyan evilági létező, aki tud róla, hogy volt idő, amikor még nem létezett, s
* eljön majd az az idő, amikor már nem fog élni;
* az egyetlen létező, aki nemcsak érzi, hanem tudja is, hogy élete nem tart örökké, hanem egyszer majd véget ér.
* S ugyancsak az ember az egyetlen olyan evilági létező, aki tudatosan éli meg azokat a korlátokat, melyekbe akarata, vágyai megvalósítására törekedve ütközik.

Az ember ezen végességének saját maga általi fölismerése nem történelmi fölismerés: az ősi korok emberével kapcsolatos leletek egyik karakterisztikus ismertetőjele, hogy már ez az ősi lény is viszonyult a halálhoz, s “gondoskodott” hallottairól: eltemette őket, s tárgyakat helyezett el mellettük, hogy azok föltételezett túlvilági életük során szolgálják őket. Ahol a halottakkal kapcsolatos kultusz ilyen jeleivel nem találkozunk, legalábbis vitatható, hogy mennyire emberi leletekről van szó, illetve hogy hol található az ember és az állat közötti skálán az a lény, akitől e leletek származnak. Ott viszont, ahol e kultusz jeleit megtaláljuk, nem szokás vitatni a leletek emberi eredetét.1

Azt, hogy saját végességének tudata elválaszthatatlanul hozzátartozik az emberhez, “dokumentálják” az archaikus népek mítoszai is, melyek kivétel nélkül tartalmaznak *kozmogóniai-kozmológiai* mozzanatokat. A **kozmogónia** az emberi élet véges időintervallumát átfogó végtelen idő története, s az emberi élet véges, korlátozott természeti- földrajzi világát átfogó, hozzá képest végtelen és transzcendens világ leírása: az ember véges világának elhelyezése egy nálánál hatalmasabb, átfogó egészen belül. Ugyanígy az ember saját végességével kapcsolatos élménye tükröződik a mítoszok isteni természetű lényeiben, kiknek hatóképessége, ereje hatókörükön belül - mégha egyébként véges is - a véges emberhez képest gyakorlatilag végtelen, korlátok nélküli: ha az esőisten úgy akarja,

Természetesen a negatív kultusz is a kultusz egy formája. így például a perzsa harcosok azon szokása, hogy halottaikat szándékosan a mezőn hagyták a keselyűk számára, szintén a halottakkal való “törődés” egy kultikus formája volt.

hogy eső legyen, ebben aligha korlátozhatja bárki és bármi is; ha a szél istene szelet akar támasztani, akkor szelet fog támasztani... S ha ezen utóbbi, istenszerű lények valamilyen formában levezethetőek is még talán a gyakorlati- anyagi jellegű tevékenységből, az e tevékenység során nyert tapasztalatból és a megélhetés igényeiből, a kozmogóniai mítoszok gyakori cselekvője, a világteremtő Alkotó képzete már egyáltalában nem származtatható ily módon: csak az ember saját végességével kapcsolatos, mitikusan reflektált élményével hozható összefüggésbe.

Saját végességünkről tudni, ezt élményként megélni: ez azt jelenti, hogy megélni valami mást, tudni valami másról, ami korlátoz minket, ami határokat szab számunkra; tudni valamiről, ami nagyobb, teljesebb és átfogóbb, mint mi magunk vagyunk. Ez pedig annyit jelent, hogy képesek vagyunk végességünket érzéseinkben és szellemünk által transzcendálni, meghaladni. A naiv mítoszok teremtéstörténetei és kozmológiái, a világalkotó istenség képzete, majd később a mindenható egyetlen isten és a keleti kultúrák személytelen, univerzális világtörvényei azt mutatják, hogy az ember világhoz való viszonyában nemcsak saját végességének, hanem egyúttal mindennemű végesség meghaladására is képes, s így képes életérzéseiben, képzeteiben eljutni a már nem korlátozott, egyetemes egészig, a föltétlenig és a végtelenig. Ám a végtelen képzetével rendelkezni annyit jelent, mint magukban hordozni a végtelent és viszonyulni hozzá: az ember véges lény, de úgy véges, hogy végességében magában hordozza a végtelenség mozzanatát. S amíg a tapasztalati ismereteknek és manipulációs képességeknek a nyelv segítségével történő továbbadása ugyan egy minőségileg új, csak az emberre jellemző sajátosság, ám e minőségi újdonságában mégiscsak ugyanabba a kategóriába tartozik, mint az állatok tevékenysége - hiszen az ember létfenntartó tevékenységének részét képezi -, a végtelenség iránti emberi fogékonyság <<<(((és lyukat a hasába …. De később szerencsésebben fogalmaz. -FÁ)))>>> és az ebből fakadó motivációk olyan sajátosságok, melyek kategoriálisan is újak, az állati létben nekik megfelelő mozzanatokkal nem találkozhatunk.

A következőkben ezt az emberi vonást mint az embernek nevezett létező alapvető antropológiai sajátosságát, az emberi természet véges-végtelen jellegének fogjuk nevezni, s ehhez kapcsolódóan az embert úgy fogjuk jellemezni, mint aki **kozmológia**i irányultságú - azaz “kozmológus” - lény.

Az, hogy ez a kozmológiai irányultság

* az ember semmi másra vissza nem vezethető, eredendő adottsága-e, vagy pedig
* egy transzcendens világból származik - mint ahogyan ezt a keresztény teológia állítja -;
* esetleg egy olyan “minőségi ugrás” eredménye, mely a gyakorlati-anyagi szükségletek által létrehozott, materialisztikusan meghatározott “tudat” fejlődésében következett volna be:

mindez filozófiai-metafizikai viták izgalmas tárgyát képezheti. **Egy tudománytörténettel foglalkozó munkának ugyanakkor nem föladata az, hogy e témakörben állást foglaljon.** Mi itt csak annyit állítunk, hogy sem a naiv, mitologikus világképek létrejötte, sem a nagy ókori földművelő kultúrák szintén mitologikus keretben ötvöződő ismeretrendszereinek kialakulása nem érthető meg csupán az általunk praktikus-materialisztikusként jellemzett motiváció alapján, illetve a praktikus-materialisztikus tevékenységekből származó ismertek segítségével, hanem figyelembe kell vennünk az ember antropológiailag adott kozmológiai irányultságát, mint **idealisztikusnak nevezhető motivációt** is.

E két mozzanat - az idealisztikus és a materialisztikus - kölcsönösen föltételezi egymást, mégpedig oly módon, hogy talán elsősorban a kozmológiai irányultság az, mely a világ megértésére való törekvést, s ezeknek részeként a tudományos jellegű kérdéseket motiválja, s egyben ez az a mozzanat, amely az ismereteket, valamint a világgal kapcsolatos élményeket világképpé, illetve tudományos jellegű ismeretrendszerré szintetizálja. Ugyanakkor a praktikus-materialisztikus tevékenység és az ebből származó élmények és tapasztalat nélkül e motiváció pusztán a valláshoz, a mítoszokhoz, a költészethez, s általában a művészetekhez vezetne el, ezekben nyerne “kielégülést”, s nem alakítaná ki azokat a specifikus világmegértési és -megragadási módokat, valamint ismeretrendszereket, melyeket ma tudományoknak vagy a tudományok elődjeinek tekintünk. Ebből a szempontból igen érdekes és kifejező a modern, kísérletező természettudomány státusa. A kísérletezés ugyan gyakorlati-anyagi tevékenység, s jellegében nagyon hasonló, mint a mindennapi életet - s általában a megélhetést - szolgáló tárgyak és folyamatok létrehozására irányuló technikai manipuláció, mégis gyökeresen különbözik ettől, hiszen egy teljesen idealisztikus célt szolgál: a gyakorlati alkalmazhatóságot figyelmen kívül hagyó világmegértő törekvés vezérli.

Mondhatjuk azt is: ez az idealisztikus motiváció és célrendszer a tudományos kísérletben kialakította az őt szolgáló, neki egyedül alárendelt sajátos anyagi tevékenységet. Persze ez nem jelentheti azt, hogy e kísérletekhez nem kapcsolódhatnak olyan igények, melyek a technikai-gazdasági fölhasználhatóság szempontjait tartják szem előtt, ám nevetséges volna azt állítani, hogy Galilei lejtőkísérleteit vagy a Michelson-Morley kísérletet nem a természet öncélú megértésének igénye, hanem a technikai-gazdasági alkalmazhatósággal kapcsolatos tényezők motiválták.

## C. Az ókori tudomány kezdetei

### 1. Bevezetés *(Székely László)*

Nem véletlen, hogy a “tudomány kezdetei”-t a tudománytörténet-írás az öntözéses földművelést folytató nagy ókori népeknél fedezi föl. Ez a fajta földművelés megkövetelte gátak és csatornák építését, az időjárási és vízviszonyok változásának megbízható ismeretét, az áradásokkor újra és újra elöntött földeken a parcellahatárok újbóli kijelölését. Mindez igen magasan szervezett társadalmi struktúrát kívánt meg, s ugyanakkor a kedvező földrajzi viszonyok és a korhoz képest fejlett művelési kultúra következményeképpen megtermelt élelmiszertöbblet meg is teremtette e struktúrák gazdasági - mindenekelőtt élelmezésbeli - alapjait, illetve azt, hogy a lakosság egy része a közvetlen mezőgazdasági tevékenységgel fölhagyva városokba szerveződjön, városi körülmények között éljen. A termény többlet lehetővé tette azt is, hogy az eredetileg gát- és csatornaépítésre létrejött szervezetek, illetve az ezeket létrehozó és irányító csoportok elszakadjanak eredeti funkciójuktól, s immáron ne csak gazdasági jellegű építkezésekkel, hanem más, elsősorban vallási és hatalmi jellegű építmények megalkotásával, illetve a társadalomnak vallási és hatalmi igényeket kielégítő struktúráival, e struktúrák kiépítésével és kontrolljával is foglalkozzanak.

Ez a már nemcsak közvetlenül gazdasági jellegű összetett tevékenység megkövetelt egy speciális réteget, melynek föladata éppen az volt, hogy hordozza és őrizze az ehhez szükséges ismereteket és képességeket.

Az “írástudó” ókori fogalma nemcsak egyszerűen az írni tudó személyt jelentette, hanem azt is, hogy az illető ehhez az ismerethordozó és ismeretőrző réteghez tartozik, s mint ilyen, birtokában van bizonyos ismeretanyagnak és képességeknek.

Természetesen e réteg is strukturálódott, tagjai az általuk hordozott ismereteknek megfelelően más és más helyet, pozíciót foglaltak el benne, illetve megfordítva: helyzetük függvényében adódott tudásuk és föladatuk. Más volt az építmények megtervezésével foglalkozó mérnökök, a gyógyítással foglalkozó orvosok vagy a vallást képviselő papok helye, s más képességekkel rendelkeztek azok az egyszerű írnokok, akik leírták a nekik lediktált törvényeket, mint azok, akik ezeket megfogalmazták. S megint csak más volt a pozíciója, tudása és az ezekből származó képessége annak, aki utasítást adott e törvények megfogalmazására, annak tudatában, hogy azokat képes is lesz betartatni.

A ránk maradt írásos emlékek arról tanúskodnak, hogy ezen összetett struktúrákon belül jelen voltak már olyan ismeretek, melyeket ma, mai fogalmaink alapján matematikai, geometriai, illetve csillagászati jellegű ismeretekként határozhatunk meg. Mint ahogyan már utaltunk rá, hiba volna persze ezen ismeretekben pl. a mai értelemben vett geometria elemeit látni. Azok az ismeretek, amelyeket ma geometriai jellegűekként jelölhetünk meg - így pl. a kör területének kiszámítása a ma π-ként jelölt szám közelítő értékének fölhasználásával -, semmiképpen sem voltak a modem értelemben geometriai ismeretek: nem képezték egy deduktív rendszer összefüggéseit, hanem esetleges tapasztalaton nyugvó eljárási szabályokat

jelentettek, melyeket a földmérés, az építkezés vagy éppen a csillagászati számítgatások során lehetett alkalmazni. Státusuk ebből a szempontból nem sokban különbözött az olyan “szabályokétól”, mint amilyenek megmondták, hogy az egyes betegségek esetén a gyógyulás érdekében melyik növényekből milyen keverékben kell teát fogyasztani. Igaz, a kör területének kiszámításához hasonló, ma geometriainak nevezhető szabályok ezen utóbbiaknál jóval magasabban álltak a tudás hierarchiájában, s jóval nagyobb megbecsülés övezte őket, de ez azzal függött össze, hogy egyrészt hatékonyabban voltak alkalmazhatóak, másrészt alkalmazásuk nem egyes személyek egészségét, hanem közvetlenül az egész társadalmat érintette: a földmérések, a csatornák nélkül a társadalom gazdasági-materiális alapját alkotó öntözéses földművelés vált volna lehetetlenné, míg a hatalmi vagy vallási építmények összeomlásával a hatalmi és az ideológiai struktúra omlott volna össze. A geometriai vagy matematikai jellegű ismeretek nem azért tartoztak tehát az ismeretek hierarchiájának fölsőbb régióiba, mert már tendenciaszerűen megjelent egy olyan gondolkodásmód, mely a mai tudományt jellemzi, s ennek segítségével ösztönösen vagy tudatosan fölismerték volna azt, hogy ezen ismeretek “egzaktabbak”, “elvontabbak”, “általánosabbak” és ezért “tudományosabbak”, mint a kor számára rendelkezésre álló többi ismeret, hanem a társadalom életében játszott funkciójuk, jelentőségük szolgált kitüntetettségükhöz alapul.

### 2. Egyiptom *(Székely László)*

Az ókori földművelő kultúrák komplexitása, működése, illetve a működésükhöz szükséges ismeretek és képességek létrejötte, megőrzése és átadása az új generációknak elképzelhetetlen lett volna pusztán szóbeli kommunikáció alapján. Mint ahogyan erre már az előzőekben utaltunk, igen kifejező, hogy a tudás birtoklása és őrzése e korai korszakokban mindig valamiképpen az “írástudók” fogalmához kapcsolódik.

Legrégibb írásbeli emlékeink főképpen az ókori Egyiptomból maradtak ránk.2

2A legrégibb írásbeli emlékeink Mezopotámia és Irán területéről kerültek elő, s nem sokkal i. e. 3000 előttről származnak. Ám ezzel majdnem egyidőben Egyiptomban is megjelent az írás.

A történelmi Egyiptomnak - tehát annak az Egyiptomnak, melynek történetét már írásbeli emlékek alapján ismerjük - első nagy korszakát az Ó Királyság (vagy az Óbirodalom) hat dinasztiája fémjelzi. E hat dinasztia uralkodása kb. i. e. 2955-tól i. e. 2155-ig terjedt: ez az ókori egyiptomi kultúra tulajdonképpeni nagy korszaka, melyen belül különösen a harmadik dinasztiától a hatodik dinasztiáig terjedő úgynevezett “Piramis Korszak”-ról vannak részletes ismereteink (i. e. 2635-2155). Finomabb korszakolásban csupán a “Piramis Korszak”-ot szokás “Óbirodalom”-ként megjelölni, míg az első két dinasztiára az egyiptológusok manapság többnyire “archaikus kor”-ként hivatkoznak. A “Piramis Korszak” tudománytörténeti szempontból is a legizgalmasabb időszak. Az Ó Királyságot átmeneti, zavaros évek után követte a Középső, majd - egy újabb átmenti korszak után - az Új Királyság (i. e. 2040-1791: XI-XII. dinasztia; i. e. 1550-1070: XVIII-XX. dinasztia).3

3Itt és a következőkben az évszámokat többnyire Kákosy László legújabb könyvét követve adjuk meg (Az ókori Egyiptom története és kultúrája. Osiris, Budapest, 1998). A klasszikus tudománytörténeti művekben az évszámok eltérhetnek az itt megadottaktól.

Az írás önmagában azonban még nem lett volna elegendő annak a funkciónak a betöltéséhez, melyet az öntözéses kultúrák összetett társadalomszerveződése, hatalmi struktúrái, vallási-ideológiai és praktikus-gazdasági igényei megkívántak. Könnyű belátni azt, hogy a kőszobrok alapzatára, kőtemplomok falaira, vagy éppen a sírokra bevésett iratok csak korlátozott, s specifikus funkciókat láthattak el. Egyrészt igen nehéz, fáradságos munkával készültek, másrészt gyakorlatilag elmozdíthatatlanok, helyhez kötöttek voltak, s így nem szolgálhattak igazán sem a szellemi kommunikáció, sem pedig a mindennapok által igényelt nyilvántartások céljára. Így szükség volt egy olyan materialisztikus hordozóra is, melyre viszonylag könnyen és gyorsan lehetett írni, hordozható volt, s beszerzése, előállítása sem igényelt különösebb nehézséget.

Ezt a föladatot az egyiptomiaknál egy igen szerencsés, az írás hordozására igen alkalmas találmány, a papirusz látta el. A papiruszt egy olyan sásfaj szárából (az egyiptomi fölhasználásra visszautaló későbbi latin nevén a “Cyperus papyrus”-ból) készítették, mely akkor bőven termett a Nílus-delta mocsaraiban. A papiruszra különböző festékanyagokkal írtak, s ennek során speciális kefécskéket használtak, melyek ugyancsak a Nílus-delta mocsarainak egyik növényfajából készültek. Magukat a papiruszlapokat szélük mentén egymáshoz kapcsolták, s így jöttek létre a jól ismert papirusztekercsek, melyek szélessége 7,5-46 cm között váltakozott, hosszuk pedig a több métert is elérte. (A leghosszabb ismert papirusz a British Múzeum 9999. számú példánya, melynek hossza 40 méter és 42 cm.). A papiruszlapok ily módon történő összekapcsolása lehetővé tette, hogy viszonylag hosszú, összefüggő, illetve egymással kapcsolatban lévő szövegek kerüljenek egy íráshordozóra. A papirusznak azon szerencsés tulajdonsága következtében, hogy az egyiptomi éghajlaton jól konzerválódott, igen nagy mennyiségű papirusztekercs maradt ránk e régi történelmi korszakból. Ami a konkrét használatot illeti, maga a papirusz mint íráshordozó messze túlélte az egyiptomiakat: népszerű volt mind a görögök, mind a rómaiak, mind pedig a kora középkor arab és európai írástudóinak körében. (Ezt őrzi nyelvünkben a “papír” szó, mely a ma legelterjedtebb íráshordozót jelöli. Természetesen a mai papír csak íráshordozó minőségében rokon a papirusszal, konkrét mibenlétében nincs sok köze hozzá.)

Az ókori egyiptomi írásjelek a jól ismert “szent vésetek”, a hieroglifák voltak. A korai egyiptológia vélekedésével, s a köztudatban még ma is élő hittel szemben az egyiptomi írás nem a képírás kategóriájába tartozott: a hieroglifák egy részének egyszerre volt a képírást jellemző fogalmi, s a fonetikus írásnak megfelelő fonetikus értéke. Maga a hieroglifikus írás a képszerű szimbólumokat használó fogalmi írás és a fonetikus írásmód sajátos ötvözetét képezte, ahol a fogalmakat és a hangokat jelölő szimbólumok kölcsönösen föltételezték egymást.

Az ókori Egyiptom tudományáról három közvetlen forrásból vannak ismereteink. Az egyik forrásként adva vannak az ókori Egyiptom máig fönnmaradt építészeti alkotásai, s egyéb műtárgyai. A piramisoknak már puszta létéből kikövetkeztethető, hogy építőik igen fejlett gyakorlati geometriával, illetve e geometrián alapuló mérnöki ismeretekkel rendelkeztek. A piramisok gúlaalakja olyan kőtömbökből áll össze, melyek formáját, méreteit már a kőfejtőben kialakították: elkészültük után csak odaszállították őket az építkezéshez, s minden utólagos formálás nélkül elhelyezték a megfelelő helyre. Ezért ahhoz, hogy elkészüljön a kívánt építmény, geometriailag előre pontosan meg kellett tervezni részeit, s egymásra helyezésük rendjét. Ugyanígy nagyfokú geometriai pontossággal kellett megtervezni azokat a labirintusjáratokat, melyek a rejtett sírkamrához vezettek. Arról, hogy milyen precizitást értek el az egyiptomi mérnökök a piramisok építése során, tanúskodnak a művek, melyek egyikéről, a negyedik dinasztiához tartozó Kheopsz fáraó számára épült Nagy Piramisról F. Petrie a következőeket írja:

„ ….a 755 lábnyi oldalakon az átlagos hiba 1 a 4000-hez, egy olyan érték, mely akkor keletkezik, ha egy réz mérőléc hőmérséklete 15°C értékkel megváltozik. A derékszögek hibája egy ívperc, 12 ívmásodperc. A vízszintes szintek közepes hibája a különböző oldalak között 5 inch vagy 12 ívmásodperc. Az ötvenlábnyi rövidebb hosszokon pedig csak 0,02 inch-et tesznek ki a különbségek.”4

4 F Petrie: Wisdom of theEgypticms, p. 89.

Petrie hasonlóan nagy precizitást figyel meg egy szarkofágot vizsgálva, majd megjegyzi:

“Hajlamosabbak vagyunk azt föltételezni, hogy ez egy optikusnak, nem pedig egy kőművesnek a műve.”5

5 Uo.

Ami a piramisokat illeti: minden írásos emlék nélkül is nyilvánvaló, hogy több ezer, de inkább több tízezer ember munkájával építették őket. Ennyi ember munkájának az összehangolása pedig igen komoly szervezésbeli tudást és képességeket kívánt meg: harmonikusan és gazdaságosan meg kellett szervezni a munkacsoportok tevékenységének egymással való kapcsolatát, a mozgások, a szállítások ütemét és útját, az építő tömegeknek - melyek a sokáig tanított tévhittel szemben nem rabszolgákból, hanem az építésre berendelt szabad parasztokból tevődtek össze - az élelmezését, elhelyezését stb. Mindez olyan kalkulációkat kívánt meg, melyek megfelelő számfogalmat és bizonyos számítási ismerteket előföltételeztek. A piramisok ezért közvetve nemcsak építőik geometriai, hanem matematikai ismereteiről is tanúskodnak.

Hasonlóképpen jelen tanúskodnak e régi építmények az asztronómiai ismeretekről is. A piramisokat és a templomszerű épületeket pl. az észak-déli irány szerint tájolták, s az épületekben bizonyos kitüntetett irányok egyes fényesebb csillagok horizont fölé emelkedésének helyét jelölik ki. A sírokban meglelt múmiák pedig a különböző anyagok konzerváló hatásával kapcsolatos egyiptomi ismeretekről adnak fölvilágosítást.

Az eddigiek alapján láttuk tehát, hogy pusztán a tárgyi emlékek is igen informatívak az ókori egyiptomi tudományos ismereteket illetően. Azt is láttuk, hogy ezek nyomán olyan ismeretekre következtethetünk, melyeket az akkori egyiptomi kultúra mindennapjai, tevékenységkörei előföltételeztek. Lehet-e ebből arra következeim, hogy egyszerűen a társadalmi szükségletekből, a társadalom fönnmaradásának, megélhetésének igényeiből, a társadalom gazdasági-anyagi alapjából fejlődött ki, s e tényezők által motiváltan őrződött meg ez a tudás? A válaszunk erre egyértelműen: nem. Igaz, mindazok az ismeretek, melyek a Nílus áradásainak előrejelzéséhez vagy a csatornák építéséhez, a földek fölparcellázásához voltak szükségesek, mindenképpen ilyen anyagi funkciókhoz kapcsolódtak. Ám a piramisok építése vagy a mumifikálás olyan tevékenység, melyet nem követelt meg a társadalom anyagi-gazdasági fönnmaradása. Igaz, az anyagi szükséglet fogalmát vehetjük szélesebb értelemben is. Beleérthetjük a hatalmi struktúra fönntartásával és működésével kapcsolatos tényezőket, a társadalmi kohéziót, a szociális csoportképződés és összetartozás igényét, valamint a mindennapi élet szabályozása szempontjából szükséges ideológiákat - ám talán a jelentős geometriai és matematikai ismeretekről tanúskodó piramisokat ezek szempontjából is fölöslegesnek tekinthetjük. A vallási szertartások számára hellyel szolgáló, vagy velük kapcsolatban lévő építmények azok, melyeket ilyen szempontból szükségeseknek tarthatunk, (bár már az evilági funkció ezeknél is elválaszthatatlanul összeolvadt egy transzcendens, a praktikum világán túlmutató mozzanattal).

A piramisok és a mumifikálás esetében azonban mindennél nyilvánvalóbb, hogy bennük a véges, de a végességéről tudó, s azt transzcendálni, meghaladni képes embernek az örökkévalósághoz való viszonya jelenik meg, s megépítésüket az anyagi-gazdasági szükségletekkel szemben az ezzel kapcsolatos ideális cél inspirálta.

Szűkebb értelemben egyetlen személynek, az építtető fáraónak az örökkévalóságra való törekvése az ideális cél, <<<(((vagy sem, ide ez nem kellett volna feltétlen példának -FÁ)))>>> ám általánosabb értelemben és mélyebb megközelítésben a piramisokban egy egész kultúra gigantikus kísérlete fejeződik ki az ember időbeli végességének meghaladására. <<<(((persze meglehet -FÁ)))>>> Ezért mindazon ismeret, tudás és képesség, mely látszólag egy praktikus célra, a piramisépítésre irányult, s ennek a célnak volt alárendelve, valójában egy ideális célt szolgált: a végtelent, illetve **a végtelen által megérintett véges embernek azt a vágyát, hogy saját végességét leküzdve elérje ezt a végtelent**.6 <<<(((ez neki egy fontos igazodási szempontja -FÁ)))>>>

6 Maguknak a vallási szentélyeknek és a hozzájuk kapcsolódó építményeknek a jellege már nem volt ennyire egyértelmű: ezek egyszerre láttak el evilági, szociális funkciókat, s elégítették ki az örökkévalósággal, a végtelennel, a transzcendenciával kapcsolatos antropológiai igényeket.

Az ókori egyiptomi ismeretek másik forrása ugyancsak kapcsolatban van az előbb tárgyalt építményekkel: a különböző oszlopokra, kőfalakra, sírkamrákra és szarkofágokra vésett hieroglifákról és nem hieroglif képekről van szó. A harmadik forrás pedig az a több ezer papirusztekercs, mely a ránk maradt hieroglifák túlnyomó többségét tartalmazza. Ami a tudománytörténetet illeti: a papirusztekercsek e bősége határozottan csökkenti az előbbi vésetek jelentőségét. E véseteknek nem annyira konkrét tartalmuk informatív ereje miatt, mint inkább az egyiptomi írás fejlődéséről adott tanúságuk, valamint a papiruszokon föltáruló szövegek előzményeinek, forrásainak szempontjából érdekesek.

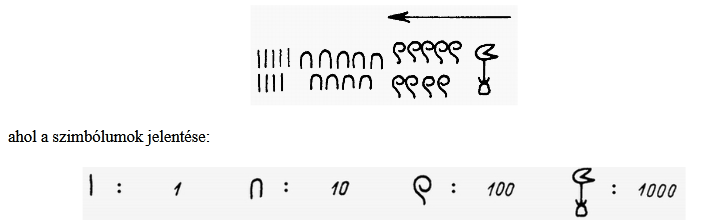
A következőkben röviden bemutatjuk a papiruszokon előttünk föltáruló egyiptomi matematikai, geometriai, asztronómiai és orvosi ismereteket, illetve fogalmi eszközökéi.

#### A. Matematika és geometria

Az első dinasztia előtti időkből ránk maradt egy királyi jogar, mely azt mutatja, hogy az egyiptomiak már az archaikus időkben is igen fejlett számfogalommal rendelkeztek: a jogaron 120 000 fogoly, 400 000 ökör és 1 422 000 (!) kecske zsákmányul ejtését jegyezték föl.

Az egyiptomi matematikai-geometriai ismeretekről közvetlen információt főképpen két későbbi, kifejezetten matematikai-geometriai tárgyú papiruszon találhatunk: az úgynevezett londoni Rhind-, és a moszkvai Goleniscsev- papiruszon találhatunk. E két papiruszon katalogikus, tankönyvszerű összefoglalásban találkozhatunk az egyiptomi matematika és a geometria legfontosabb eredményeivel. Különös véletlenként mindkét papirusz 5 méter 44 cm hosszú, ám amíg a Goleniscsev-papirusz csak 8 cm, a Rhind-papirusz 33 cm szélességű, s így ez az utóbbi tartalmában jóval gazdagabb és informatívabb, mint a másik. A két papirusz közül az előbbi az i. e. 1785-ban kezdődött Tizenharmadik Dinasztiát jelöli meg keletkezése dátumaként, az utóbbi az i. e. 17-ik századból származik, ám egy korábbi, a Tizenkettedik Dinasztiából származó papirusz másolata. Így e papiruszokon közel négy évezreddel ezelőtti ismeretek tárulnak föl előttünk!

Az egyiptomiak az általunk is ismert tízes számrendszert használták, s a számok jelölésének logikája a mi jelölésünkre hasonlított, azzal a különbséggel, hogy ők nem ismerték a helyiértéket. Pl. az 1995-ös számjel a mi helyiértékes írásmódunkban gyakorlatilag az 1000 + 900 + 90 + 5 összeget jelöli. Az egyiptomiaknál a tízes számrendszer logikájának és a helyiérték hiányának megfelelően külön jele volt az egynek, a tíznek, a száznak, az ezernek stb., egészen az egymillióig, míg ezeknek a 2-től 9-ig terjedő egészszámú többszöröseit ugyanazon jel többszörös egymás mellé - és egymás alá - írásával fejezték ki. így - figyelembe véve azt, hogy az egyiptomi írás jobbról balra haladt - az 1999-es számot a következőképpen írták le:

A számok írásbeli jelölése természetesen jóval többet jelent annál, minthogy az írásbeli szövegekben a mennyiségi viszonyok regisztrálását, megörökítését lehetővé teszik. A számok írásbeli jelölésének alkalmas módjai egyben radikális változást jelentettek a számfogalomban is: elérhetővé és kezelhetővé teszik az olyan nagy mennyiségeket, illetve az olyan bonyolult mennyiségi viszonyokat, melyek az érzéki-tapasztalati világban már nem ragadhatóak meg, s szemléletesen sem képzelhetőek el. Ez igaz az egyiptomiak esetében is, akik számára a számok írásbeli jelölésének technikája lehetővé tette, hogy azokat a műveleteket - így az összeadást, az elvételt, a többszörözést és a szétosztást -, melyek a kis, érzékileg-tapasztalatilag átlátható mennyiségek viszonylatában hozzá tartoztak mindennapi életükhöz, kiterjesszék a nagyobb, immár csak írásbelileg megragadható mennyiségi viszonyokra is. <<<(((az absztrakció útja, amikor a jelek révén az absztrakció, elvonatkoztatás szigorodik, elvibb lesz, elveket tesz kezelhetővé -FÁ)))>>>

Ahhoz, hogy jobban megértsük ennek a jelentőségét, figyelembe kell vennünk, hogy amikor itt a “nagyobb” mennyiségi viszonyokra gondolunk, ebbe már a százas nagyságrendet is beleértjük. Igaz, számunkra ezek jelen vannak mindennapi életünkben, s százas összegek fejben összeadása, kivonása természetes a számunkra - gondoljunk csak pl. a pénzhasználatra -, ám nem szabad elfelejtkeznünk arról, hogy mi már egy olyan kultúrában nevelkedtünk, mely egy igen elvont és kidolgozott számfogalommal rendelkezik. Ha pl. a 122 és 131 különbségéről, vagy arról, hogy 225-ben a 25 9-szer van meg, igen határozott képzetünk van, akkor ez nem választható el az írásbeliségtől, mindattól a tudástól és szabályoktól, amit a számokról és a számokkal kapcsolatosan elsajátítottunk, s melyek az írásbeliség nélkül elképzelhetetlenek volnának. <<<(((érdekes lenne, hogy a -1 valóban alig több mint száz éves ábrázolás? -FÁ)))>>>

Az egyiptomiak használták mind az összeadást, mind a kivonást, mind pedig a szorzást és az osztást. Igaz, ez a két utóbbi igen eltért attól, amit mi ma szorzáson és osztáson értünk: e műveletek az egyiptomiak számára duplázásokból és összeadásokból képzett bonyolult eljárások voltak, melyeket az osztás esetében kiegészített még a kísérletezés is. A 14 • 3 szorzatot pl. mai jelöléssel a következő logika alapján számították ki: 2 • (2 • (2 • 3)) + 2 (2 • 3) + 2 • 3. Az osztást az A • X= B egyenlet próbálgatásos megoldásával szintén a szorzásra vezették vissza, ahol A az osztandót, B az osztót jelöli, s az eredményt az egész- és törtrész összegeként írták föl.

Ezzel elérkeztünk az egyiptomi matematika egyik igen összetett, kifinomult és komoly ismereteket kívánó, ugyanakkor mai szemmel nézve igen nehézkes területéhez: az egyiptomiak törtfogalmához, s a törtek egyiptomi kezeléséhez. Az egyiptomi kultúra - leszámítva az 1 - 1/n alakú 2/3-ot és 3/4-et - csak az 1/n alakú elemi törteket ismerte el törtszámként, az ettől eltérő törtektől “megtagadták” a “szám” státuszát. Ennek következményeképpen az osztás és a tört számokat tartalmazó egyéb műveletek eredményének törtrészét mindig 1/n alakú, egymástól különböző nevezőjű törtek összegévé számították át, ami igen elmés, bár nehézkes, bonyolult módon történt. Például a 12/5 osztás befejezését nem a 2 + 2/5 összeg fölírása jelentette, hanem a műveletet tovább kellett folytatni addig, amíg a 2/5 törtrész 1/15 + 1/3 alakú fölbontásáig el nem jutottak.

Ez az eljárás az egyiptomiak számfogalmával, illetve a számok kifejezésére szolgáló nyelvi eszközeikkel függött össze, bár elképzelhető, hogy egyéb motivációi is voltak. A számfogalommal és a nyelvvel való kapcsolatot támasztja alá az is, ha a fölbontás logikáját tekintjük. Hiszen egy törtet számtalan módon bonthatunk föl elemi törtekre, s így értelmes rákérdeznünk arra, hogy miért pont a hieroglifákon olvasható fölbontásokat választották. A közelebbi vizsgálódás megmutatja, hogy e fölbontás szoros kapcsolatban volt a 2/3, 1/3, 1/6, 1/12 ... és az 1/2, 1/4, 1/8, 1/16 ... sorozatokkal. E sorozatok első tagjai - az 1/2, 1/4, 2/3, 1/3 - azok a törtek, melyeket az egyiptomiak külön jellel vagy kifejezéssel jelöltek. Így e tagok a természetes számokhoz hasonló alapfogalmakként szerepeltek. Maguk a sorozatok pedig e kiemelten kezelt törtekből az egyiptomi matematikában hangsúlyozott szerepet játszó duplázás műveletének inverze, a felezés által jöttek létre. Az írásos emlékeken ránk maradt számítások azt mutatják, hogy az egyiptomi számolók lehetőség szerint arra törekedtek, hogy a törtek végső, 1/n alakú törtek összegéből álló formája a fönti sorozatok legalább egyikének valamely elemét - mégpedig minél előrébb lévő elemét - tartalmazza.

Ha figyelembe vesszük a törtek használatának most bemutatott módját, érthetővé válik, hogy a tárgyalt tört- fölbontások igen nagy szerepet játszottak az egyiptomi számítások során. Ezért érthető, hogy a Rhind-papirusz szerzője, ki minden tudás és titok átadását ígéri, mindjárt egy ilyen fölbontásokat tartalmazó táblázattal kezdi. E táblázat - s talán más hasonló típusú táblázatok is - az írnokok között közkézen foroghattak, s megkímélték őket attól a fáradságtól, mellyel e fölbontások újból és újból történő előállítása, “kiszámítása” járt volna.

Az említett matematikai papiruszok tartalmuk nagyobb részében egyébként egy olyan mai középiskolás példatárra emlékeztetnek, melyben a föladatok kidolgozva találhatóak meg. “Osszunk szét hét cipót (egyenlő mennyiségben) tíz ember között” - hangzik például a Rhind-papirusz 4. problémája. “Minden ember 2/3 + 1/30 cipót kap” - hangzik a válasz, majd a “bizonyítás” következik a megadott érték tízzel való összeszorzásával, mely valóban hetet ad eredményként. A fölsorolt problémák többsége elsőfokú, egy ismeretlenes egyenletnek felel meg, ami persze nem azt jelenti, hogy valóban ilyen egyenletekkel találkozhatnánk.

A geometriai jellegű ismeretek is numerikus számítások formájában szerepelnek. Így a Rhind-papiruszon egy kör alakú, d átmérőjű és h magasságú magtár térfogatára mai jelöléstechnikánkkal írva a (d-1/9d)2h értéket találhatjuk, mely a π = 3,16 értéknek felel meg. A csonka gúla térfogatát viszont a moszkvai papirusz tanúsága szerint már a ma is helyesnek tekintett V = (h/3)(a2 + ab + b2) formulának megfelelően számolták ki. Az, hogy Püthagorasz tételét az egyiptomiak ismerték-e, vitatható: csak közvetett állítások maradtak ránk erről. Viszont a 6619. számú berlini papiruszon megtalálható egy olyan probléma helyes megoldása, mely az x2 + y2 =100 egyenlettel ekvivalens: ez az egyetlen olyan “papirusz-információ”, mely kapcsolatba hozható a híres geometriai tétellel.

#### B. Csillagászat

Az egyiptomi asztronómiával kapcsolatosan közhelyszerűen szokás emlegetni a Sirius első hajnali megjelenésének és a Nílus tavaszi áradásának időbeni egybeesését, illetve azt, hogy az ókori Egyiptom papjai a Sirius-csillag megfigyelésére alapozva rendszeresen előre jelezték a Nílus áradásait. Valójában azonban ennek nincs különösebb tudománytörténeti jelentősége: egyrészt Nílus áradásai nem követték pontosan a Sirius első megjelenését, másrészt pedig maga a Sirius elég fényes csillag volt ahhoz, hogy pár nappal első megjelenése után már bárki észrevegye, ha a hajnalodó égboltra tekint. A Nílus áradásainak előrejelzése így nem tett túl a legszokásosabb “népi” asztronómián: az olyan előrejelzéseken, amilyeneket már az archaikus népeknél megtalálhatunk, s amilyenek még alig száz éve jellemzőek voltak a magyar paraszti világban is - gondoljunk csak pl. a Fiastyúk és az őszi hidegek megérkezése közötti kapcsolatra. Boleslaw Prus nevezetes regényével ellentétben arról sincsenek komoly információink, hogy az egyiptomi papok képesek lettek volna a napfogyatkozások, vagy más hasonló csillagászati konstellációk előrejelzésére.

Ugyanakkor az egyiptomi naptár azt bizonyítja, hogy az egyiptomiak jól ismerték a Nap és a Hold látszó mozgásának periódusait. Ugyancsak az egyiptomi megfigyelő csillagászat fejlettségéről adnak tanúbizonyságot a ránk maradt napórák, vagy az a műszer, melynek segítségével a csillagok azimutját határozták meg. Igen fontosak, s minden bizonnyal a naptárkészítést szolgálhatták azok a táblázatok is, melyek az ekliptika alatti jelentősebb csillagok, csillagképek hajnali kelésének időpontját - azaz ezeknek a Naphoz képest megadott relatív helyzetét - rögzítik. Megfigyeléseik során az ekliptika övét 36 részre osztották az alatta található legjellegzetesebb csillagok és csillagképrészletek alapján, hogy ezáltal a csillagos ég egy-egy tartományának első hajnali kelését könnyen azonosítani lehessen. Mivel átlagosan minden tizedik napban jelent meg a hajnali égbolton egy-egy újabb ily módon meghatározott csillagcsoportosulás, ezeket később dekánoknak nevezték el.

Az első egyiptomiak kalendáriumukat először a Hold mozgására alapozták, ám e mozgás egyenlőtlenségeit észrevéve hamar áttértek a szoláris (a Nap látszólagos mozgásán alapuló) kalendáriumra. Bár a Sirius keléseit a Nílus áradásainak kedvéért figyelték meg, az egyszerű “népi” asztronómián túlmutató konzekvenciája ennek a tudatos csillagászati tevékenységnek a naptárkészítésben mutatkozott meg: az évek sokasága alatt összegyűlt adatok nagy segítséget jelentettek abban, hogy pontosan fölismerjék az Nap-év hosszát és jelentőségét. A korábbi Hold-naptár és az új Nap-naptár összekapcsolásából született meg a tizenkét hónapot és öt kiegészítő napot tartalmazó 365 napos év. Mivel egy év valójában kb. 1/4 nappal hosszabb ennél, a csillagászati és a polgári naptár szétvált egymástól: a Sirius-nak a csillagászati év kezdetét jelző heliakus (a Nappal együtt történő) kelése a 365 napos polgári év kezdetéhez képest négyévente egy egész nappal eltolódott, s csak a “Sirius-ciklus” - 1460 év - után esett újból egybe a polgári év kezdetével.

Az egyiptomi naptár most ismertetett logikája a görög és a római naptáron keresztül áthagyományozódott egészen napjainkig. Ezzel kapcsolatosan említést érdemel, hogy amikor Julius Caesar Rómában i. e. 45-ben bevezette a 365 + 1/4 hosszúságú évet, egy egyiptomi görög tanácsára hallgatott, aki jól ismerte a hagyományos egyiptomi naptár jellegzetességeit a csillagászati és a polgári naptár eltérését, s ennek alapján fogalmazta meg javaslatát.

Mai szoláris naptárunknak tehát mind logikailag, mind történetileg az ókori egyiptomi csillagászati naptár az előde. De a kétszer tizenkét órás napbeosztás is az ókori Egyiptomig nyúlik vissza. Konkrétan: mivel éjszaka a napóra használhatatlan volt, az egyiptomiak éjszakánként a dékánok fölkelésével mérték az időt. Mivel a Sirius-év első napján az egyiptomi földrajzi szélességeken a 36 dekánból 12 dekán fölkelését lehetett éjszaka megfigyelni, az éjszakát tizenkét részre osztották. Ebből alakult ki görög közvetítéssel a ma használatos 2x12 órás napbeosztás.

#### Az orvostudomány

A sírfalakon, sírköveken található régi vésetek, ábrák nemcsak azt mutatják, hogy az orvosi mesterség a legősibb egyiptomi mesterségek közé tartozik, hanem az is kiderül belőlük, hogy már igen korán specializálódott a különböző testrészek szerint. Így tudomásunk van egy negyedik dinasztiabeli fogorvosról, vagy arról, hogy a Hatodik Dinasztiában megkülönböztették a szem, a gyomor és a belső nedvek orvoslásának szakértőit. Ezek az emlékek alapján igen valószínű, hogy a későbbi korokból ránk maradt hét legfontosabb orvosi papirusz tartalmának jelentős része korábbi időszakokból származik.

Az orvosi témájú papiruszok közül a legjelentősebb a Smith- és az Ebers-papirusz, melyek együttesen a szóban forgó hét papirusz 3/4-ét teszik ki. Mindkét papirusz összefoglaló jellegű, és szisztematikusan, értekezés szerűen sorolja föl a különböző testrészek betegségeit, valamint a javasolt gyógymódokat. Külön említésre méltó, hogy mindkettő tartalmaz olyan szó- illetve fogalommagyarázó jegyzéket, mely a mai szakmai értelmező szótárakhoz hasonlítható. Ennek alapján talán nem erőltetett arra következtetnünk, hogy az orvostudomány már akkor is speciális nyelvezetet és fogalmakat használt, s az utóbbiakat ugyanúgy el kellett sajátítania a közönséges nyelv segítségével a gyógyítás mesterségével ismerkedő tanulónak, mint ahogyan egy-egy szakma megtanulásához ma is hozzátartozik a szakma speciális szókincsével való ismerkedés.

### 3. Mezopotámia *(Székely László)*

Az a másik nagy ókori öntözéses földművelést folytató kultúra, melynek keretei között a görög tudomány forrásául is szolgáló ismeretek gyűltek össze, a mezopotámiai. Amíg azonban Egyiptom esetében a földrajzi terület és a kultúrát alkotó nép szorosan kapcsolódott egymáshoz, hiszen a Egyiptomban évezredeken keresztül egy és ugyanazon nép élt, az ókori Mezopotámia egymást követően három nagy népnek adott otthont: a suméroknak, az akkádoknak és az asszíroknak. Ennek ellenére mégis jogosult a mezopotámiai kultúráról egyes számban beszélni: a későbbi hódítók ugyanis átvették, s továbbépítették a leigázott sumérok kultúráját, s ha a mindennapokban a sumér nyelv el is veszítette jelentőségét, megmaradt a műveltséget hordozók, az “írástudók” nyelveként, ahhoz hasonlóan, ahogy Európában is sokáig a görög és a latin nyelv virágzott a művelődés, a vallás és a tudomány: a “könyvek” nyelveként.

Az akkádok az i. e. XVI. században igázták le a sumérokat, s bár a sumér terület hamar visszanyerte függetlenségét, Sumériát és Akkádiát ettől kezdve közös király uralta. Közülük a legnevesebb és legismertebb Hammurapi, aki ie. 1728—1686-ig uralkodott: az ő uralkodásának időszakára esik a sumér kultúra “aranykorszak”-a, az ő fővárosa volt a híres Babilon, melynek nevét fölhasználva e vidéket ettől kezdve egyszerűen csak Babilóniaként emlegették. A Hammurapi uralkodását egy hosszabb, anarchikus periódus követte, ami az i.e. VII. században, az asszír birodalom megszületésével ért véget, majd ezután Nagy Sándor hódítása és a hellenisztikus Szeleukida-korszak következett. Az asszírokra utalva az ókori Mezopotámia kutatóit “asszirológus”-oknak szokás nevezni, bár kétségen kívül helyesebb volna a “sumerológus” elnevezés, hiszen az Asszír Birodalmat is a sumér kultúra dominálta.

A Szeleukida-korszakkal kapcsolatosan fontos hangsúlyozni, hogy már a hellenizmus világához tartozik, így igen félrevezető az a gyakorlat, mely e korszak ismereteit is az ókori Mezopotámia, vagy Babilónia címszó alatt, a prehellén világgal egy fejezetben tárgyalja. Mi a neves tudománytörténészt, Sartont követve és a mezopotámiai tudomány kiváló kutatójától, Ottó Neugebauertől eltérően a Szeleukida Mezopotámiával a hellenizmus tudományának tárgyalásakor fogunk foglalkozni.

Az egyiptomi írás esetében láthattuk, hogy külalakja szerint a képírás jellegzetességeit őrizte meg, míg logikájában sajátos módon ötvöződött egymással a képírást jellemző fogalomjelölő és a fonetikus írásmód. Ezzel szemben a sumérok ékírásos írásjeleket használtak, amelyek természetesen szintén a képírásból fejlődtek ki, ám már jóval távolabb estek attól, mint az egyiptomi hieroglifák. Ami írásuk logikáját illeti, itt a sumérok elmaradtak az egyiptomiak mögött abban a tekintetben, hogy nem jutottak el a fonetikus jelekig: a szimbólumok fogalmakat vagy szótagokat jelöltek számukra.7

7 Természetesen itt az “elmaradtak” ige használata csak akkor helyénvaló, ha a fonetikus írást elvontabb, s fejlettebb írásnak tartjuk, mint a fogalomírást. Az, hogy valóban így áll-e a dolog, vita tárgyát képezheti.

A képírás ékírássá történő átalakulása a tipikus sumér íráshordozóra, az agyagtáblára vezethető vissza. Amíg ugyanis a papiruszra szabadon lehetett színes ábrákat, szimbólumokat festeni vagy rajzolni, az égetés előtti puha anyagtáblákba vésett rajzolatok szükségképpen csak vonalszerű elemekből állhatták: a képszerűség megőrzése technikai okok miatt annyira lelassította volna az írás folyamatát, s annyira megnövelte volna a szimbólumok méretét, hogy az gyakorlatilag alkalmatlanná vált volna funkcióinak teljesítésére.

Az agyagtáblák mint íráshordozók, a papirusztekercsektől eltérően, csak rövid szövegek rögzítésére voltak alkalmasak, ezért a nagyobb írásművek csak nehézkesen kezelhető táblasorozatokon fértek el. Ennek következtében a suméroktól nem maradtak ránk olyan hosszú, könyvszerű szövegek, mint amilyenek a papirusztekercseken találhatók; a többtáblás írásokat csak szerencsés esetben, s ekkor is csupán fáradságos munkával lehet reprodukálni. Ám nemcsak az utókor számára okozott problémát az ékírásos táblák ezen fogyatékossága. Annak érdekében, hogy a táblákra töredezett szövegeket egységként megőrizzék és olvashatóvá tegyék, szisztematikus elrendezésű könyvtárakban tárolták őket. Több ilyen könyvtárat is sikerült meglelni az ásatások során, s ezekből agyagtáblák ezrei kerültek napvilágra. Ez azért is igen fontos, mert a sumér-babiloni kultúrából nem maradtak ránk olyan impozáns emlékek, mint a piramisok, s így az ókori mezopotámiai kutatói szinte teljesen az írásos emlékekre vannak utalva.

#### A. A babilóniai matematika

A sumér számrendszert a hatvanas rendszer dominálta, ám ennek alárendelve magában foglalt tízes rendszerű elemeket is. Így a rendszer kitüntetett elemei közé tartoztak 60 egész számú hatványain túl a 60n x 10 formátumú értékek is: 1, 10, 60, 600, 3600, 36 000, ... Szemben az egyiptomiakkal, a sumérok ismerték és használták a helyiértékes jelölésmódot, ám nem rendelkeztek a nulla szimbólummal, hanem azokat a helyeket, ahová mai logikánk szerint a nulla kívánkozott volna, egyszerűen üresen hagyták. Mivel a számvégi “nullák” így teljesen jelöletlenül maradtak, a számok értéket nemcsak magában a szám írásbeli jele, hanem e jel és a kontextus egyszerre adta meg. Pl. azt, hogy egy sumér ékírásos táblán 1-ről, 60-ról, 3600-ról stb. van e szó, csak a szövegösszefüggés alapján lehetett eldönteni. A nulla használatával kiegészített helyiértékes írásmód csupán a hellenisztikus Mezopotámiában, azaz Szeleukidák idejében jelent meg.

A mezopotámiaiak azonban nemcsak a helyiértékes jelölésmódot fedezték föl, hanem azt is, hogy a törtek és az egész számok kezelése ekvivalenssé tehető, ha a törteket is hexadecimális helyiértékes rendszerben ábrázoljuk, így például az öttel való osztás helyettesíthető a 12/60-dal való szorzással, ez pedig a hatvanas számrendszerben a 12-vel való szorzással ekvivalens, hiszen csak az egész és a tört rész közötti elválasztójelet kell a végeredményben eggyel bal felé tolni, s a 12-vel való szorzás eredményéből máris a 12/60-dal való szorzás - azaz az öttel való osztás - eredményét kapjuk meg. Ez a fajta törtjelölési és törtszámítási mód lehetővé teszi olyan számítások viszonylag egyszerű elvégzését, melyek az egyiptomi módszerrel gyakorlatilag kivitelezhetetlenek lettek volna, s mint ilyen, előkészítették a Szeleukida kor Babilóniájának matematikai asztronómiáját. Ám nemcsak a hellenisztikus Babilónia, hanem az ókori görög csillagászat nagy összegzője, Ptolemaiosz is a mezopotámiai hatvanados számítási technikával dolgozott. Hasonló logikájú törtkezelési technika a modem Európában csak pár száz évvel ezelőtt, a XVIII. században jelent újból meg a tizedestörtek formájában.

Mivel a prehellenisztikus mezopotámiai matematikai szövegek túlnyomó része a Hammurábi-dinasztia korából - azaz i. e. 1800-1600-ból - maradtak ránk, e most leírt számítási technika legalább négyezer éves. Ugyanakkor minden alapunk megvan ahhoz, hogy még ennél is korábbinak tekintsük, hiszen e szövegekben már kifejlett formában őrződött meg.

Maguk a mezopotámiai matematikai szövegek két nagy csoportra oszthatóak: táblázatokra és föladatmegoldásokra. A táblázatok egy része a mi “egyszeregy”-ünknek felel meg, azaz hatvanados szorzótáblák, melyek segítségével a szorzás műveletét- szemben az egyiptomi duplázásos-additív módszerrel - az ismert, illetve a táblákban lerögzített szorzatok segítségével végezték el. A szorzótáblák mellett igen jellegzetesek még a hatvanados reciproktáblák, melyek az osztásoknak az előbbi bekezdésben leírt szorzásokra történő visszavezetését szolgálták.

A reciproktáblák ugyanakkor fölvetnek egy igen jelentős s komoly problémát. A 7, a 11, a 13, a 14 stb. nem osztói hatvannak: pl. a 7 esetében reciprokként a 8/60 + 34/602+ 17/603 + 8/604 + 34/605 + 17/606 ...végtelen hatvanados törtet kapjuk. A babilóniaiak ezeket a reciprokokat, illetve az ilyen reciprokokat adó számokat a 10-nél kisebb, és ezért kitüntetett 7 kivételével kihagyták mind a szabványos szorzó, mind pedig a szabványos reciproktáblákból, s azt a megjegyzést fűzték az ilyen reciprokokkal rendelkező számokhoz, hogy velük “nem lehet osztani”. Ezzel együtt azonban számos táblázatban jelen vannak az ilyen “szabálytalan” számok közelítő hatvanados reciprokjai is, mégpedig 3-4 hatvanados jegy pontossággal.

A mezopotámiaiak szerint “osztónak nem alkalmas” számok reciprokjainak közelítő értékei arról tanúskodnak, hogy a mezopotámiai matematika nemcsak jól használható számjelöléssel és számítási módszerrel rendelkezett, hanem adott volt számára a közelítés, az “approximáció” fogalma is. S valóban: konkrétan is előkerült egy olyan tábla, mely a “szabálytalan” reciprokok közelítésére szolgált. Ezen pl. a 7 reciprokával kapcsolatosan az szerepel, hogy ez nagyobb, mint a 0,8<34><16><59>-es hatvanados érték, ám kisebb, mint 0,8<34><18>, ami az 1/7 érték 1/603 pontosságú közelítése. <<<(((mi ez a szögletes zárójel? -FÁ)))>>>

A ránk maradt táblázatok között található olyan, mely püthagoraszi számhármasokat tartalmaz. Arra, hogy az ókori Mezopotámiában ismerték a ma Pitagorasz-tétel névvel jelölt összefüggést, utal egy ábra is, ahol egy négyzet átlóján - a mai jelölésmódra való átírás után - az 1,414213...xa értéket találjuk, ahol “a” az oldalak hosszúságát jelöli. Nyilvánvaló, hogy itt az oldal szorzója a négyzetgyök 2 értéknek felel meg, mégpedig a helyes érték 1/106 pontosságú approximációjával. Ptolemaiosz körülbelül kétezer évvel ezután szintén ezt az értéket használta.

A szöveges példák azt bizonyítják, hogy a mezopotámiai matematikusok képesek voltak általános másodfokú egyenletek megoldására, ismerték a kamatos kamat számításának módszerét, s bár nem rendelkeztek a mai értelemben vett egyenletekkel, algebrai szimbólumokkal és kifejezésekkel, tudták, hogy (a + b)2 = a2 + 2ab + b2. A másodfokú egyenletek természetszerűleg vezettek irracionális gyökökhöz, melyeket az Arkhimédész és Hérán által később használt módszerhez hasonló approximatív módszerrel számoltak ki. Ennek nyomán említésre méltó, hogy az úgynevezett “szúzai táblák” egyikén, melyek a Babilon városától mintegy 320 kilométerre lévő Szúzából származnak, a szabályos 5, 6 és 7 szögek területére Hérón jóval későbbi számításainak megfelelő összefüggéseket találhatunk. Ugyanezen táblán a szabályos hatszög és a kör kerületének viszonyára egy olyan összefüggés szerepel, melyből a π = 31/8 érték következik. Ez az utóbbi azért is figyelemre méltó, mert a babilóniai területszámítások többségében a π = 3 értéket találjuk.

A ránk maradt példatárak arról tanúskodnak, hogy ezek készítőinek számára nem a konkrét feladat konkrét megoldása, hanem az általános eljárás volt a lényeg. Azaz az olyan számítási technikák, melyek ugyan a konkrét föladatokon sajátíthatóak el, ám ezek konkrét tartalmától elvonatkoztatva, általánosan érvényesek. Ennek során az általánosságot olyan jellegű fogalmakkal biztosították, mint “hosszúság”, “szélesség”, “emberek”, “napok”, “add össze”, “szorozd össze”. Ezek a fogalmak a mi algebrai betűszimbolikánkat helyettesítették, s így például az “emberek” és a “napok” egy-egy föladatban gyakran úgy keverednek egymással, amiként valóságos, “praktikus” szituációban ez nem volna lehetséges: azaz konkrét jelentésüktől elvonatkoztatva csak a kiszámítandó numerikus értékek szimbólumaiként használták őket. Ha helyükre a mi szimbolikánknak megfelelő „x”, „y”, „v” „z” stb. jeleket helyettesítenénk, sok esetben a mai középiskolás algebrai példatáraknak megfelelő föladatokat, s föladatleírásokat kapnánk.

A prehellenisztikus mezopotámiai matematika tehát számos olyan fogalmat és eljárást alkotott meg, melyek ma tudományos kultúránk alapját képezik. A helyiértékes jelöléstechnika, s a törtszámok ezen alapuló helyiértékes kezelésmódja, vagy a konkrét numerikus problémákat tartalmazó konkrét feladatoktól elvonatkoztatott algebrai eljárások nélkül nemcsak a modem matematika, hanem általában, az egész újkori természettudomány kifejlődése elképzelhetetlen volna. Ez a babilóniai matematika ugyanakkor a görög matematika numerikus, illetve algebrai részének egyik forrása volt, melynek numerikus jelöléstechnikájára és eljárásaira Ptolemaiosz intenzíven támaszkodott rendszere fölépítésében. Így, figyelembe véve azt, hogy Ptolemaiosz nélkül Kopernikusz, Kopernikusz nélkül Kepler, Kepler nélkül pedig Newton elképzelhetetlen lett volna, minden összemérhetetlenség és paradigmaváltás, minden tudományos forradalom és jelentésváltozás ellenére tagadhatatlanul létezik történelmi kapcsolat, létezik egyfajta történelmi-kulturális folytonosság a mezopotámiai matematika és a modem tudomány között.

Ami pedig a mezopotámiai matematika elemi jellegét illeti: a természetes, archaikus számfogalomtól eljutni a helyiértékig, a hatvanados törtekig és az elvont eljárásokig: ez talán nagyobb vívmány, nagyobb teljesítmény, mint ezek birtokában továbblépni az absztrakt algebráig vagy a funkcionálanalízisig. <<<(((? -FÁ)))>>>

#### B. A babilóniai csillagászat

A csillagászat vonatkozásában igen fontos hangsúlyoznunk, hogy a prehellenisztikus, “ó-babilóniai” korszak csillagászatáról van szó. Ugyanis a fejlett babilóniai csillagászatra utalva azokra a matematikailag kidolgozott előrejelzésekre szoktak gondolni, melyek a Szeleukida korból maradtak ránk, ám a pontosabb meghatározás hiánya miatt gyakran általában a “babilóniai csillagászat”-nak tulajdonítják ezeket, azt a hamis látszatot keltve, mintha az itteni csillagászati előrejelzések megelőzték volna a görög előrejelzéseket. Valójában azonban az “ó-babilóniai” csillagászat még nem volt képes ilyen előrejelzésekre.

Ennek figyelembevételével is vannak olyan mozzanatok, amelyek a későbbi csillagászat szempontjából a babilóniai csillagászatot az egyiptomi csillagászattal szemben kitüntetik. Az egyik ilyen mozzanat, hogy amíg az **egyiptomi csillagászatban** - legalábbis a ránk maradt írásos emlékek szerint - elsősorban a csillagok kelte és nyugta, illetve a Nap és a Hold mozgása játszotta a főszerepet, a **babilóniaiakat** a Nap és a Hold mellett elsősorban a Vénusz - azaz egy bolygó - érdekelte. A bolygók pozíciójának időbeli változása: ez az a középponti kérdés, mely a babiloniak nyomán az elméleti csillagászat meghatározó problémájává válik a következő évezredekre, hogy azután az újkori természettudomány meghatározó jelentőségű vívmányainak, a Kepler-féle törvényeknek és a newtoni gravitációelméletnek motivációjává váljon.

**Szintén mezopotámiai** konstrukció a nap egyenletes időközökre való felosztása, mely nélkül az égi mozgások szabályosságait kutató elméletek számára használható csillagászati megfigyelések elképzelhetetlenek. Mint láttuk, az egyiptomiak a csillagképek keléséhez kötött, s ezért egymástól eltérő hosszúságú dekánokban adták meg az éjszakai időpontokat. Ezzel szemben a babilóniaiak a napot 360 egyenlő egységre osztották, s ezeket 12 egyenként harminc egységet tartalmazó órába csoportosították. Mai beosztásunkat használva azt mondhatjuk, hogy egy akkori óra két mai órának felelt meg, míg az 1/30-nyi egység hossza négy mai perc volt. A 360-ra való fölosztás onnan származhatott, hogy az év hosszát kezdetben 360 napnak gondolták, s e feltételezett év/nap arányt vették mintául a nap beosztásához. Az időt éjszaka minden bizonnyal a csillagok szögelfordulásával mérték, s ez tükröződik abban is, hogy a kört szintén 360 egyenlő részre osztották föl: egy köregységet az égitestek éppen egy napegység alatt tesznek meg. <<<(((tehát azért 360 fokos a kör szögbeosztása, mert 360 naposnak vélték az évet kezdetben és ezért egy fok a körben a csillagok napi egy foknyi váltázásának felel meg. Azaz mintha az égi viszonyokat, folyamatokat egy kör-re vetítették volna? A körön az éves változások vetülete jelenik meg? A horoszkóposoknak ez egy evidencia? Mai tudásunkkal a kört e logika mentén 365,25 fokra kellene osztani? -FÁ)))>>> Amikor a görög csillagászatban később bevezetik az egyenlő órákat, a beosztásnál az egyiptomi dekánokból következő 12 órás éjszakából indulnak ki ugyan, ám ezeket az ó-babilóniai napegységek mintájára “temperálják” egyenlő órákra. <<<(((ez az összesítés a hellenisztikus korban következik be? -FÁ)))>>> Ennél is jelentősebb azonban, hogy az egyenlő időegységeket tartalmazó babilóniai nap-beosztás szerint lerögzített csillagászati megfigyeléseket tartalmazó táblázatokat fölhasználták a görög csillagászok. Így például maga Ptolemaiosz is a babilóniai táblákra gondol, amikor arra utal, hogy a holdfogyatkozásokról i. e. 747-től vannak rendszeres feljegyzések. Az egyiptomiaktól ehhez hasonló, jól használható megfigyelési adatok nem maradtak ránk, s úgy tűnik, a görögök sem tudtak ilyenekről.

Végül meg kell említenünk, hogy a babilóniai naptár Hold-naptár volt, melyben a mezopotámiai csillagászok - illetve a naptárért felelős egyházi méltóságok - a holdévek, valamint a Nap mozgásából származó periódusok közötti eltolódást azzal korrigálták, hogy a 12 holdéves ciklusokat időnként egy újabb holdév betoldásával 13-as ciklusokká egészítették ki. Ez kezdetben rapszodikusan történt, később azonban kialakult az a szabály, mely szerint 19 “napév”-énként 7-szer kell az évi ciklusba pótlólagos holdévet beiktatni.

#### C. A babilóniai földrajz-, biológia- és orvostudomány

Számos olyan ékírásos tábla maradt ránk, melynek tartalma “földrajzi” szövegként jellemezhető. Így találkozhatunk az ismert országok és vidékek összehasonlító leírásával, a városok és a különböző földrajzi objektumok helyzetének katalógusával stb. Az ilyen listáknak nyilván nemcsak a kíváncsiság kielégítésében volt szerepe, hanem a kormányzás, a hatalom gyakorlása szempontjából fontos adminisztratív funkciókkal bírtak. Ám e praktikus célt is szolgáló táblák mellett találkozhatunk olyanokkal is, mely a világ egészének fölépítését írják le, s Mezopotámia helyét ezen belül adják meg. E tábláknak bizonyosan nem gyakorlati, hanem vallási-mitologikus szerepük volt, mélyebb értelemben pedig a fizikailag véges ember kozmoszon belüli lokalizálásának idealisztikus motivációjú igénye fejeződik ki bennük. A kor földrajzi ismeretei legjellegzetesebben azonban nem annyira a kozmikus, mint inkább a lokális ábrákban jelennek meg: ezeken, mint a mai télképek ősein, megtalálhatjuk a Nílus és az Eufrátesz vidékének nagy vonalaiban helyes ábrázolását.

A növényekről és az állatfajokról ugyancsak igen gazdag mezopotámiai nyilvántartásokat találtak, melyek csírájukban magukban foglalják a fajok és a nemek szerinti rendszerezés elemeit is.

Ami az orvostudományt illeti: olyan összefüggő szövegeket, mint Egyiptom esetében, nem sikerült eddig föllelni. A megtalált szövegek viszont egyértelműen tanúsítják, hogy az orvosi és a sebészi mesterség egymástól különálló foglalkozás volt, melyek közül az előbbi kiemelt ranggal bírt, az utóbbi pedig rangjában a többi mesterségek közé sorolódott. Ezt mutatja az is, hogy Hammurapi törvénykönyve a sebészre ugyanúgy a jutalmazás és a büntetés szankcióit tartalmazza, mint más mesterségekre, ugyanakkor az orvosokra nincs benne utalás. Maga az orvoslás a ránk maradt szövegek szerint mindig a gyógyító varázslás mesterségével fonódott össze: a mai szemmel “racionálisnak” tűnő eljárások - így pl. a gyógyszerek alkalmazása, melyeket az orvos recepteken írt föl - a varázslás részét képezték. Az eddig megtalált emlékek alapján az a benyomás alakul ki, hogy a mezopotámiai orvosi és anatómiai ismeretek gyérebbek voltak, mint az egyiptomiak, ám újabb táblák vizsgálata bármikor módosíthat ezen.

### 4. Tudomány és természetfilozófia az ókori Kínában *(P. Szabó Sándor)*

#### A. Mitologikus-antropomorf világkép

A kínai civilizáció letéteményese egy etnikailag meglehetősen heterogén összetételű populáció volt, mely egykoron a mai Kína térségében élt. A medrét gyakorta változtató Sárga-folyó völgyében i. e. 5000 körül mezőgazdasággal foglalkozó népesség kezdett koncentrálódni. Főként kölest termesztettek, de ezidőtájt a délebbre eső vidékeken már foglalkoztak rizstermesztéssel is.8

8Du Shiran: Zhongguo kexue jishu shi gao. I. köt. (Kexue chubanshe, 1984.), 11. o. (A kinai nevek és szavak átírásakor a főszövegben magyar népszerű átírást alkalmaztam, a lábjegyzetekben azonban a nemzetközileg használt pinyin alakokat adtam meg.)

Az ókori történetírás Kína első uralkodóházának a Hszia-dinasztiát tartja, s számos adattal szolgál róla, ám azok jórészének hitelességét s az uralkodóház történetiségét mindezidáig nem sikerült kielégítő módon igazolni. A Hszia-dinasztia örökébe lépőnek tartott Sang-Jin-dinasztiáról és koráról (i. e. XVI. sz.-i. e. XI. sz.) azonban már nemcsak jóval később keletkezett művekben található információk állnak rendelkezésünkre, hanem egykorú írásos források is, melyek megfelelően bizonyítják az uralkodóház létezését, s tájékoztatnak bennünket a korabeli viszonyokról. A Sang-Jin-dinasztia nagy területet uralt, birodalmának központja a Sárga-folyó völgyében volt. Jól szervezett társadalmat irányított, melynek gazdasági alapját a mezőgazdasági termelés jelentette. A Sang-Jin birodalomban öntözéses földművelést, letelepedett állattenyésztést folytattak, főleg kétfajta kölest, valamint búzát és rizst termeltek, használtak és készítettek bronzeszközöket. A társadalom élén a király (vang) állt. Feladatainak ellátásában különféle funkciókat betöltő hivatalnokok segítették, akiknek a kínai tudomány fejlődésére gyakorolt fontos hatásáról a későbbiekben még szót ejtünk.

Milyennek képzelték a világot az ókori kínaiak? Domináns világképük szerint a világ alapzata a négyzet alaprajzú föld, betetőzője pedig a föld fölé boruló kör alaprajzú égbolt, amely nem borítja be teljes egészében a földet, annak négy sarkát nem fedi be. Az archeológiái leletek tanúsága szerint ez a kozmológiai elképzelés nagyon korán kialakult, már i. e. 3000 előtt, a neolitkorban (i. e. V-III. évezred) is létezett. Az ókori kínaiak egy másik elgondolása az volt, hogy a kör alaprajzú eget nyolc pillér - nyolc hegy - tartja a magasban, melyek a négyszögletes föld “nyolc peremvidék” - ként emlegetett területein emelkednek: négy pillér az égtájakon, négy pedig az égtájak közé eső pontokon található. A nyolc peremvidék elképzelés kialakulásának koraiságát jelzi, hogy a kutatók már a neolitkori régészeti leletek egy részén látható nyolcágú csillag motívumot is azzal hozzák összefüggésbe.9

9Ge Zhaoguang: Qi shiji qian zhongguode zhishi, sixiang yu xinyang shijie, I. köt. (Fudan Daxue Chubanshe, Shanghai, 1998), 88. o.; He Jiejun: Changjiang zhongyou shiqian wenhua, in: Kaogu, 1996/2

Az ókori kínaiak a négyszögletes föld középső területének saját territóriumukat tartották, a környező világot pedig négy égtáj szerint rendszerezték. Úgy gondolták, hogy az ég középpontja a Sarkcsillag, melyet örök mozdulatlanság jellemez, miközben a többi csillag körülötte kering. Elképzelésük szerint a Sarkcsillag azért nem pontosan a zeniten látható, mert az ég elmozdult eredeti helyéről. E kozmológiai koncepció mitológiai magyarázata - amelyet keletkezésénél jóval később jegyeztek le - az i. e. II. századi Huajnan ce című könyvben így maradt ránk:

“Valaha régen Kung-kung, amikor Csuan-hszüvel versengett az uralkodásért, haragjában odaverte fejét a Pu-csou hegyhez, minek következtében az ég oszlopa ott eltörött, s a föld egyik kötele is elszakadt."10

10Tőkei Ferenc fordítása, in: Tőkei F.: Kínai filozófia, III. kötet (Akadémiai Kiadó, 1986), 84. o. (Azon idézetek, ahol a fordító nevét nem tüntettük fel, a szerző fordításai.)

Ezen mitológiai magyarázat szerint az emberfeletti erejű, kígyótestű, emberfejű szörnyeteg tettének következtében az ég északnyugaton rádőlt a földre, a föld pedig megbillent délkeleten, s ez okozta azt is, hogy a csillagok keletről nyugatra haladnak az égen, a folyamok pedig (elsősorban a Sárga-folyó és a Jangce) nyugatról keletre folynak a földön.

A Sang-Jin-kor uralkodó világképe az antropomorf kozmosz eszméjén alapult. A korabeli kínaiak úgy gondolták, hogy a világot isteni lények, szellemek népesítik be, és az ő akaratuk szerint, tevékenységük folytán történik minden az univerzumban. Magukat a természeti jelenségeket, a természeti erőket, a természet részét képező dolgokat is gyakorta megszemélyesítették, s isteni lényként, szellemként tekintettek rájuk. A négy égtáj felől fújó szelet például négy szellemnek tartották. A napo(ka)t és a hold(ak)at (olyan elképzelés is létezett ugyanis, mely szerint tíz nap és tizenkét hold mutatkozik felváltva az égen) csodás lényeknek hitték, akik az égen vándorolnak. Úgy képzelték, hogy ezen égi vándorokra útjuk során olykor szörnyek támadnak, melyek megpróbálják felfalni őket, s ilyenkor történik a nap- vagy a holdfogyatkozás. A Sang-Jin-kori kínaiak domináns világképe szerint az isteni lények, a szellemek legfőbb ura, s így az egész mindenség, a természet irányítója, rendjének forrása **Sang-ti (a Magasságos Úr vagy a Legfensőbb Ős),** aki a Középső Palotában - a Sarkcsillagban - székel, onnan vezérli az univerzumot, adja utasításait a világot benépesítő isteni lényeknek, szellemeknek. A Sang-Jin-kori feliratos jóslócsontokon például ilyen és ehhez hasonló szövegeket olvashatunk:

“A mai keng-ce nap, és csia-csen napja között (Sang)-ti rendel-e számunkra esőt?”11

11 In: Qi de sixiang (Shanghai, 1990), 17. o.

“... (Sang)-ti rendel-e számunkra szelet? “12

12Uo. 19. o.

Mint az a korabeli írásos forrásokból kiviláglik, az ókori kínaiak már a Sang-Jin-korban megfigyelték: a Sarkcsillagot körbejáró Göncölszekér rúdja közvetlenül az est leszálltát követően tavasszal kelet felé mutat, nyáron dél felé, ősszel nyugat felé, télen pedig észak felé.13

13Ge Zhaoguang: Qi shiji qian ..., I. köt, 93. o.; Chen Mengjia: Yinxu bucizongshu (Kexue chubanshe, 1956), 585. o.

Ez a megfigyelés azzal az elképzeléssel párosult, hogy a négy évszak kialakításában a négy égtáj (illetve az őket uraló szellemi lények tevékenysége) játszik szerepet. Egy lényeges elmélet szerint az évszakok, a hideg és a meleg váltakozását a különböző irányból fújó szelek eredményezik, a szelek pedig a föld nyolc peremvidékén található nyolc kapun - nyolc völgyön - keresztül szállnak le az égből. Délen van a meleg kapuja, amerre a Göncölszekér rúdja nyáron mutat, s amerre haladva melegebb az éghajlat; és északon található a hideg kapuja, amerre a Göncöl rúdja télen fordul, s amerre haladva hidegebb az éghajlat.

A Sang-Jin-birodalom központjától nyugatra fekvő területen egyre növekvő befolyással bíró Csou nemzetség az ie. XI. században megdöntötte a Sang-Jin-dinasztia uralmát, s helyét átvéve, létrehozta a Csou-uralkodóházat (i. e. XI. sz.—III. sz.). Az új dinasztia hatalomra kerülése után pár száz évvel, hosszantartó, jóval a Csou-kor előtt kezdődött folyamat eredményeképpen **Sang-ti** kultuszához képest előtérbe került az **Ég (Tien) kultusza**.14

14Joseph Needham: Science and civilisation in China, Vol. II. (Cambridge University Press, Cambridge, 1956), 581. o.

Az Ég - Sang-ti székhelye - maga is istenséggé absztrahálódott, s előlépett a mindenség rendjének forrásává, az univerzum vezérlőjévé. A Dalok Könyve verseiben (i. e. I. évezred első fele) így fohászkodnak hozzá:

“Kék Ég, kék Ég! Tekints le azokra a gőgös emberekre, s szánj meg minket, meggyötörteket.”15

l5Shi jing, Xiangbo, in: Shisan jing (Zhongzhou Guji Chubanshe, 1992), 89. o.

“Fényességes, magasságos Ég, tekints le az alant való földre!’16

16 "Shi jing, Xiaoming, in: Shisan jing, 92.o.

Sang-tihoz hasonlóan az Ég is antropomorf istenség volt,17 melyről azt gondolták, ember módjára cselekszik, például lát és hall, képes haragra geijedni, szeretni, szánalmat érezni.18

17Fung Yu-lan: History of Chinesephilosophy, Vol. I. (Princeton University Press.Princeton, 1952),31.o.

18Alfred Forke: TheWorld-Conception of the Chinese, (Amo Press, New York, 1975), 151.0.

A kínaiak úgy tartották, hogy a földnek saját főistene van (Sö vagy Hou-tu), akinek alárendeltjei a kisebb-nagyobb területek helyi földistenei.

Kultikus tisztelet járt ki a halott ősöknek is, akikről hitték, hogy védelmezői, segítői lehetnek élő utódaiknak, de ártalmassá is válhatnak, ha a leszármazottak elveszítik azok jóindulatát.

Az itt vázolt mitologikus-antropomorf világkép nagymértékben meghatározta a kínai gondolkodás további fejlődésének irányát.

#### B. Az emberi világ és a mindenség viszonyának hatása a korabeli tudomány fejlődésére

Már a neolitkori (i. e. V-III. évezred) régészeti leletek - pl. a kör alaprajzú eget és a négyzet alaprajzú földet szimbolizáló cung nevű szertartási eszköz - is arról tanúskodnak, hogy a kínaiak vallásos tiszteletének két alapvető tárgya az ég és a föld volt. Az ókori kínaiak világképe szerint az univerzum három fő szférára különül, az egyik az ég, a másik a föld, a harmadik pedig a közöttük elhelyezkedő emberi világ.

Úgy hitték, hogy az uralkodó, vagy ahogy a Csou-korban (i. e. XI. sz.—III. sz.) nevezték, az Ég Fia hasonlóan irányítja az emberi világot, mint Sang-ti vagy az Ég a mindenséget. Az uralkodó nem egyszerűen a hatalom birtokosa volt, hanem szakrális hivatalt töltött be. Ő volt az egész társadalom vallási életének legfőbb résztvevője, a vallási aktusok során az egész társadalom megszemélyesítője. Az uralkodó feladatának tartották, hogy az emberi világot összehangolja Sang-ti vagy az Ég szándékával, a későbbi elképzelések szerint pedig a mindenség rendjével. A Csou-kor egyik fontos elképzelése szerint az uralkodó az Ég akaratából uralkodik, ún. égi megbízatást (tien-ming), legitimációt kap az Égtől hivatalának betöltésére, ám ez a megbízatás nem örökre szól. Ha az uralkodó nem jól látja el feladatát, nem az Ég akaratának megfelelően kormányoz, akkor az visszavonja tőle és másra ruházza át a megbízatást: letaszítja őt trónjáról, és mást ültet helyére.

A Sang-Jin-kori (i. e. XVI. sz.-XI. sz.) kínaiak úgy gondolták, hogy a társadalmat irányító és megszemélyesítő uralkodónak kötelessége az egész társadalom érdekében Sang-tival “párbeszédet” folytatni, hogy megteremtse az emberi világ és a mindenség isteni lényei, szellemei közötti harmóniát. Ennek egyik módját a jóslásban látták, melyet a Sang-Jin-kori uralkodók udvari jósaikkal végeztettek. A jóslat szövegét állati csontra, legtöbbször teknőspáncélra vésték, majd a csont hevítésekor keletkezett repedésekből jósoltak. <<<(((ez nem pontosan azonos a mi jóslás szavunk jelentésével? -FÁ)))>>>

A neolitkori és az ókori Kínában a mindenség, a természet megfigyelését is gyakorta az isteni lényekkel, szellemekkel való kapcsolattartás egyik eszközének tekintették. A korabeli kínaiak ugyanis úgy vélték, hogy a természet figyelemmel kísérése által nyomon követhetik az isteni lények, szellemek tevékenységét, észlelhetik az emberi világ szempontjából fontos jelzéseiket. Ez a momentum a kínai természetismeret fejlődésének, a korai természetfilozófia létrejöttének egyik rendkívül fontos transzcendens-idealisztikus motivációja volt. Egy i. e. XIII. századi napfogyatkozáskor például az alábbi szöveget vésték egy szarvasmarha-lapockára:

“Kui-ju napon jósolunk. Szürkületkor napfogyatkozás történt. Szerencsés jel? Kui-ju napon jósolunk. Szürkületkor napfogyatkozás történt. Baljós jel? ”19

19 Líu Zhaomin: Zhonghuatianwenxue fazhanshi (Taiwan Shangwu Yinshuguan, Taibei, 1985), 246.0.

Ebből az idézetből világosan láthatjuk, hogy a napfogyatkozást például az emberi világnak szóló jelzésnek tekintették.

Ugyanakkor számos praktikus-materialisztikus motiváció ösztönözte az ókori és az ókor előtti kínaiakat a mindenség, a természet megfigyelésére. A mindennapi élet gyakorlata - melynek egyik legfőbb részét a földművelés képezte - egyfelől elősegítette, másfelől igényelte a természetismeret fejlődését. A társadalomnak, amelynek gazdasági alapját a földművelés jelentette, természetszerűleg megbízható ismeretekre volt szüksége például ahhoz, hogy a mezőgazdasági munkák megkezdését megfelelően tudja ütemezni. Az ókori Kuan-cenek tulajdonított szavakkal élve:

“Ha a birodalomban nem ismerik kellően a négy évszakot, a birodalom alapja roskad össze.’’20

20 Guanzi, Sishi, in: Zhuzi jicheng (ZhonghuaShuju, Peking, 1986), V. köt., 238. o.

Mindezen okok folytán az uralkodó köré számos olyan hivatal csoportosult, amelynek betöltői a mindenség, a természet vizsgálatával foglalkoztak, azt a célt tartva szem előtt, hogy segítsék urukat feladatainak ellátásában. A természet tanulmányozásának tehát szervezett, intézményes formái alakultak ki. Ez tükröződik az írások könyve azon - feltehetően i. e. VII-VIII. századi21 - részletében is, amely annak legendáját örökíti meg, hogy Jao császár, akinek uralkodását az i. e. 3. évezred második felére teszi az ókori kínai történetírás, miként nevezte ki udvari csillagászait:

“Ekkor (Jao) megparancsolta a Hszi és a Ho (testvéreknek), hogy tiszteletteljes odaadással viszonyulván a hatalmas ég iránt, számítsák ki, illetve írják le a nap, a hold, a csillagok járását, valamint a konstellációk helyzetét, és alázatosan adják tudtára az embereknek az időt.”22

21 Joseph Needham: Science andcivűisation in China, Vol. III. (Cambridge University Press,Cambridge, 1959), 188. o.

22 Shang shu, Yao dián, in: Shisan jing, l.o.

A mindenség, a természet tanulmányozásának feladatával járó hivatalok betöltői rendkívül jelentős szerepet játszottak a kínai gondolkodás formálódásában, a tudomány fejlődésében.

#### C. A dezantropomorf kozmosz eszméjének kialakulása

A Keleti Csou-korban (i. e. VIII. sz.-III. sz.) fokozatosan tért hódított az a felfogás, mely szerint a mindenség olyan autonóm létező, melynek rendje és léte önmagából fakad, nem pedig élettel, értelemmel, lélekkel rendelkező létező vagy létezők műve, ugyanakkor valamennyi létező alá van rendelve az univerzum rendjének, s a mindenség szerves részét képezi. Tekintsünk át néhány olyan elképzelést, természetfilozófiai koncepciót, amely lényeges szerepet játszott ezen elgondolás, a dezantropomorf kozmosz eszméjének létrejöttében, formálásában, s intenzív kölcsönhatásban volt az ókori kínai tudománnyal.

##### (1). Az öt elemről (vu hszing) alkotott elképzelések

Az ókori kínaiak egyik fontos elképzelése volt, hogy a mindenség létezőit öt elem, öt alapvető anyagi minőség alkotja: a víz, a tűz, a fa, a fém és a föld. Az írások könyve A Nagy Szabály című fejezete (i. e. IV sz.) felsorolja az elemeket, és röviden jellemzi azok természetét:

“Először, az öt elem. Az első a víz, a második a tűz, a harmadik a fa, a negyedik a fém, az ötödik a föld. A víz nedvesít és lefelé törekszik, a tűz éget és felfelé törekszik, a fa meghajlik és kiegyenesedik, a fém engedelmeskedik és átalakul, a föld befogadja a magot és aratást nyújt.”23

23 Tőkei Ferenc fordítása, in: Tőkei F.: Kínai filozófia. I. kötet (Akadémiai Kiadó, 1986), 36. o.

Az öt elemet nem pusztán öt alapvető anyagi minőségnek tartották, hanem öt olyan állandó változásban lévő erőnek is, amely a mindenség rendjének kialakítását végzi. A korabeli nézet szerint az elemek azáltal látják el ezt a funkciót, hogy az általuk felépített univerzumra kiterjesztik a közöttük fennálló rendet, melynek két fő jellemzője van:

1. Minden elemet egy meghatározott másik elem hoz létre. A fa hozza létre a tüzet, a tűz a földet, a föld a fémet, a fém a vizet, a víz pedig a fát.

2. Minden elemet egy meghatározott másik elem pusztít el. A víz pusztítja el a tüzet, a tűz a fémet, a fém a fát, a fa a földet, a föld pedig a vizet.

Tradicionális elnevezéssel élve, az elemek között fennálló rendről alkotott előbbi elképzelés az elemek “egymást létrehozásának”, az utóbbi pedig az elemek “egymáson győzedelmeskedésének” teóriája.

A korabeli kínaiak a mindenségben uralkodó rend egyik legalapvetőbb kifejeződésének a négy évszak szakadatlan és szabályos váltakozását tekintették. Egyik fontos elméletük szerint a négy évszak váltakozása annak következménye, hogy az elemek meghatározott időközönként és sorrendben egymáshoz képest túlsúlyra jutnak a természetben. A tavaszt a fa elem túlsúlya eredményezi, a nyarat a tűzé, az őszt a fémé és a telet a vízé. Az ötödik elem, a föld, egy a nyár és az ősz közötti különálló időszak alatt van túlsúlyban. 24

24 J. Needham: Science andcivűisation in China. Vol. II, 250. o.

Ezen elképzelés szerint tehát az elemek abban a sorrendben jutnak dominanciára az évszakok során, amelyben egymást létrehozzák. A Lü mester Tavasz és Ősze című könyv (i. e. III. sz.) leírja, mely évszakban, mely elem jut túlsúlyra, továbbá megtudhatjuk belőle, hogy az udvari asztrológusnak feladata volt minden évszak kezdete előtt tudatni az uralkodóval az adott évszak eljövetelének, valamint az adott elem túlsúlyra jutásának közeledtét. Részlet a műből:

“A tavasz kezdete előd három nappal az udvari asztrológus felkeresi az Ég Fiát, és azt mondja:

- Ezen és ezen a napon beköszönt a tavasz, s a fa elem jut uralomra.”25

25 Lü shi chunqiu (Shanghai Guji Chubanshe, 1995), Mengchun ji,10. o.

##### (2). A páráról (esi) alkotott elképzelések

A Keleti Csou-kori (i. e. VIII. sz.-III. sz.) kínai gondolkodás egyik alapvető elmélete volt, hogy van egy anyagi szubsztancia, a pára (esi), amely a mindenség összes létezőjének általános felépítője. A pára az univerzum ősanyaga, az anyag változásainak kiinduló- és végpontja, amiből minden keletkezik, és amivé pusztulása folytán minden visszaalakul. Egy fontos korabeli elképzelés szerint valamennyi létező létrejövetele a pára összesűrűsödésének eredménye, megsemmisülése pedig a pára szétoszlásának következménye. E nézetek az i. e. IV században élt Csuang-ce nevéhez fűződő, és róla elnevezett könyv alábbi részletében is tükröződnek:

“Az élet a halál ösvénye, és a halál az élet kezdete. ... Az ember azáltal jön létre, hogy párája összegyülemlik. A pára összegyülemlése folytán kel életre, s a pára szétoszlása miatt hal meg.

. . . Az egész mindenség csupán egyazon pára.”26

26 Zhuangzi, Zhi bei you, in: Zhuzijicheng. III. köt, 138. o.

A könyv egy másik fejezetében ezt olvashatjuk:

“Csuang-ce felesége meghalt. ... Csuang-ce azt mondotta:

... A születésén elmélkedem. Azon, hogy eredetileg nem élt. S nem csak, hogy nem élt, de eredetileg nem volt még teste sem. S nem csak teste nem volt, de nem volt még párája sem. El volt vegyülve a ködös derengésben. Majd változás történt, és lett párája. A párája változód, és lett teste. Teste változott, és életre kelt. Most ismét változáson ment keresztül, és meghalt. Olyan ez, mint ahogyan a négy évszak, a tavasz, a nyár, az ősz és a tél váltakozik.”27

27 Zhuangzi, Zhile, in: Zhuzi jicheng. IlI.köt, 110. o.

Mindezzel összefüggésben a korabeli kínaiak egyik alapvető elgondolása volt, hogy az öt elem is a párából épül fel, éppúgy, mint minden egyéb. Egy i. e. 400 körülről származó jáde kardmarkolatba vésett szöveg például ezzel a mondattal kezdődik:

"Az elemek párája megállapodik és összegyülemlik.”28

28In: Li Cunshan: Zhongguo qihmtcmyucmyu fawei (Zhongguo Shehui Kexoie Chubanshe, 1990), 47.0.; vö.: J. Needham: Science andcivilisation in China, Vol. II.,242. o.

A páráról alkotott elképzeléseken nyugvó kozmogóniai koncepció szerint maga az univerzum is - tehát az ég, a föld és a kettő által határolt világ - a pára különböző megtestesülésekké történő összesűrűsödése folytán jön létre. A Lie-ce című könyv egyik, feltehetőleg i. e. IV századi, részlete így hangzik:

"A tisztább és könnyebb (pára) felemelkedett, és létrejött belőle az ég. A zavarosabb és nehezebb (pára) leülepedett, és létrejött belőle a föld. Közöttük, az összekeveredett párából jött létre az ember.”29

29Liezi. Tianrui, in: Zhuzi jicheng. III.köt, 2. o.

A Keleti Csou-kori kínaiak úgy gondolták, hogy a mindenséget felépítő pára két nagy részre oszlik: az ég és a föld párájára. A Co csuan című könyv i. e. 541-ről szóló feljegyzésében az az elképzelés fogalmazódik meg, mely szerint az ég párájának hat alapvető módosulata van. Ez a hat pára: a jinné és janggá absztrahálódott hideg és meleg, továbbá a szél és az eső, valamint a sötétség és a világosság. A szövegben körvonalazódik egy olyan teória is, melynek tárgya, hogy miként alakul ki a mindenségben uralkodó rend. Az alábbiakat egy Ji Ho nevű orvos mondja Cin fejedelmének, miután megállapítja, a fejedelem betegségét az okozta, hogy túl sokat időzött háremében:

"Az égnek hat párája van. Ezek alászállván az öt ízben kelnek életre, az öt színben válnak láthatóvá és az öt hangban zendülnek fel. Túltengésük folytán üti fel fejét a hat betegség. A hat pára nem más, mint a jin, a jang, a szél, az eső, a sötétség és a világosság. Ezek hozzák létre a négy évszakot és az öt időszakot. Ha a hat pára bármelyike túlteng, az bajt idéz elő. A jin túltengése okozza a lehűléses betegségeket, a jangé a lázzal járókat, a szélé a végtagok bajait, az esőé a hasi betegségeket, a sötétségé a szellem zavarát, a fényé pedig a lélek bajait. Asszonnyal hálni jang dolog, és a sötétség idején történik. Ha mértéktelenségbe csap át, lázas betegséghez és a szellem zavarához vezet."'30

30Zuo zhuan, Zhao Gong 1., in: Shisanjing, 315. o.

Figyelemre méltó, hogy a fejedelem betegsége nem Sang-ti vagy az Ég szándéka folytán alakul ki, hanem azért, mert a fejedelem cselekedetei révén előidézte, hogy felboruljon szervezetében a hat pára által kialakított harmónia. A szövegből az is kitűnik, hogy a hat párát - ahogy ezt az öt elem esetében is láttuk - nemcsak hat anyagi minőségnek tekintették, hanem a mindenség rendezettségének kialakítását végző hat erőnek is.

A korabeli kínaiak fontos nézete volt ugyanakkor, hogy a föld párájának - szemben az ég párájával - öt alapvető módosulata van, s ez az öt elem: a víz, a tűz, a fa, a fém és a föld. A Kuo jü című könyvben (i. e. IV. sz.) ez áll:

“Az égé a hat, a földé az öt.”31

31Guoyu (Shanghai Guji Chubanshe, 1978), Zhou yu xia, 98.o.

A pára két legalapvetőbb módosulatának azonban a jint és a jangot tartották.

##### (3). A jinről és a jangról alkotott elképzelések

A Keleti Csou-kori (i. e. VIII. sz.—III. sz.) elképzelések szerint a jin és a jang egyrészt a pára - az anyagi szubsztancia - két ellentétes természetű alapmódosulata, másrészt a mindenség rendezettségét, harmóniáját kialakító két alapvető erő. A jin és a jang építi fel az univerzum valamennyi létezőjét, és okozza azok létrejövetelét, különféle változásait, pusztulását, a természet minden jelenségét.

A kor alapvető kozmológiai koncepciója volt, hogy az ég és a föld - az univerzum két fő része - nem más, mint a mindenség két pólusa, amelyben ellentétes természetű pára akkumulálódik. Az eget felépítő pára főként jang pára, amely "tisztább és könnyebb”, a földet felépítő pára pedig főként jin pára, amely “zavarosabb és nehezebb”.32

32A. Forke: The World-Conceptionof the Chinese, 55. o.

A Változások könyve Csatolt magyarázatok című kommentálja (i. e. V. sz.) így fogalmaz:

“Az ég jang létező, a föld jin létező.”33

33Yi jing, Xi ci, in: Shisan fing, 48.0.

A Lii mester Tavasz és Ősze ezt írja ajinnek és ajangnak a létezők felépítésében játszott szerepéről:

“Az ember és a többi létező mind-mind a jin és a jang módosulata.”34

34 Lü shi chunqiu, Zhifen, 180. o.

A Lao-cének tulajdonított Az Út és az Erény könyve című mű (i. e. IV sz.) egyik részletében az alábbi módon jelenik meg az a gondolat, hogy a jin és a jang a mindenségben uralkodó rend kialakítója:

“Az összes létező háta a jinliez, kebele a janghoz simul, s az egymással keveredő párák alakítják ki bennük a harmóniát. "35

35 Dao de jing, 42. fej., in: Zhuzijicheng, III. köt., 26-27. o.

A korszak nagyjelentőségű, a tudománnyal rendkívül intenzív kölcsönhatásban lévő természetfilozófiai teóriája volt, hogy a természeti jelenségeket a jin és a jang változása és egymásra gyakorolt hatása okozza. A jin és a jang a róluk alkotott elképzelések szerint állandó változásban van. Mindkettő alapvető jellemzője, hogy egy bizonyos végső állapot irányába fejlődik, majd miután eléri, az ellentétes végállapot irányába kezd változni, s ezáltal saját ellentétévé válik: a jinből jang lesz, a jangból pedig jin. A Kuo jii alábbi részletében például az a nézet tükröződik, mely szerint a nap a jang módosulata, a hold pedig a jiné, s a nap felkelését és lenyugvását, valamint a hold fázisait egyaránt a jin és a jang változása eredményezi:

“Ha a jang kiteljesedik, jinné lesz, ha a jin kiteljesedik, janggá lesz. A nap elfárad és megpihen, a hold kikerekedik és fogyni kezd.”36

36 Guoyu, Yue yu xia, 653.o.

A Kuo jii című könyv egy i. e. VIII. században történt földrengéssel kapcsolatos részletében példát láthatunk arra, hogy miként képzelték el a természeti jelenségeknek a jin és a jang kölcsönhatása következtében való kialakulásál:

“... a három folyó vidékén földrengés történt.... Po-jangFu azt mondta: Amikor a jang alul reked és nem képes előjönni, mert a jin maga alá gyűri, és nem engedi felemelkedni, olyankor reng a föld. Most a három folyó vidékét földrengés rázta meg. Ennek oka, hogy a jang nem a kellő helyen van, a jin ránehezedése folytán."37

37 Guoyu, Zhouyu shang, 26—27. o.

A korabeli kínaiak egyik jellemző elgondolása volt, hogy az öt elem felépítője is a jin és a jang pára. Álláspontjuk szerint a tűz elemben a jang nagy-, a fa elemben pedig kismértékben haladja meg a jint; a víz elemben a jin nagy- , a fém elemben pedig kismértékű túlsúlyban van a janghoz képest. A föld elemben a jin és a jang azonos mértékben van jelen.

Fontos teóriájuk volt, hogy a négy évszak körforgása, az öt elem egymáshoz képest való túlsúlyának váltakozása is a jin és a jang kölcsönhatásának és változásainak eredménye. Az i. e. V-IV. században élt Mo-ce így fogalmazott:

“A négy évszak nem más, mint a jin és a jang.”38

38 Mozi, Ciguo, in: Zhuzi jicheng, IV. köt., 22. o.

Úgy gondolták, hogy a jang tavasszal kerül túlsúlyra a jinhez képest, és túlsúlya nyáron éri el legnagyobb mértékét, míg a jin ősszel jut túlsúlyra a janghoz képest, és túlsúlya télen éri el a tetőfokát. A jang szó írásjegye eredetileg a hegyek napfényesebb és melegebb déli oldalát jelképezte, a jin szóé a hegyek sötétebb, hűvösebb északi oldalát szimbolizálta. A korabeli kínaiak számára a világosság, a nappal, a meleg és a szárazság mind a jang túlsúllyal együtt járó jelenség volt, míg a sötétség, az éjjel, a hideg és a nedvesség egyaránt a jin túlsúly velejárója. A Huajnan ce ezt írja:

“A nappal a jang időszaka, az éjjel pedig a jiné. Így aztán amikor a jang pára van túlsúlyban, a nappalok hosszabbak, s az éjjelek rövidebbek, amikor pedig a jin pára van túlsúlyban, a nappalok rövidebbek, s az éjjelek hosszabbak.”39

39Huainan zi, Tianwen, in: Zhuzi jicheng, VII. köt., 45. o.

Figyeljük meg, hogy az ókori kínaiak elképzelése szerint miként változik a jin és a jang aránya az év során, és ez a természetfilozófiái koncepció hogyan épült a korabeli természetismeretre!

A jin túlsúlya az év során akkor éri el legnagyobb mértékét, amikor leghosszabb az adott magasságú tárgy délben mért árnyéka és az éjszaka időtartama, tehát a téli napforduló idején. Ezt követően a jin túlsúlya csökkenni kezd, és a jang gyarapodásnak indul (a nappalok hosszabbodnak, a déli árnyék rövidül). Ezt a Huajnan ce is megfogalmazza:

“A téli napforduló idején ... a jin pára túlsúlya eléri legnagyobb mértékét, s a jang pára indul gyarapodásnak.”40

40Huainan zi, Tianwen, in: Zhuzi jicheng, VII. köt., 40. o.

A gyarapodó jang a tavaszi napéjegyenlőség idején kerül egyensúlyba a jinnel. A Huajnan ceben ezt olvashatjuk:

“... a jin és a jang pára egyensúlyba kerül, s ekkor a nappalok és az éjjelek hossza egyenlő.”41

4lHuainan zi, Tianwen, in: Zhuzi jicheng, VII. köt., 40. o.

A Dalok Könyve egyik versrészlete (i. e. I. évezred első fele) is a jang gyarapodásával és a nappalok hosszabbodásával kapcsolja össze a tavasz időszakát:

“A tavaszi nap jangot hoz. ... Tavasszal a nappalok egyre hosszabbodnak “42

42Shi jing, Qiyue, in: Shisan jing, 62.0.

A jinnek és a jangnak a tavaszi napéjegyenlőség idején történő kiegyenlítődését követően a jang a jinhez képest túlsúlyra jut, és túlsúlya egyre fokozódik. A jang túlsúlya akkor éri el tetőfokát, amikor leghosszabb a nappal időtartama és legrövidebb az adott magasságú tárgy délben mért árnyéka, vagyis a nyári napforduló idején. Ezt követően a jang túlsúlya csökkenni kezd, és a jin gyarapodásnak indul (a déli árnyék és az éjszakák hossza nő). A Huajnan ceben ez áll:

“A nyári napforduló idején ... a jang pára túlsúlya eléri legnagyobb mértékét, s a jin pára indul gyarapodásnak."43

43Huainan zi, Tianwen, in: Zhuzi jicheng, VII. köt., 40. o.

Az egyre gyarapodó jin az őszi napéjegyenlőség idején egyensúlyba kerül a janggal, majd ezt követően ismét túlsúlyra jut hozzá képest. Túlsúlya egyre fokozódik, mígnem a téli napforduló idején eléri tetőfokát, s a fent leírt folyamat kezdődik újra.

Mindebből láthatjuk, hogy ez az elmélet a csillagászat bizonyos eredményeire épült.

##### (4). Az organikus univerzum eszméje és a Mindenség Rendezőelvéről (Tao) alkotott elképzelések

A Keleti Csou-kori (i. e. VIII. sz.-III. sz.) kínaiak fontos - és a korszak során fokozatosan uralkodóvá váló - elképzelése volt, hogy a mindenség egy saját rendezőelvei szerint felépülő és működő autonóm egység vagy rendszer, melynek egymással szoros kapcsolatban és állandó kölcsönhatásban lévő elemei a különféle létezők. <<<(((eléggé mai megfogalmazás -FÁ)))>>> E felfogás szerint az univerzum egy kozmikus organizmus, amelyben egyetlen elem változása is kihat az összes többi elemre. <<<(((a pillangó hatás. De az egyiptomi minden reggel újra teremtődéstől sem idegen, ahol a háború és betegség az újrateremtődés hibáiból ered, amit nem szabad előidézni (a hibát) illetve kerülni kell -FÁ)))>>>

Ezen az elgondoláson, az organikus univerzum eszméjén alapul például az a nézet, hogy a szokatlan természeti jelenségek, a természeti csapások nem isteni jelek vagy büntetések, hanem a mindenség kölcsönhatások sorozatának eredményeként fellépő válaszreakciói az emberi világ vele diszharmonikus hatásaira. Az ekképp gondolkodók rendszerint az uralkodó feladatának tartották elérni, hogy az emberi világ tökéletes összhangba kerüljön a mindenséggel. A Lü mester Tavasz és Ősze például kifejti, mit nem szabad tenni az év első hónapjában, amikor a fa elem jut túlsúlyra:

“Ebben a hónapban ... tilos fát kivágni, fészket leverni, fiatal állatot ölni..., nem szabad nagy embertömeget együvé gyűjteni, városfalat építtetni.... Ebben a hónapban nem szabad katonai támadást indítani. Ha katonai támadást indítunk, az bizonyos, hogy természeti csapást vált ki.”44

44 Lü shi chunqiu, Mengchunji, 11. o.

A Kuo jü (i. e. IV sz.) pedig ezt írja:

“Az ég és a föld páráinak rendje magától nem borai fel. Ha rendjük felborul, az azért van, mert az emberek megzavarták őket.”45

45Guo yu, Zhou yu shang, 26. o.

Egy másik, ugyancsak az organikus univerzum eszméjén alapuló felfogásmód szerint szokatlan természeti jelenségek, természeti csapások akkor is előfordulhatnak, ha az emberi világ tökéletes összhangban van az univerzummal, mert okozójuk a mindenség bármely részéből kiinduló hatás vagy folyamat lehet. Hszün-ce például az i. e. III. században így gondolkodott:

“Amikor csillag hullik alá, vagy megszólal a fa (a föld oltárán), az ország minden lakója megretten.

Azt kérdezgetik: “Miért van ez?” Én azt felelem: ennek nincs (különösebb) oka. Ez az ég és föld változásával (kapcsolatos), a jin és a jang arányának eltolódása, és a természetben nagyon ritkán fordul elő. Csodálkozni még csak lehet rajta, de félni nem kell tőle. Nincs olyan kor, amelyben ne fordulna elő gyakran, hogy a nap és a hold megfogyatkozik, szél és eső nem igazodik az évszakhoz, vagy különös csillagok csoportja jelenik meg. Ha az uralkodó világosfejű (értsd: bölcs), és a kormányzás nyugodt, akkor előfordulhatnak ezek mind akár egyetlen korban is, semmi kárt nem tehetnek.”46

46Tőkei Ferenc fordítása, in: Tökei ¥z. Kínai filozófia, II. köt., (Akadémiai Kiadó, 1986), 218.o.

A Keleti Csou-kor egyik alapvető elképzelése volt, hogy létezik egy, az univerzum egészében általánosan érvényesülő rendezőelv, a Tao, vagyis a Mindenség Rendezőelve, melynek alapján a mindenség létezői felépülnek, folyamatai zajlanak, s amely az univerzum rendjének, a természet harmóniájának forrása. A tao szó eredetileg “ut-at, “ösvény”- t jelentett. A korabeli elméletek szerint az univerzum bonyolult, szerteágazó, ám egységes és összefüggő rendszerében számtalan rendezőelv érvényesül, ugyanakkor valamennyi a Mindenség Rendezőelvéből fakad. Han Fej-ce az i. e. III. században így fogalmaz:

“A Mindenség Rendezőelve az, ami miatt a létezők olyanok, amilyenek, s amivel az összes rendezőelv összhangban van. ... a Mindenség Rendezőelve a rendezőelvek forrása.”47

47Han Feizi, Jie Lao, in: Zhuzi jicheng, V.köt., 107. o.

A világkép fontos elemét képezte az a nézet, hogy az univerzumban érvényesülő valamennyi rendezőelv a Mindenség Rendezőelvének kifejeződése. Úgy tartották ugyanis, hogy a Mindenség Rendezőelve a jin és a jang különféle manifesztációin keresztül jut érvényre az univerzumban, ezért a különböző létezőkben és relációkban különféleképpen is fejeződik ki: eltérő rendezőelvekként. Ez tükröződik például a Változások könyve alábbi részleteiben:

Egy jin es egy jang: ezt nevezzük Taonak.”48

48Tőkei Ferenc fordítása nyomán, in: TőkeiF.: Kínai filozófia, I. köt., 33. o.

“Az Ég Rendezőelvének érvényre juttatója a jin és a jang. A Föld Rendezőelvének érvényre juttatója a lágyság és a keménység. Az Emberek (a társadalom) Rendezőelvének érvényre juttatója az emberségesség és az igazságosság. "49

49 Yi jing, Shuo gua, in: Shisan jing, 50.o.

A Mindenség Rendezőelvét az ókori kínaiak nem valamely felsőbb hatalomtól származtatták, hanem öröktől valónak és örökké változatlannak fogták fel. Elképzeléseik szerint az Ég és a Föld, valamint a közöttük lévő világ alkotta univerzum kialakulása is a Mindenség Rendezőelvéből fakad. A Keleti Csou-kor meghatározó kozmogóniai koncepcióját így vázolja fel. Az Út és az Erény könyve:

“A Tao szülte az Egyet, az Egy szülte a Kettőt, a Kettő szülte a Hármat, s a Három szülte az összes létezőket.”50

50Tőkei Ferenc fordítása nyomán, in: TőkeiF.: Kínai filozófia, II. köt., 32. o.

Ezen elgondolás szerint a Mindenség Rendezőelve először kialakította a teljes differenciálatlanság és homogenitás állapotában lévő párát, mely ekkor még semmilyen létezőben nem öltött testet. Ez volt: az Egy. Ezt követően az ősállapotban lévő pára differenciálódása folytán létrejött a jin és a jang pára: a Kettő. Ezután kialakult az ég, a föld és a közöttük lévő világ: a Három. Az ég, a föld és a közöttük levő világ létezői pedig az összes létező létének forrásává lettek.

#### D. Az ókori kínai csillagászat

Eleinte az égbolt megfigyelésére is egyebek mellett két fontos tényező késztette a kínaiakat. Az egyik, az isteni és szellemi lényekkel való kommunikáció igénye, a másik, a gyakorlati élet - azon belül is főként a földművelés - támasztotta szükségletek kielégítésére való törekvés. Később, a gondolkodás változásával a csillagászat egyik legfőbb céljává az égben - az univerzum egyik részében - érvényesülő rend megismerése és megértése vált.

A régészeti leletekből és egyéb forrásokból egyaránt kitűnik, hogy a kínaiak már a neolit korban (i. e. V-III. évezred) rendelkeztek bizonyos csillagászati ismeretekkel. Tájolták építményeiket, sírjaikat, képesek voltak az égbolt megfigyelésével meghatározni az év egyes időszakait. Csillagképek megkülönböztetéséről árulkodik például az a közelmúltban felfedezett, a Jangsao kultúrához (i. e. V-III. évezred) tartozó, kagylóhéjból kirakott ábra, amelyen a tavaszi égbolt egyes csillagai alkotta Azúr Sárkány csillagkép és az őszi égbolt egyes csillagai alkotta Fehér Tigris csillagkép szimbolikus ábrázolása látható.51

51Ge Zhaoguang: Oi shijiqian..., I. köt., 86-87. o.

A korai csillagászat fontos része volt a Nagy Tűzcsillag, vagyis az Antares (a Scorpii) <<<(((nem Skorpió? -FÁ)))>>> megfigyelése, melynek felbukkanása és eltűnése segített meghatározni az év bizonyos fontos időpontjait, például a mezőgazdasági munkák kezdetének megfelelő idejét. Sze-ma Csien ókori történetíró szerint Csuan-hszü uralkodása alatt (i. e. XXV sz. körül) a Nagy Tűzcsillag megfigyelésére külön hivatalnoki poszt létezett.52

52Shi ji (Zhonghua Shuju. 1989). Lishu. 1255-1287. o.

Az Antarest minden bizonnyal azért illette meg kitüntetett figyelem, mert i. e. 2400 körül, a keleti horizonton való alkonyati feltűnése hozzávetőlegesen a tavaszi napéjegyenlőség idejére esett, amikor is a tavaszi vetést meg kellett kezdeni.53

53Du Shiran: Zhongguo kexue jishushi gao, I. köt., 25. o.

A kínaiak már a Sang-Jin-dinasztia (i. e. XVI-XI. sz.) hatalomra lépését megelőző időkben tíznapos egységekbe, dekádokba (hszün) sorolták a napokat. Egy dekádon belül a napokat a “tíz égi törzs”-nek nevezett tízes jelsorozat elemeivel jelölték.

A Sang-Jin-korból számos olyan feliratos jóslócsont maradt fenn, amely segítséget nyújt a korabeli csillagászat és naptárkészítés megismeréséhez. A Sang-Jin-dinasztia uralkodása idején a napokat hatvanas naptári ciklusba rendezték, és egy hatvan napos cikluson belül minden egyes nap külön jelöléssel bírt. A napok jelölése úgy történt, hogy a ciklus folyamán a dekád napjait jelölő “tíz égi törzs”-et sorrendjük szerint haladva naponként párosították a “tizenkét földi ág”-nak nevezett másik, tizenkét jelből álló jelsorozat soron következő tagjával. A ciklus első napját az “első égi törzs” és az “első földi ág” jelölte, második napját a “második égi törzs” és a “második földi ág”, és így tovább, egészen a második dekád kezdetéig, amikor is az “első égi törzs”-zsel már a “tizenegyedik földi ág” került párba. A két jelsorozat elemeit ezen az elven párosítva jutottak a kínaiak a jelölőelem-párok és a hozzájuk rendelt napok hatvanas ciklusához. Van olyan jóslócsont, amelyen a teljes hatvanas naptári ciklus megtalálható.

A Sang-Jin-kori jóslócsontok felirataiból kiderül, hogy a korabeli naptár luniszoláris naptár volt, melynek egy éve tizenkét, a hold fázisaihoz igazodó hónapból állt, s a holdév és a tropikus év közötti eltérést korrigálandó, bizonyos időközönként egy szökőhónappal, egy “tizenharmadik hónappal” hosszabbították meg a naptári évet. A hónapok harminc és huszonkilenc naposak voltak.

Az ókori kínaiak már a Sang-Jin-korban alkalmazták a gnómónt. A jóslócsontokon használt írásjegyek egyike napkorongot és alatta egy gnómónt tartó kezet ábrázol.54

54Liu Zhaomin: Zhonghuatianwenxue fazhanshi, 52. o.

A gnómón eredetileg egy a földfelszínre merőlegesen felállított egyenes bot volt, amely arra szolgált, hogy árnyékának hosszát mérjék használói. Később az eszköz (amelynek felső részén egy, a napfény áteresztésére szolgáló kis lyuk is lehetett) kiegészült egy vele derékszöget bezáró vízszintes mércével, amelyről leolvasható volt az árnyék hossza (vagy a lyukon keresztül a mércére vetülő fénypontnak a “nulla ponttól” való távolsága). A jóslócsontok szövegeinek tanúsága szerint a Sang-Jin-kori kínaiak az i. e. XIV-XIII. században már képesek voltak az árnyék hosszának mérésével meghatározni a téli napforduló napját,55 amikor is az év során a leghosszabb a délben mért árnyék, valamint a nyári napforduló napját, amikor pedig a legrövidebb. Tudták, hogy tizenkilenc tropikus évvel megközelítőleg egyenlő 235 lunáció, minek folytán tizenkilenc évenként hét szökőhónapot kell beiktatni. (Ez a ciklus, melyet a korabeli kínaiak “csang”-nak hívtak, megfelel a görög Mentonról elnevezettnek.) Továbbá úgy gondolták, hogy négy ilyen tizenkilenc éves periódus egyenlő 27759 nappal.56 (Ez az általuk “pu”-nak nevezett ciklus megegyezik a görög Kalüpposz nevéhez fűződővel.)

55J. Needham: Science andcivilisation in China, Vol. III., 293. o., Zheng Wenguang: Zhongguo tianwenxueyuanliu (Kexue Chubanshe, 1979), 156.0.

56J. Needham: Science andcivilisation in China, Vol. III., 406-407. o.

A szinodikus hónap hosszát 29,53 napnak tartották, a sziderikus év hosszát pedig 365,25 napnak.57 A sziderikus év időtartamából következően az égkört - s ennek mintájára általában a kört - az ókorban 365,25 fokra osztották.

57Uo. 392., 293-294. o.

A jóslócsontokon számos, csillagászati jelenséget megörökítő feljegyzés maradt fenn. Ezek között vannak nap- és holdfogyatkozásról szóló szövegek, de vannak olyanok is, amelyek nóvák megjelenéséről vagy eltűnéséről számolnak be. Az egyik szöveg például egy i.e. 1217-ben történt napfogyatkozást örökít meg, egy másik egy i. e. 1361-ben bekövetkezett holdfogyatkozást.58

58Uo. 410. o.

Van olyan i. e. 1300 körül keletkezett felirat is, amely egy, az Antares közelében feltűnt nóváról tesz említést:

“A hónap hetedik napján, csi-sze napom egy nagy új csillag jelent meg a Tűzcsillag társaságában.”59

59 In: J. Needham: Science andcivilisation in China, Vol. III., 424. o.

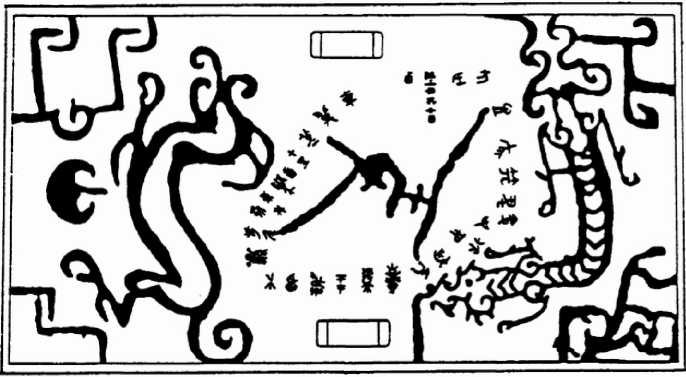
Egy másik feliraton pedig ezt olvashatjuk:

“Hszin-vej napon az új csillag kihúnyt.”60

60Uo.

A Sang-Jin-kori jóslócsontok bolygók megfigyeléséről is tanúskodnak. Van köztük olyan, amely a Jupiterrel kapcsolatos feljegyzést tartalmaz.61

61 Dll Shiran: Zhongguo kexue jishushi gao, I. köt., 70. o.



A "Huszonnyolc szálláshely” vázlatos térképe egy i. e. V. sz. végi sírban talált ruhásláda tetején

A Keleti Csou-kori kínaiak az ekliptika és az égi egyenlítő közelében huszonnyolc csillagképet különböztettek meg, amely huszonnyolc szakaszra osztotta az ekliptikát és az égi egyenlítőt. Ezeket a csillagképeket együttesen úgy hívták: a Huszonnyolc Szálláshely. Az elnevezés onnan ered, hogy e csillagképekre eredetileg úgy tekintettek, mint a nap, a hold és a bolygók égi vándorútját szegélyező ideiglenes szálláshelyekre. A huszonnyolc csillagkép alkotta rendszer a Tavasz és Ősz korszakban (i. e. 722-481) alakult ki teljes egészében. Létrejövetele hosszú, már a Sang-Jin-kori jóslócsontokon is nyomon követhető folyamat eredménye volt. A jóslócsontok feliratai például már említenek olyan csillagképeket, amelyek részeivé váltak a későbbi huszonnyolcas csillagképrendszemek, és a Dalok Könyve verseiben is (i. e. I. évezred első fele) számos ilyen csillagkép neve megtalálható.

A Keleti Csou-korban a fejedelemségeknek önálló obszervatóriumaik voltak.62

62 A. Forke: The World-Conceptionof the Chinese, 8. o.

A Co csuan i. e. 654-ről szóló feljegyzései között ezt olvashatjuk:

“...a téli napforduló idején a fejedelem az ősök templomában tartott szertartás végeztével maga is felment az égvizsgáló toronyba, s szemügyre vette a jelenségeket, melyeket ezt követően feljegyeztek. Mindez a szertartások rendjének megfelelően történt.”63

63 Zuo zhuan, Xi Gong 5., in: Sisanjing, 59. o.

E korszak több csillagász-asztrológusát már név szerint is ismerjük. Például a Cin fejedelemségbeli Pu Jent, aki az i. e. VII. század első felében tevékenykedett, vagy a lubeli Ce Sent, aki hozzávetőleg i. e. 570 és 540 között munkálkodott. A kor csillagász-asztrológusai között feltétlenül meg kell említenünk a csibeli Kan Töt és a véjbeli Si Sent, akik az i.e. IV. században végezték csillagászati megfigyeléseiket. Si Sen nevéhez fűződik a Tien-ven című könyv megírása, Kan Tö nevéhez pedig a Tien-ven hszing-csan című munka megalkotása. A két mű az idők során elveszett, ám a Történeti feljegyzések, a Han su és a Kaj-jüan csan-csing szövegeiből, átvételeiből bizonyos mértékig rekonstruálni tudjuk tartalmukat. Kan Tö és Si Sen leírták a bolygók látszó mozgása során bekövetkező retrográd mozgás jelenségét. A Mars sziderikus keringési idejét 1,9 évnek tartották (a pontos adat: 1,881 év), a Jupiter sziderikus keringési idejét 12 évnek (a pontos adat: 11,862 év).

A Keleti-Csou-korban a Jupitert, a Marsot, a Szatumuszt, a Vénuszt és a Merkúrt megfeleltették az öt elemnek. A Jupiter volt a Fa Bolygó, a Mars a Tűz Bolygó, a Szaturnusz a Föld Bolygó, a Vénusz a Fém Bolygó és a Merkúr a Víz Bolygó.

A Keleti-Csou-korból számos napfogyatkozásról szóló feljegyzés maradt fenn. Csak a Tavasz és Ősz krónikában és kommentárjában, a Co csuanban harminchét napfogyatkozást említenek, ebből harminckettő hitelességét igazolják a mai számítások.64

64J. Needham: Science andcivilisation in China, Vol. III., 418. o.

A korabeli kínaiak egyik fontos, a gondolkodásmódot rendkívül jól tükröző napfogyatkozás-elmélete a jinről és a jangról alkotott elképzeléseken alapult. Az elmélet lényege az volt, hogy a Nap a jang megjelenési formája, a Hold pedig a jin megjelenési formája, és a jinnek a janggal szemben kifejtett, kelleténél nagyobb mértékű hatása okozza a napfogyatkozást.65

65Vö.uo. 411. o.

Ez tükröződik a Co csuan i. e. 518-ról szóló szövegének alábbi részletében is:

“Nyáron, az ötödik hónap első napján, jimo napon napfogyatkozás történt. ... Csao-ce ezt mondotta: ‘Szárazság lesz. Már túl vagyunk a tavaszi napéjegyenlőségen, ám a jang még nem győzedelmeskedett a jin felett. Midőn győzedelmeskedik, rettentő erővel gyűri majd le, s akkor bizony szárazság lesz. Hisz miközben a jang nem tud a jinnek fölébe kerekedni, egyre csak gyülemlik ereje. ’”66

66Zuo zhuan, Zhao Gong 24., in: Shisanjing, 399. o.

Si Sen az i. e. IV században már tudta, hogy napfogyatkozás csakis újhold idején következhet be, a Nap és a Hold konjunkciójakor.67 Ugyanakkor azt tartotta, hogy a jelenség bármely újholdkor megtörténhet.

67Liu Zhaomin: Zhonghuatianwenxue fazhanshi, 342. o.

A kor írásos dokumentumai számos csillagászati eseményt megörökítettek. A Tavasz és Ősz krónikában a kínaiak feljegyezték például a Lyridák meteorraj i. e. 687-es átvonulását.68

68Du Shiran: Zhongguo kexue jishushi gao, I. köt., 128.0.

A lubeli Csuang fejedelem uralkodásának hetedik évében lezajlott jelenség leírása így hangzik:

“Nyáron, a negyedik hónapban, hszin-mao nap éjjelén nem látszottak a csillagképek. Az éj közepén úgy hullottak a meteorok, akár az eső."'69

69Zuo zhuan, Zhuang Gong 7., in: Shisanjing, 37. o.

A krónikában a Halley-üstökös i. e. 613-ban való feltűnését is említik a lubeli Ven fejedelem uralkodásának tizennegyedik évében történt fontos események között:

“Ősszel, a hetedik hónapban egy üstökös hatolt be a Göncölszekér területére."70

70Zuo zhuan. Wen Gong 14., in: Shisanjing, 123. o.

A Keleti Csou-kor második felében a kínaiak <<<(((mármint a kínai elit erre szakosodott része, amint korábban is ki volt fejtve -FÁ)))>>> meglehetősen sok ismerettel rendelkeztek az üstökösökről. Ezt támasztják alá az egyik, Mavangtujban feltárt, Han-kor (i. e. 206-i. sz. 220) eleji sírból nemrégiben előkerült ábrák is, melyeken különböző struktúrájú üstökösök rajzai láthatóak. Az ábrákon hosszú időn át tartó tüzetes vizsgálódás eredményei összegződnek. A rajzokból kitűnik, hogy készítőik nagy gondot fordítottak az üstökösök magjának és csóvájának tanulmányozására és tipizálására.

A Mavangtujban előkerült leletek között van egy selyemre írott csillagászati tárgyú munka, amely leírja a Vénusz, a Jupiter és a Szaturnusz i. e. 246 és i. e. 177 közötti látszó mozgását, ezenkívül közli, hogy a Vénusz szinodikus keringésideje 584,4 nap (a pontos adat: 583,92 nap), a Szaturnusz szinodikus keringésideje 377 nap (a pontos adal: 378,09 nap), sziderikus keringésideje pedig 30 év (a pontos adat: 29,458 év).

A Csou-pi szuan-csing című könyv egy feltehetően i. e. IV. századi részletében tűnik fel először az az állítás, hogy a Hold fénye a Naptól származik.

A kínaiak legkésőbb az i. e. I. század végén felismerték, hogy valójában mi idézi elő a napfogyatkozás jelenségét. A Han-kori Liu Hsziang i. e. 20 körül ezt írja:

“Akkor következik be napfogyatkozás, amikor a Hold útja során eltakarja a Napot.”71

71In: LiuZhaomin: Zhonghuatianwenxue fazhanshi, 342. o.

Ez az elmélet azonban lejegyzésének időpontjában csak egyike volt az írástudók körében elfogadod nézeteknek. Vang Csüng - az egyébként figyelemre méltó teljesítményű filozófus - például még i. sz. 80 körül is vitába száll vele, miközben ismerteti és megkísérli bizonyítani az általa vallott nézetet, miszerint a nap- és a holdfogyatkozást egyaránt a napot és a holdat felépítő pára (esi) változása okozza.

Nem sokkal később Csang Heng(i. sz. 78-139), a Keleti Han-kor nagy csillagásza kimutatja, hogy holdfogyatkozás akkor alakul ki, amikor a Föld a Holdra vetülő napfénynek útját állja.

Az ókori kínai csillagászat eredményei nemcsak a mindennapi élet gyakorlatára voltak jelentős hatással, hanem intenzíven alakították a kor világképét, gondolkodását is.

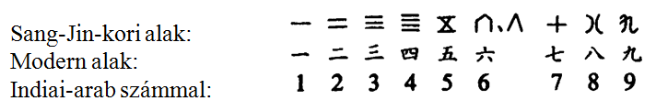
#### E. Az ókori kínai matematika

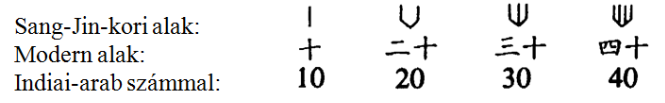
Már a neolitkori (i. e. V-III. évezred) régészeti leleteken is nagy mennyiségben fordulnak elő különféle síkidomrajzok, valamint belőlük konstruálódó ábrák. Ezek gyakorta egyes létezők (vagy létezőnek tartott dolgok) absztrakciói voltak. A tárgyi emlékek jól mutatják például, hogy a korabeli kínaiak a körre mint az eget mintázó, a négyzetre pedig mint a földet mintázó alakzatra tekintettek. Számos ókori szövegből és régészeti leletből az is kitűnik, hogy a körző és a derékszög nem egyszerűen ezen szabályos alakzatok megszerkesztésére szolgáló eszköz volt, hanem a mindenségben tapasztalható rend szimbóluma is.

A számok - hasonlóan a síkidomokhoz - szintén gyakorta funkcionáltak létezők vagy létezőnek tartott dolgok absztrakcióiként, már a Sang-Jin-korban (i. e. XVI-XI. sz.) is.72 A kínaiak antropomorf világképében a számok a mindenség rendjét kialakító hierarchikus isten- és szellemvilág tagjaival kapcsolódtak össze: istenek, <<<(((istennek mondhatók az emberi véges világon túlinak feltételezett cselekvő, az emberi létezésre hatást gyakorló jelenségek – a különféle kultúrákban? -FÁ)))>>> szellemek, valamint a velük kapcsolatos dolgok (pl. az általuk uralt szférák) szimbólumainak tekintenék őket. Az egyes szám például az ég közepének tartod Sarkcsillagban székelő Sang-ti és az egész általa uralt mindenség absztrakciója volt, az ötös az öt világtájé (észak, dél, kelet, nyugat, közép) és az azokat uraló szellemeké. Az ókori kínaiak a számokban előbb az istenek és szellemek által vezérelt mindenség, később pedig a saját rendezőelvei szerint felépülő és működő univerzum rendjének kifejeződését látták.

72Ge Zhaoguang: Qi shijiqian.... I. köt., 139. o.

A legkorábbról fennmaradt kínai számjegyek a Sang-Jin-kori jóslócsontokon találhatóak. A jóslócsontok véseteiből kitűnik, hogy a korabeli kínaiak egy akkoriban már nyilvánvalóan hosszú múltra visszatekintő, fejlett, tízes alapú számrendszert használtak. <<<(((tehát a 12-es, 60-as stb számrendszereknek gyakorlati okai voltak, mint a 60-as a tört műveletek elvégezhetősége érdekében, az éves csillagászati rutin 360 napjához igazodás stb -FÁ)))>>> Számjelölésük - néhány speciális, önálló számjeggyel leírt számértéktől eltekintve - kilenc számjegyen és a hozzájuk csatolható helyiérték-komponenseken alapult. A kilenc számjegy a következő volt:

Nullát ekkor még nem használtak, az először egy i. sz. VIII. század eleji szövegben tűnik fel. A tízes, a húszas, a harmincas és a negyvenes számot önálló számjegyek jelölték, az alábbi tonnában:



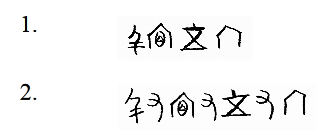
A kilenc számjegy helyiértékét helyiérték-jelölő komponens hozzáadásával vagy elhagyásával fejezték ki. A tízes helyiérték jelölőjének kivételével a kilenc számjegyhez csatolható helyiérték-jelölő komponensek önmagukban nem voltak számok73

73J. Needham: Science andcivilisation in China, Vol. III., 15. o.

Például a százas helyiértékjelölője a ‘‘fenyőtoboz” () piktogramja volt, az ezres helyiértéké pedig az “ember” () piktogramja. Az alábbi példákon megfigyelhetjük, miként használták a Sang-Jin-kori kínaiak a helyiérték-jelölő komponenseket:

A többjegyű számokban - az általunk ma használatos helyiértékes jelölésmódhoz hasonlóan - a kisebb helyiértékű számjegy mindig a nagyobb helyiértékű után állt. A számjegyek közé ugyanakkor beilleszthették az “és”, “plusz” jelentésű () írásjegyet is.

Például a 2656-os számot kétféleképpen írhatták le:

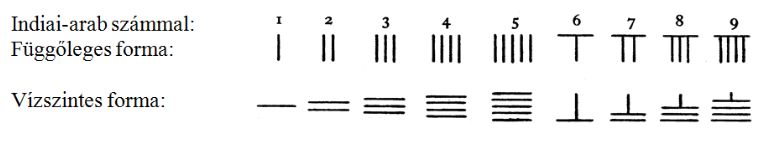


A számolás fontos, a matematikai gondolkodást is befolyásoló segédeszközei voltak a “számolópálcák” (szuancsou). Számos tény utal arra, hogy a korabeli kínaiak már a Sang-Jin-korban is alkalmazták a számolópálcákat, s matematikai műveleteket végeztek segítségükkel, ám használatuk legkorábbi bizonyítékai a Keleti Csou-kor első feléből származnak. A számolópálcák bambuszból vagy más anyagból készült rövid pálcák voltak, melyek különféle elrendezései számokat reprezentáltak. A Keleti Csou-korból sok olyan bronz- és agyagtárgy maradt fenn, amelyen számolópálca-elrendezések rajzai láthatóak. A Lao-ce nevéhez fűződő Az Út és az Erény könyve is említi ezeket az eszközöket:

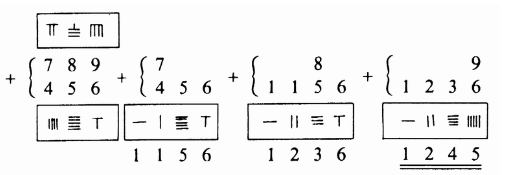
“Aki jól tud számolni, az nem szorul számolópálcákra.”74

74Dao de jing, 27. fej., in: Zhuzijicheng, III. köt., 15. o.

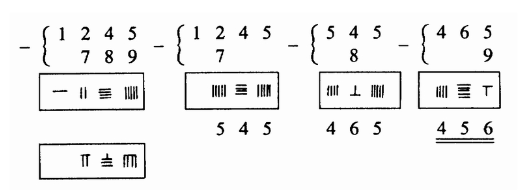
A számolópálcákkal való kalkuláció során tízes helyiértékes jelölésmódot alkalmaztak. A pálcák megfelelő elrendezései összesen kilenc számjegyet reprezentáltak, a nullát pedig üresen hagyott hely helyettesítette. Minden számjegyet kétféle elrendezési mód, kétféle forma jelölhetett, egy függőleges és egy vízszintes:

Függőleges elrendezésű számjegy jelölte az egyeseket, a százasokat, a tízezreseket stb., és vízszintes elrendezésű számjegy jelölte a tízeseket, az ezreseket, a százezreseket stb. így a többjegyű számokban a számjegyek függőleges és vízszintes formái váltották egymást. A régi Kínában mind az írásjegyeket, mind a számjegyeket rendszerint fentről lefelé haladva, oszlopokba írták (melyek jobbról balra követték egymást), azonban a számolópálca- számjegyeket balról jobbra, vízszintesen rendezték sorba, ugyanúgy, ahogy mi írjuk a számokat napjainkban. Nézzük például, miként jelölték a 378-as és a 6708-as számot:

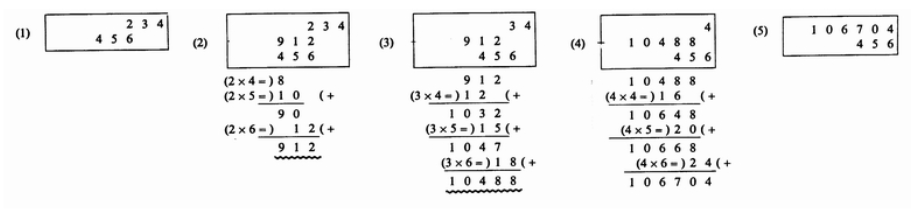
Hogyan végezték el a korabeli kínaiak a számolópálcák segítségével az összeadás, a kivonás, a szorzás és az osztás műveletét? A négy művelet mindegyikét a legnagyobb helyiértékű számjegytől kezdték, ezért balról jobbra haladva számoltak. Lássuk például, miként adtak össze 456-ot 789-cel. Legelőször is pálcákból kirakták a két számot, majd a százasok helyén álló 4-hez hozzáadták az ugyancsak a százasok helyén álló 7-et. Ezt követően összeadták a tízesek helyén álló számokat, legvégül pedig az egyesek helyén állókat. A művelet tehát a következőképpen zajlott le:



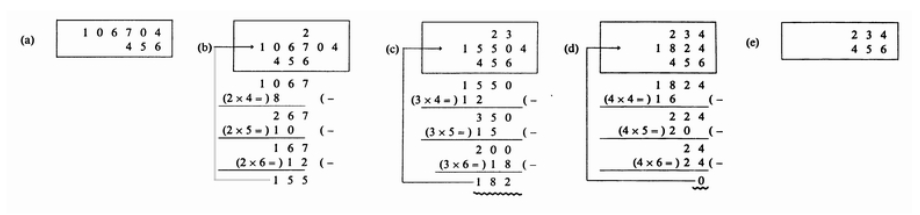
A kivonás hasonlóan történt. Vegyük például azt az esetet, hogy 1245-ből kell kivonni 789-et. A számok pálcikából való kirakása után a kivonandó számban a százasok helyén álló 7-et kivonták a csökkentendő szám százasaiból, majd a tízesek és az egyesek helyén álló számokkal folytatták a műveletet. Nézzük hogyan folyt le mindez:



Két szám összeszorzásakor a számolópálcákból kirakott két számot egy felső és egy alsó sorba rendezték, úgy, hogy a felső sorban lévő szám legnagyobb helyiértékű számjegye az alsó sorban lévő szám legkisebb helyiértékű számjegye fölé kerüljön, és a két sor között egy sor üresen maradjon a részeredmények, majd a végeredmény számára. Ezt követően a felső sor legnagyobb helyiértékű számjegyével végigszorozták az alsó sor minden egyes számjegyét balról jobbra haladva, és az egyes szorzatok megegyező helyiértékű számjegyeinek összeadásával kapott részeredményt beírták az üresen hagyott középső sorba. Miután ez megtörtént, eltávolították a felső sor legnagyobb helyiértékű számjegyét, mivel azzal a beszorzást már elvégezték; az alsó sorban lévő számot pedig eggyel jobbra csúsztatták, hogy annak legkisebb helyiértékű számjegye ismét a felső sor legnagyobb helyiértékű számjegye alá kerüljön. Ezután a műveletet ugyanígy folytatták mindaddig, míg az alsó sor számjegyeit a felső sor utolsó számjegyével végigszorozva és a legutolsó részeredményt átalakítva meg nem kapták a végeredményt. Kövessük nyomon például, milyen módon szoroztak össze 234-et 456-tal a számolópálcák segítségével:

A Keleti Csou-kor első felében már a műveltség részét képezte az egyes szorzásokat és eredményeit szöveges tonnában tartalmazó ún. “Kilencszer kilences mondóka” (Csiu-csiu-ko), melynek szövege a “kilencszer kilenc egyenlő nyolcvaneggyel” kezdődött, és az “egyszer egy egyenlő eggyel” végződött.

A számolópálcák segítségével történő osztás művelete a velük való szorzás műveletének fordítottja volt. Nézzük például, hogyan osztottak 106 704-et 456-tal a számolópálcák alkalmazásával. A korabeli kínaiak az osztandót “si”-nek nevezték, az osztót “fa”-nak, a hányadost pedig “sang”-nak. Az osztandót a felső, az osztót pedig az alsó sorba rendezték. A művelet első lépéseként az osztandó első négy számjegyéből álló számot (1067) osztották el 456-tal, mivel így 1 és 10 közé eső hányadost kaptak. Ezért az osztás megkezdésekor a 456-ot jelölő számolópálcákat az 1067-ként felfogott első négy számjegy megfelelő helyiértékű számjegyei alá rendezték. Miután az 1067-et elosztották 456-tal, a kapott hányadost, jelen esetben a kettőt, az osztandó szám fölé írták. Ezt követően a hányadossal egyenként végigszorozták az osztó valamennyi számjegyét, és az egyes szorzatok számjegyeivel csökkentve az osztandó megfelelő helyiértékű számjegyeit azt találták, hogy a maradék 15 504. Majd a műveletet hasonlóképpen folytatva megkapták, hogy a végeredmény 234. Az alábbi diagram lépésről lépésre mutatja be a folyamatot:

Maradékos osztás esetén az eredmény egy egész szám és egy valódi tört formájában állt elő. A legfelső sórban a hányados egész része maradt, a középső sorban a tört számlálója, a legalsó sórban pedig a nevezője. A tört számokat széles körben alkalmazták. Írásban számok és szöveg együttes használatával fejezték ki azokat, ,,n-ed résznek az m-szerese”-ként.

A Keleti Csou-kori matematikai gondolkodás és a világkép viszonyát tükrözi, hogy a korabeli gondolkodók a számokat gyakorta az anyagi szubsztancia, a pára különféle megtestesüléseinek absztrakcióiként fogták fel. Ahogy ez Az Út és az Erény könyve egy fentebb idézett részletében is tükröződik, az egyes szám rendszerint az egész mindenséget felépítő párát jelképezte; a kettes szám a pára két alapvető módosulatát, a jint és a jangot, valamint a mindenség két pólusát, az eget és a földet; a hármas szám az eget, a földet és a közöttük lévő világot. Ugyanakkor a páratlan számok rendszerint a jang absztrakcói voltak, a párosak pedig a jiné.

Ókori fonásokból tudjuk, hogy a Keleti Csou-korban a matematika a műveltség és a tudomány önálló részterületeként különült el, s egyaránt része volt az aritmetika, az algebra, valamint a geometria. Ekkorra a gondolkodás más területeihez hasonlóan a matematikai gondolkodásban is megjelent az az igény, hogy minél pontosabban meghatározzák a fogalmak jelentését, definíciókat alkossanak. Az i. e. IV. században keletkezett motista kánonokban például több geometriai fogalom definícióját megtalálhatjuk, köztük az alábbit is:

“A kör: egy középponttól (számított) egyenlő távolságok."75

75Tőkei Ferenc fordítása, in: Kínaiszofisztika és logika (Orientalisztikai Munkaközösség - Balassi Kiadó, 1997), 59.o.

A korszak matematikusai ugyanakkor igyekeztek a konkrét példáktól, az egyedi szituációktól elvonatkoztatott, általános érvényű matematikai elvek birtokába jutni. <<<(((a kommunista-marxista művészetfelfogás „szocialista realizmusa” éppen ezt a sokévezredes törekvést próbálta lenullázni. -FÁ)))>>>

Nézzük például a Pitagorasz-tételben foglalt szabályt. Az ókori kínaiak a derékszögű háromszög egyik befogóját a gnómónt jelentő “ku” szóval nevezték el, a másik befogót a gnómón árnyékát jelölő “kou” szóval, az átfogót pedig a húr jelentésű “hszien” szóval. Ezért a derékszögű háromszöget kou-ku-formának (kou-ku-hszing) hívták. A Csou-pi szuan-csing című könyv, amely az i. e. VI. század és az i. e. I. század között keletkezett szövegeket tartalmaz, így írja le a “Pitagorasz-tételt:

“A kout és a kút szorozzuk össze önmagával, ezt követően adjuk össze, majd vonjunk belőle négyzetgyököt, s megkapjuk a hszient. "76

76In: J. Needham: Science andcivilisation in China, Vol. III., 21. o.,

A közelmúlt ásatásai során egy, az i. e. II. század első feléből származó sírból előkerült matematikai tárgyú mű, A számolás művészetének könyve (Szuan-su su) egyes részletei ugyancsak általános érvényű matematikai elveket fogalmaznak meg. Lássunk belőlük példát:

“Tört szám értékének növelése és csökkentése: törtek értékét úgy növeljük, hogy növeljük a számlálójukat; törtek értékét úgy csökkentjük, hogy növeljük a nevezőjüket.”77

77In: Li Yan, Du Shiran: Chinese mathematics (Clarendon Press, Oxford, 1987), 58. o.

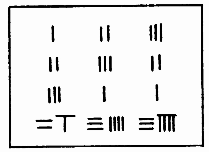
Az ókori Kína fontos matematikai tárgyú munkája A számolás művészetének kilenc könyve (Csiu-csang szuan-su) című mű, amelyben a Csou-, a Csin- és a Han-dinasztia korának (kb. i. e. XI. sz.-i. sz. 220) matematikai ismeretei elegyednek.78 A könyv 246 darab, témáját rendszerint a gyakorlati életből merítő feladatot tartalmaz, és ismerteti azok megoldásának módját. Összeállítói a feladatokat kilenc könyvbe, kilenc fejezetbe sorolták. A feladatok között található egyszerű sokszögekre, valamint a körre és részeire vonatkozó területszámítás (a π értékét háromnak véve), térfogatszámítás, törtekkel végzendő művelet, négyzetgyökvonás és köbgyökvonás, sokismeretlenes elsőfokú egyenletrendszer-megoldás, másodfokú egyenletre vezető feladat stb.

78Li Yan, Du Shiran: Chinese mathematics, 33. o.

A számolás művészetének kilenc könyve kifejt például egy algoritmust n ismeretlenes, n elsőfokú egyenletből álló egyenletrendszerek megoldására. Ez az algoritmus a fang-cseng módszer. Az általános sémát illusztráljuk a VIII. könyv első feladatával:

3 kéve bő termésű, 2 kéve közepes termésű és 1 kéve gyenge termésű rizs együtt 39 véka magot ad; 2 bő termésű, 3 közepes termésű és 1 gyenge termésű kéve összesen 34 véka magot ad. 1 bő, 2 közepes és 3 gyenge termésű kéve 26 véka magot ad. A kérdés az, hogy mennyi magot ad egy-egy kéve bő, közepes, illetve gyenge termésű rizs.

A feladat fang-cseng módszerrel való megoldása azzal kezdődött, hogy számolópálcákból kirakták a fang-cseng táblázatot, melyben az egyes egyenletekben szereplő mennyiségeket külön oszlopokba rendezték. A kiindulási táblázat a következőképpen nézett ki:



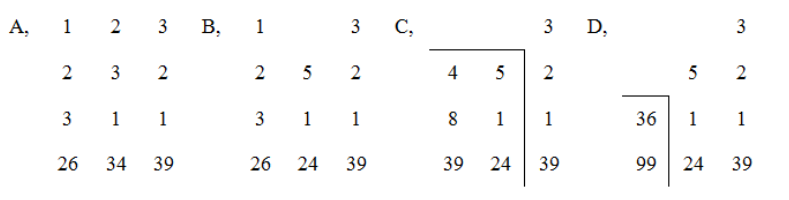
A táblázat elkészítését követően a jobb oldali oszlop legfelső számával beszorozták a középső oszlop minden tagját, majd az így átalakított oszlopból tagonként kivonták a jobb oldali oszlopot. A kivonást addig ismételték, amíg a csökkentendő oszlop legfelső együtthatója nulla nem lett. Ezt az algoritmust a harmadik oszlopra is alkalmazva elérték, hogy a táblázat első sora az utolsó együttható kivételével csak nullát tartalmazzon. Ezután folytatták az algoritmus alkalmazását a felső sor és a bal oldali oszlop elhagyásával keletkező táblázatra, és az alábbi egyenletrendszernek megfelelő eredményt kapták:

3x + 2y + z= 39

5v + z= 24

36z = 99

A számolás folyamata az alábbi módon zajlott:



Az ókori kínai matematika és a tudomány más területeinek eredményei korántsem maradtak a világ egyik civilizációs központjaként funkcionáló Kína határain belül, s elterjedvén jelentős hatást gyakoroltak az ázsiai kontinens számos népének tudományos gondolkodására.

## D. Összegzés

(Székely László)

Ha reggel fölkelünk, s óránkra nézünk, a kétszer tizenkettes napbeosztásnak megfelelő számjegyeket látjuk rajta tízes számrendszerben lejegyezve, míg a nagymutató és a másodpercmutató közös skáláján hatvan beosztást találunk. Életünket, mindennapjainkat ezen állandó hosszúságú órák, s az óra hatvanadának megfelelő percek szerint szervezzük meg: ezek az órák és percek ma időszemléletünk és időérzetünk elválaszthatatlan összetevőit képezik. A kirakatokban az áruk árait a tizedes törtjelölésnek megfelelő forintos-filléres bontásban látjuk, s így vannak skálázva hossz- és súlymértékeink is. Az eladó a tízes helyiértékes rendszerben írja föl a mennyiséget és az árat, s a törtértéket tizedes rendszerben jelöli. Naptárunk a Nap éves járásán alapuló naptár, szögmérőnkön a fokok értéke akkora, hogy 360° tesz ki egy teljes kört. Anélkül hogy gondolnánk rá, mindennapjainkat áthatják a 4000 évvel ezelőtt élt egyiptomiak és mezopotámiaiak által megalkotott fogalmak és jelöléstechnikák: nélkülük modem életünk elképzelhetetlen volna. Lehet-e ennél meggyőzőbb bizonyítéka annak, hogy minden megszakítottság, minden paradigmaváltás és szellemi-kulturális forradalom ellenére ezen régen élt emberekkel mégiscsak összeköt a történelmi folytonosság, ők mégiscsak egy bizonyos értelemben szellemi elődeink voltak? Nemcsak a múzeumokban, a 3-4000 éves múltból elénk bukkanó sejtelmes leletekben, hanem eleven jelenként, mindennapjaink itt és mostjában, számfogalmunkban, naptárunkban és időbeosztásunkban is jelen van ez a múlt: e múltnak örökösei vagyunk.

## Irodalom

Baumgarten, Alajos. A számírás története. Középiskolai Matematikai Lapok. 1902-3.

Brecher, K. és Freitag, M.. (ed.). Astronomy of theAncients. The MIT Press, Cambridge, Mass. and London. 1979. Dobrovits, Aladár. Válogatott tanulmányai. Akadémia, Budapest. 1979.

Fehér, Márta. A tudományfejlődés kérdő]elei. Akadémia, Budapest. 1983.

Filep, László és Gyula, Bereznai. A számírás története. Gondolat, Budapest. 1982.

Ghaliangui, P.. The Physician ofPharaonic Egypt. Kairó. 1983.

Hahn, István. Naptári rendszerek és időszámítás. Gondolat, Budapest. 1983.

Kákosy, László és Varga, Edith. Egy évezred a Nílus völgyében. Gondolat, Budapest. 1970.

Kákosy, László. Az ókori Egyiptom története és kultúrája. Osiris, Budapest. 1998.

Kákosy, László. Réfiai. Akadémia, Budapest. 1974.

Komoróczy, Géza és Kalmár, Éva. „Fénylő ölednek édes örömében ... ”. A sumér irodalom kistükre. Európa, Budapest. 1983.

Kuhn, Thomas.,4 tudományos forradalmak szerkezete. Gondolat, Budapest. 1983.

Loewe, M. és Shaughnessy, E. L.. The Cambridge History ofAncient China. Cambridge University Press. 1999.

Mahler, Ede. Az egyiptomiak matematikai és asztronómiai ismeretei 1-2.. Mathematikai és Fizikai Lapok. 13. 1902.

Medgyesi, Pál. A Cheops-piramis matematikája. Természet Világa. 104. 1973.

Maspero, Henri. Az ókori Kína. Gondolat. 1978.

Moravcsik, Gyula. Miről vallanak a papiruszok?. Gondolat, Budapest. 1961.

Needham, Joseph. Science and Civilisation in China, Vol. 11-111.. Cambridge University Press. 1956. 1959. Neugebauer, O ..Az egzakt tudományok az ókorban. Gondolat, Budapest. 1984.

Oppenheim, A. L ..Az ókori Mezopotámia. Gondolat, Budapest. 1982.

Peet, T. E.. The RhindMathematicalPapvrus. London. 1923.

Petrie, F.. Wisdom of the Egvptians. Quaritch. London. 1940.

Ponori Thewrewk, Aurél. A Kheopsz piramisról. Csillagászati Lapok. 6. 1944.

Sárion, George. A History ofSicence I-1L. Oxford University Press, London. 1959.

Sarton, George. A History of Science. Ancient Science Through the Gokién Age of Greece. Harvard University Press, Cambridge, Mass.. 1959.

Siliotti, Alberto. Egyiptomi piramosok. Gabo, Budapest. 1998.

Simonyi, Károly. A fizika kultúrtörténete. Gondolat, Budapest. 1986.

Stmve, W. W.. Matematischer Papyrus des staatlichen Museums dér Schönen Kunste in Moskau. Quellén und Studien zűr Geschichte dér Mathematik. Abteilung A.: Quellén 1. Berlin. 1930.

Tőkei, Ferenc. Kínai filozófia, I-III. köt.. Akadémia, Budapest. 1962.

Tőkei, Ferenc. Kínai szofisztika és logika. Orientalisztikai Munkaközösség - Balassi. 1997.

Vekerdi, László. A matematikai absztrakció történetéből. Kritérion, Bukarest. 1972.

van dér Waerden, B. L.. Egy tudomány ébredése. Gondolat, Budapest. 1977.

# II. Az ókori görög természettudomány és matematika története

## Bevezetés *(Ropolyi László és Székely László)*

### 1. A “görög csoda”

Ha az ókori görög kultúra, illetve az ókori görög világ felé fordulunk, a legismertebb - már-már közhelyszerű - fogalom, mely fölmerül bennünk, a “görög csoda” fogalma.1 A “csoda” kifejezés utal arra, hogy a görögöknél valami új, a korábbi kultúrákhoz képest meglepő jött létre, s ez az új a korábbi kultúrtörténetből levezethetetlen módon olyan világ, melyben a modem európai szellem már otthon érezheti magát. Mert a “görög csoda” fogalmához szorosan párosul az metafora is, mely szerint az ókori Görögország az európai kultúra bölcsője, s Hegel jellemzése, mely szerint az ókori görögök az európai történelem harmonikus gyermekkorát élték.

1Pl.: “Századokon át beszéltek a "görög csodáról', s ezen mindenki azt értette, hogy a görög nép alkotóerejének teljében, hirtelen bukkant elő az ismeretelenségből. Ma már tudjuk, hogy a görögök nem a Zeusz fejéből teljes fegyverzetben kipattant Athéné istennőként léptek a történelem színpadára. Fölfedezéseikért, elsőségükért, vívmányaikért keményen megdolgoztak, ezeket sok esetben a szó szoros értelmében úgy kellett kiharcolniuk. ... A csoda éppen abban rejlik, hogy mindezt elérték. S abban is, hogy egyáltalában elérték." Zanunarovsky, Vojtech: A görög csoda. (Madách, Budapest, 1980)

A történelmi emlékek és a régi kultúrák ezen emlékeken alapuló rekonstrukciói alapján értelmesnek tűnik a nagy ókori földművelő társadalmakat - s talán velük együtt az európai “fölfedezők” által tragikusan elpusztított nagy dél-amerikai indián birodalmakat is - egy nagy történelmi típusba sorolnunk. A “görög csoda ” igazi értelme az, hogy az ókori görögöknél e gyakran és hibásan “ókori rabszolgatartó társadalom “-ként megjelölt (de valójában nem a rabszolgatartás áltat meghatározott) társadalomtípustól határozottan különböző társadalom és kultúra alakult ki, s ennek nyomán a történelem fejlődésének új, korábban példa nélkül álló ága sarjadt ki. S ha figyelembe vesszük azt, hogy modern világunk ezen új ágnak a “gyümölcse ”, racionális értelmet kap “az ókori Görögország az európai kultúra bölcsője ” metafora is.

### 2. A szuverén görög személyiség

Vajon mi az az új mozzanat, mely a görög kultúrát az őt megelőző és a vele kortárs kultúrákkal szemben kitünteti? A “görög csoda” kapcsán egyrészt a görög szellem művészi, filozófiai és tudományos teljesítményeire, másrészt az ión poliszok közéletére, ezen belül is különösen az athéni demokráciára, valamint általában a “leleményes” görög ember életvitelére, ideáljaira szoktak hivatkozni. Meg szokták még említem a jellegzetességek között a görög föld-magántulajdon intézményét, mely lehetővé tette a szabad, s önálló földművesek megjelenését, valamint a görög szellem bátorságát, vállalkozó kedvét.

Mindezen vonások mögött azonban mégiscsak ott állt “valaki”, aki e csoda elemeinek létrehozója és hordozója volt: a görög ember. A “görög csoda” a görög emberben, az őt jellemző új személyiségtípusban szintetizálódik egységgé. Ezt az új személyiségtípust úgy jellemezhetjük, mint a kulturális tradícióhoz és az őt körülvevő politikai- etikai közösséghez kritikailag viszonyuló, e közösségtől magát tudatosan megkülönböztető; vele szemben egyéni igényeit, becsvágyát tudatosan megfogalmazó, szuverén világmegértésre törekvő egyént. Természetesen ez a tudatosság és szuverenitás nem valami történelmen és kultúrán kívüli jelenség volt: e görög személyiségtípus csak a görög történelem által, a görög kultúra kontextusában, a görög polisz világában jelenhetett meg, s létezhetett, hogy azután a görög történelemből leszármazó európai fejlődésben - a keresztény értékrenddel ötvöződve - továbbhagyományozza szellemiségét. A XIX. századi francia gondolkodó, Lamennais szavaival: “Az ember itt (azaz az ókori Görögországban, Sz. L.) tett szert személyes és szabad voltának tudatára, s ezzel új korszak kezdődött fejlődésének történetében”2

2Lamennais, H. F. R. de: Lepassé etl'avenir dupeople. in: Paroles d un croyard, etc. (Gamier Fréres, Paris, év nélkül) 252. o.

Könnyű belátni, hogy a most jellemzett szuverén, önmagát szabadnak tudó személyiségtípus jelenik meg a leleményes, vállalkozásra kész, dicsőségre törő görög ember jól ismert képében, ugyanúgy mint a görög hőskultuszban vagy az olimpiai babérkoszorúért folytatott békés vetélkedésben. Hasonlóan e személyiségtípussal van összefüggésben a személyes tartalmú költészet görögországi megszületése, s általában az emberközpontú görög művészet. A görög ember e szuverenitásának és öntudatosságának talán legszebb költői kifejeződésével Szophoklész nevezetes kardalának soraiban találkozhatunk:

“Sok van, mi csodálatos, De az embernél nincs semmi csodálatosabb ...”3

3Szophoklcsz: Antikom', m: Görög drámák (Európa Könykiadó, Budapest, 1998)53. o.

Az önálló világmegértésre törekvő kritikai görög szellemiség hozza létre azt a sajátos kérdésföltevést és gondolkodásmódot, valamint azokat a sajátos válaszokat, melyek a kultúra - vagy legalábbis az európai kultúra - filozófiának nevezett összetevőjét alkotják, mint ahogyan *a görög tudományokat is, melyeket kezdetben a filozófiához kapcsolódva, <<<(((nem, hanem a filozófia által megalapozva! -FÁ)))>>> a filozófia által befolyásokon műveltek, hogy azután később vele szemben egyre inkább önállósodjanak.* Igen kifejezőek ebből a szempontból azok a motívumok, amelyek alapján a görög tradíció két nevezetes geometriai tételt - a tudománytörténészek szerint olykor vitatott jogossággal - a görög filozófia két nagy személyiségének, Thalésznek, illetve Püthagorasznak tulajdonít. Mint láttuk, ha az egyiptomiak esetében e tételek ismerete bizonytalan is, a babilóniaiak határozottan ismerték a derékszögű háromszögek befogói és átfogója közötti összefüggést, s az építészeti emlékek alapján föltételezhető, hogy Thalész tételéről is tudomásuk volt. A görög hagyomány szerint azonban Thalész, illetve Püthagorasz nemcsak ismerte, hanem bizonyította is ezeket a tételeket, s ha ebben esetleg tévednek is a görög történetírók, s e bizonyítások későbbi eredetűek, **a bizonyításra való hivatkozás karakterisztikus a görög gondolkodás számára**. <<<(((mert a logikát teszi meg kikerülhetetlen szempontnak -FÁ)))>>> Régről ismert, s így “patinás” összefüggéseket bizonyítani, melyek ráadásul a gyakorlati alkalmazások során számtalanszor beváltak már: ez annyit jelent, mint az áthagyományozódott, tradicionális tudáshoz kritikailag viszonyulni, s igazságukat önállóan, szuverén értelmünkre támaszkodva belátni.

*A görög gondolkodást áthatja ez a kritikai megközelítési mód, s vele szorosan összefonódva a bizonyított igazságok keresése: az az attitűd, mely szerint nem elég pusztán “rálelni ” a tudásra, vagy átvenni azt a megbízható ősöktől, hanem annak igazságát értelmünk segítségével be is kell látnunk.*

A modem európai gondolkodás, a modem európai tudomány pedig ezen előzmények nélküli, sajátosan görög attitűd örököse.4

4Tisztázandó kérdésként vetődik még tol, hogy milyen tényezők együtthatása képpen született — születhetett - meg a most jellemzett görög személyiségtípus, s az általa létrehozott sajátos kultúra.

Az egyik lehetséges válasz erre a kérdésre az, hogy a kedvező körülmények, így a kedvező földrajzi viszonyok, a hajózás, a kereskedelem, a különböző, egymással feleselő kultúrák egyidejű megismerése, s egymással való szembesítése stb. eredményeképpen alakult ki a sajátos görög szellem, s született meg az általa jellemzett, s meghatározott görög kultúra és életvilág, a görög demokráciával, s a föld magántulajdonával. Egy másik lehetséges megközelítés szerint viszont a kedvező körülmények először a föld magántulajdonlását alakították ki, s ezen a gazdasági alapon bontakozott ki a görög társadalom és kultúra jellegzetes fejlődése. E két egymással ellentétes álláspont érdekfeszítő történelemfilozófiai vitáknak szolgálhat alapul, s minden bizonnyal sosem lehet majd egyértelműen dönteni közöttük: mindkettőnek vannak erősebb és gyengébb pontjai. Valószínű, hogy a görög kultúrának az európai történelem szempontjából sorsdöntő megjelenésében mindig maradni fog valami megmagyarázhatatlan, tovább vissza nem vezethető, “érthetetlen” mozzanat: a “görög csoda” ebben az értelemben is megmarad örökre csodának.

<<<(((a logikai, tehát deduktív és később gyakorlati tehát induktív ellenőrizhetőségnek korunkbeli lényegi sajátsága a matematikában tetten érhető „absztrakciós kiteljesedés”, amikor is a matematikában már a számokat nem is tekintve a műveleteket osztályozzák, csoportosítják és próbálnak önmagában ezen a területen a legalapvetőbb absztrakciók felé közelíteni. Lényegében ennek jegyében lehet a deduktív axiomatikus rendszerelméletet keresni és a közgazdasági modellezés egyik sarokpontjaként kezelni …. Legalább problémafelvetés erejéig. Hasonló a személy fogalmának alapfogalomnak javaslata. -FÁ)))>>>

### 3. A görögök tudományos teljesítménye

A legtöbb tudománytörténeti munkában találunk hosszabb-rövidebb passzusokat a görög tudomány történetéről. Sőt, mi több, gyakran ugyanazokat a gondolatokat, gondolatmeneteket, időnként még ugyanazokat a megfogalmazásokat és idézeteket is fellelhetjük a különféle írásokban és könyvekben. Igazán nehéz feladat lenne ettől a gyakorlattól határozottan eltávolodni és a történet radikálisan új és eredeti értelmezésével előállni. Ilyen eredetiséget sajnos nem ígérhetünk - legfeljebb valamiféle egyéni változatot tudunk nyújtani olvasóinknak.

Mindazonáltal talán akkor járunk el a leghelyesebben, ha követjük a híres tudománytörténész. Marshall Clagett eljárását5, és a tudományos ismeretek konkrét tartalmától különválasztva - célszerűen még azok tárgyalása előtt - megvitatjuk a görög tudomány módszertani jellegzetességeit, és csak ezt követően fogunk hozzá az ismeretek történeti fejlődésének bemutatásához.

5Clagett, Marshall: GreekScience inAntiquity (Abelard-Schuman, New York, 1955)

#### A. Az antik görög tudományos módszer kialakulása és jellegzetességei

Az ókori görögök ismereteik jelentős részét korábbi kultúrák (főként Egyiptom és Mezopotámia) képviselőitől sajátították el. Ugyanakkor azt figyelhetjük meg. hogy ezeket az ismereteket más összefüggésbe ágyazva, más világszemlélettel kezelték, s a tudásnak egészen más szerepet tulajdonítottak, mint a folyam menti kultúrák lakói.

Mindenekelőtt fontos észrevenni, hogy míg a korábbi kultúrák képviselői tudásukat elsősorban konkrét problémák, ill. szituációk megértésére és kezelésére használható empirikus szabályokba foglalták, addig a görögök túlléptek ezen, s a konkrét ismeretekből valamiféle általánosított tudás létrehozására törekedtek. A különféle tapasztalati körökhöz tartozó ismereteket nem pusztán egyes konkrét feladatok megoldásában alkalmazták, hanem összehasonlítva, egymáshoz kapcsolva, egymásra vonatkoztatva valamilyen összefüggő nézetrendszer, más szóval világnézet kiépítésében is. A szóban forgó ismeretekre épülő új típusú világnézet - a filozófia. Feltűnő, hogy az egyiptomiakhoz és a mezopotámiaiakhoz hasonlóan a görögöknek is voltak jelentős mítoszaik, mindenütt észrevehetjük a vallások fontos társadalmi szerepét is, de filozófia csak a görögöknél alakult ki. Az antik görög filozófia képviselői által kialakított ismeretszerző és ismeretrendszerező eljárásokon és módszereken alapultak a később kifejlődő tudományok eljárásai és módszerei. Az antik tudomány jellegzetes eljárásainak és módszereinek kialakulását tehát a filozófia kialakulásának folyamatát követve érthetjük meg.

<<<(((Érdekes lenne, hogy végül is amit arisztoteleszi fogalmi sablonnak próbálok értelmezni, mennyire volt jelen Arisztotelesznél, vagy mennyire csak inspirálója lehet Arisztotelesz munkássága utólag, napjanikban egy efféle értelmezésnek. Az is érdekes, hogy az elégséges ok vajon tényleg nem szerepelt Arisztotelesznél? Nekem többen úgy mondták, hogy volt nála elégséges ok is meg végső ok is. Érdekes lenne pontosan látni hogy mi volt a története a dolognak. De mai logikus konstrukciót keresve az egyelőre még mondhatjuk „arisztoteleszi fogalmi sablon” akár meg volt fogalmazva akár nem, de érvényesült, és utólag másként nem értelmezhető, nem adódik ki számunkra a mozaik …. Például a végső ok Istennek való értelmezése logika szerint kilép az okozati láncolatból, valójában azon kívüli, nem a szó szoros értelmében vehető „ok”-ot jelent. Azt belátom, hogy nem egy tudománytörténetbeni azaz tudománytörténeti állításról van szó esetemben (arisztoteleszi fogalmi sablon), hanem egy olyan renoválásról, amelynek célja a jelenkori fogalmi rendszerhez való viszonyulás kialakítása, annak bizonyos, számomra ama közgazdaság elméleti modellezési elvek keresése miatt fontos szempontok „kitapintása”. -FÁ)))>>>

A filozófiai szemléletmód kibontakozása, s ezzel a korábban uralkodó mitologikus világkép meghaladása mindenekelőtt abban állt, hogy a különféle ismereteket kritikailag kezelték s valamiféle összefüggő egésszé, ésszerű rendszerré próbálták kiépíteni. De vajon milyen vonásokkal jellemezhetnénk azt a kritikai szemléletmódot, amit az új típusú - később tudományosnak vagy filozófiainak is nevezett - világkép kialakítása során a görög gondolkodók használtak? A “kritika” elsősorban valamilyen állapotnak, helyzetnek, viszonynak, elfogadott véleménynek - gyakorlati vagy elméleti jellegű-kétségbevonását jelenti. A bizonyosság hiányának kinyilvánított formája. <<<(((megfelel-e más szóval a kontrollnak, ellenőrzésnek? -FÁ)))>>> Sokféle motivációja és változata lehetséges. A filozófia kialakulásában szerepet játszó változat fontosabb jellegzetességeit megpróbáljuk felidézni.

Ilyenféle kritikai viszonyt létesíthetünk mindenekelőtt az egyes érzékszervek által szolgáltatott érzéki adatok egymásra vonatkoztatásával, összehasonlításával és összekapcsolásával, amely folyamatokban az érzéki tapasztalatok mellett a fogalmi gondolkodás, az észhasználat is döntő jelentőségre tehet szert. A “kritikai viszony” ebben az értelemben azt jelenti, hogy egyik tapasztalatunk kétségbe vonja, megingatja, korlátozza vagy befolyásolja más tapasztalatok érvényességét, valódiságát, ill. jelentőségét. így például egy vizsgált objektumra vonatkozó eltérő természetű érzéki tapasztalataink összevetése során megfigyelhetünk alapvetően különböző, sőt gyakran egymásnak ellentmondó adatokat is (pl. egy félig vízbe mártott egyenes bot látványa és tapintása), s állást kell foglalnunk, hogy vajon az eltérő, s esetleg még egymásnak ellent is mondó tulajdonságok (példánkban a bot egyenessége, ill. megtört volta) valójában ugyanahhoz az egyetlen objektumhoz tartoznak-e, s ha igen, hogyan lehetséges mindez? Az eltérő természetű érzéki adatok közvetlen érzéki összevetése nyilvánvalóan nagyon bizonytalan eredményekre vezethet csak, Hiszen pl. olyan állásfoglalást követel meg, hogy melyik érzékszervünk a megbízhatóbb, alapvetőbb, jobb, hitelesebb stb. Mindazonáltal ilyen összehasonlításokkal gyakran találkozunk a görög filozófusok (pl. Hérakleitosz, Démokritosz) írásaiban. Arisztotelész pl. a tapintás elsődleges volta mellett érvel.

Az érzéki adatok alapvetően másfajta összehasonlítását teszi lehetővé azonban, ha nem közvetlen formában vetjük össze, mondjuk, a tapintás és a látás ingereit, hanem közvetett formában tesszük meg ezt, igénybe véve valamiféle “közvetítőt”, valamilyen közös “nyelvet”, egy - ebből a szempontból - semleges közeg segítségét.

Efféle közvetítő szerepet játszhatnak valamilyen, az ember és a vizsgált tárgy közé iktatott materiális (pl. használati és mérőeszközök) és **fogalmi eszközök** (pl. tapasztalatainknak nyelvi, fogalmi formában való, elvontfogalmak segítségével véghezvitt azonosítása, megnevezése is).

Vegyük figyelembe, hogy az elvont gondolkodás és fogalomhasználat szemléletmódja eleve kritikai jellegű, Hiszen az elvonatkoztatás folyamatában az érzéki valóság legtöbb elemét figyelmen kívül hagyjuk, csak néhány valóságelemet emelünk ki és veszünk figyelembe tapasztalataink fogalmi megjelenítése során.

Sőt, mi több, akár arra az álláspontra is helyezkedhetünk, hogy az érzéki valóság egyáltalán nem szükséges feltétele gondolkodásunknak; ezzel a vélekedéssel nyilván az egész érzéki világ létét, ill. számunkra való jelentőségét kétségbe vonjuk. <<<(((adott kérdéskört tekintve -FÁ)))>>> Vagyis: **csakis a valóság valamiféle kritikus szemlélete teszi lehetővé a fogalmi gondolkodást**; <<<(((ez olyan az emberi lét alapjairól való észrevétel, mint amikor a görögök a politikát az emberi lét teljességi feltételeként definiálták -FÁ)))>>>

… azt is mondhatnánk, hogy a gondolkodás előfeltétele az ember világhoz való viszonyának olyan megváltozása, amelynek során képessé válik az összehasonlításon alapuló szelekcióra, a valóságélmény jelentős részének, vagy akár az egész valóságnak a semmibevételére, elhanyagolására, vagyis egyfajta kritikai szemléletmód alkalmazására.

(Mindez persze még egyáltalán nem biztosítja a gondolkodás helyességét.) Ezeknek a problémáknak a felvetése és megvitatása volt az eleai filozófiai iskola gondolkodóinak fő törekvése. Parmenidész hallatlan jelentőségű álláspontja szerint **csakis az ellentmondásmentes fogalmakkal jellemzett és a helyes (véleménye szerint az ellentmondásmentes) gondolkodás révén leírható dolgok a valóban létezők, minden egyéb csupán látszat**. <<<(((nem a külső valóságot nevezte látszatnak, hanem az arról alkotott képről mondta, hogy a gondolkodásunkban **számunkra valóban létező, értelmezhető** akkor lehet, ha …. -FÁ)))>>>

Lényegében ezeken az eszméken alapul Platón jól kidolgozott idealista filozófiai rendszere is.

<<<(((a szocialista realista művészet olyan szemléleti kiherélés volt, ami előkészítette a mai fejetlenséget, beleértve az abszurdan materialista tény-huszárkodást. -FÁ)))>>>

A materiális eszközhasználat során valamiféle “gyakorlati kritikai” eljárás folyhat, a nyelvi, fogalmi “eszközök” használata pedig inkább “elméleti kritikai” eljárásra használható.

* A “gyakorlati kritika” eljárásait később a gyakorlatiasabb, elsősorban a megfigyelésekre és kísérletekre koncentráló empirista orientációjú tudományok fejlesztik majd tovább,
* a görög világban azonban inkább az “elméleti kritika” módszereinek kidolgozása zajlott, ami egy elméleti orientációjú tudomány kidolgozásához vezetett.

Fontos az is, hogy az “elméleti kritikai” szemléletmód tapasztalataink megnevezése, kinyilvánítása, megvitatása és megvédése révén közösségi jellegűvé válhat - ez a görögöknél meg is történt - s ezáltal hatékonysága megsokszorozódhat, ami a kritikailag értékelt ismeretek gyors fejlődését eredményezheti. Ez a fejlemény azt is lehetővé teszi, hogy az ismeretszerzés folyamatában az egyes egyének, ill. elszigetelt társadalmi csoportok sajátos tapasztalatai és gondolkodásmódja következtében előálló tévesztéseket, hibákat, esetlegességeket, szükségszerűen fennálló szubjektív vonásokat könnyebben észre lehet venni s ki lehet küszöbölni. Az eredmény egy objektívebb, a konkrét emberi korlátoktól függetlenebb ismeretrendszer lesz, ami nyilvánvalóan hívebb leírását nyújtja az embertől független világnál-;.

Mindezeket a görög világban alapvetően az tette lehetővé, elfogadottá és elterjedtté, hogy az antik görög társadalmakban a tudás nyilvános, “világi” jelleget öltött. Korábban a folyam menti kultúrák társadalmaiban a tudás előállítása, megőrzése és fejlesztése egy meglehetősen szűk, a társadalom többi részétől elszigetelt kiváltságos réteg (papság, írástudók) feladata volt. A tudás ezeknek a zárt közösségeknek titkos tudásaként konzerválódott és működött évszázadokon át. A görög társadalom eltérő szerveződése azonban azt eredményezte, hogy a tudás a társadalom széles rétegei számára elérhető, megvitatható és hasznosítható lett. <<<(((a jelentősebb filozófusok mindazonáltal az elit tagjai voltak -FÁ)))>>> A tudás publikus jellege és az “ész nyilvános használata” a tudással kapcsolatos módszerek, az elért eredmények és a kitűzhető célok vonatkozásában is látványos fejlődést eredményezett.

Az ész nyilvános és általános használata következtében a korabeli filozófusok számára a gondolkodás minden szóba jöhető kérdésben alkalmazhatónak tűnt. A kritikai szemléletmód univerzális alkalmazhatósága következtében észrevehetővé váltak az adott közösség általánosan elfogadott és önkéntelenül követett tradícióinak világfelfogásukat meghatározó vonásai és korlátái.

Kritikusan viszonyulni az egész világlátásunkat meghatározó, a hagyományok erejével ránk nehezedő nézetrendszerhez: ezt aligha tekinthetjük könnyű feladatnak. A görög kultúrában mindez egy igen összetett fejlődési folyamat következményeként alakulhatott ki. A filozófia kialakulása előtt uralkodó mitologikus világfelfogást ugyanis éppen az jellemzi, hogy a közösség tagjai kritikátlanul és a lehető legnagyobb mértékben azonosulni szeretnének a közösségre jellemző tradíciókkal, hiszen éppen az azonosulás, az adott hagyomány vállalása és követése avatja az egyedeket a közösség tagjaivá. A görög társadalmi fejlődés következtében azonban kialakulnak a közösségtől független életre is képes egyén létrejöttének feltételei. Egyénekké azok válnak, akik valamilyen okok miatt (pl. kereskedelmi tevékenységet folytatván) kikerülnek a közösségi tradícióknak az életet minden részletében meghatározó hatásai alól, és részben, ill. valamilyen mértékben független életet élnek. Így kiszabadulva a szemléletüket korlátozó tradicionális értékrendek keretei közül, az egyéniség kifejlődésének folyamatával párhuzamosan az adott tradíciókat kritikusan szemlélő világfelfogások tartós képviselete is lehetővé válik. <<<(((érdekes lesz, hogy mit mond majd, amikor az egyéniségre nevelés válik intézményessé?! Az volt a „megváltás” kulcsa. -FÁ)))>>> Az egyén közösségtől való függetlensége eleve a közösséghez való tartozás kizárólagosságának, a közösségben feltétlenül érvényesülő hagyományoknak a kétségbevonása, ami nyilvánvalóan megjelenhet a gondolkodásban is. Ezen az alapon érthetőnek tűnnek az athénieknek a “filozófia elleni vétkei”, például vádaskodásuk Szókratész ellenében. Szókratész kétségtelenül kritikusan viszonyult számos athéni tradícióhoz - ha nem is feltétlenül azokhoz, amikkel kapcsolatban megvádolták - amit nyilvánvalóan az tett számára lehetővé, hogy életformájának alakításában radikálisan szakított az Athénben megszokottal. Az életvitelében és kifinomult ironikus gondolkodásmódjában egyaránt megnyilvánuló kritikai attitűdöt a jó athéniek jó okkal tartották tradicionális értékeikre nézve veszélyesnek.

Valószínűleg a fentebb említett okai voltak annak, hogy a görög filozófusok a korabeli mitologikus hagyományok ellenében sikeresen próbálkozhattak a világfelfogás észhasználatra alapozott változatainak megfogalmazásaival. Törekvéseik abból a szempontból is lényeges változást jelentettek, hogy míg a mítoszok világképével való azonosulás inkább az emberek érzelmi adottságait hasznosította és vette igénybe, addig a filozófia - a bölcsesség szeretete - inkább az értelemre hagyatkozott. A mítoszokban is előfordultak persze különféle tudáselemek, de ezeket nem az ész számára kezelhető elvont fogalmak közötti viszonyok hordozták, hanem jobbára megszemélyesített törekvések és erők (pl. különféle istenségek) működésével, ill. küzdelmeivel voltak kapcsolatban. Emiatt a mítoszok szemléletmódját szokás antropomorfnak nevezni, ami egyúttal azt is jelenti, hogy a filozófusok által előnyben részesített elvont fogalmi gondolkodás - kritikusan eltávolodva a mítoszok gyakorlatától és szakítva a megszemélyesítő eljárással - inkább dezantropomorf jellegű. Talán jól illusztrálja ezt a különbséget Anaxagorasz felfogása, amely szerint a Nap nem valamiféle öntörvényű istenség, hanem “izzó kő, amelyet az aithér körforgása hordoz körül”.6

6Kirk, G. S., Raven, J. E., Schofield, M.:,4 preszókratikus filozófusok (Atlantisz, Budapest, 1998) 541. o.

Korábban azt mondtuk, hogy a kritika a bizonyosság hiányának kinyilvánítása. Miután felidéztük a kritikai attitűd antik formáinak néhány fontosabb jellemzőjét, felvetődhet a kérdés, hogy vajon milyen lényegesebb következményei lehetnek a kritikai szemléletmód mindenre kiterjedő, következetes alkalmazásának? Vajon nem veszítünk-e el minden lehetséges támpontot, és nem válik-e egész világfelfogásunk alapjaiban bizonytalanná? <<<(((bizony, az érzelmek, a lelki egyensúly, közérzet nem feltétlen kritikai attitűd függvénye, sokszor csak áttételes metaforákkal lehet kommunikálni sejtett hangulatokat, misztikus megérzéseket, alapállásokat. A fogalmakhoz, szavakhoz nem csak racionálisan elemezhető értelem kapcsolható, hanem érzések, hangulatok is, amelyek esetében a kritikai alapállásnak kevésbé van helye. -FÁ)))>>> A bizonytalanságtól való félelem sokakat visszatart a következetesen alkalmazott kritikai szemléletmód követésétől, és a filozófia, illetve a tudományok kínálta bizonytalanságokkal és intellektuális megpróbáltatásokkal fenyegető világértelmezés helyett szívesebben választják a bizonyossághoz vezető közvetlen utakat, a különféle vallások tradicionális világfelfogását, ill. misztikus ideológiák tanításait. Ámde a gondolkodás története arról tanúskodik, hogy a kritikai szemléletmód módszeres alkalmazásától is remélhetünk egyfajta bizonyosságot. A kritikai szemléletmód alkalmazása révén a bizonyosság különféle változatait és mértékeit rendelhetjük hozzá egyes ismereteinkhez, s ilyenformán egy - ebből a szempontból - összetett, de érthető világ képét állíthatjuk magunk elé. Világos és fontos különbségeket vehetünk észre: egyes ismereteink szükségszerű igazságokat hordoznak, míg mások esetlegesekét, egyik összefüggés szükségszerűen, állandóan és minden létező esetében érvényes, míg a másik csakis időlegesen, egyedi esetekben és véletlenszerűen fordul elő, és így tovább.

A bizonyosság eltérő fajtáinak és mértékeinek a megkülönböztetése, az emberi tudás természetének vizsgálata fontos része az antik görög bölcselők gondolatvilágának. Ebben a vonatkozásban legfontosabb fejleményként már a kezdeteknél felmerül az ismeretek bizonyításának igénye. **Bizonyítások** segítségével, pusztán gondolati úton szükségszerűen érvényes ismeretekhez juthatunk. A gondolkodás következményei gondolati igazságok, amelyek azonban bizonyos feltételek teljesülése esetében akár az érzéki valóságra is érvényesek lehetnek. Ennek a lehetőségnek a hasznosítása rendkívül fontos az ember számára, hiszen lehetővé teszi az előrelátást, egyes folyamatok, események előrejelzését, mesterséges, a természetben megfigyelhetetlen eljárások és eszközök előállítását.

A tudás a görög kultúrában tehát két szerepet is betöltött.

* Egyrészt a filozófiai világképben összefoglalva a valóság megértését szolgálta, vagyis ésszerű magyarázatot nyújtott a világban megfigyelhető jelenségekkel kapcsolatban.
* Másrészt erre a megértésre alapozva racionális jóslatokra is vállalkozhatott, mindenekelőtt a természeti és társadalmi jelenségek körében (pl. az égbolt, az időjárás eseményei, erkölcsi és politikai problémák esetében), de alkalmanként technológiai és technikai kérdésekben is. így eléggé érthető, hogy sok gondolkodót foglalkoztatott a bizonyítások során alkalmazható módszerek, az elfogadható és érvényes gondolatmenetek problémája.

A helyes gondolkodás törvényszerűségeit tanulmányozó logika Parmenidész és Zénón, számos szofista bölcselő, Platón és Arisztotelész - sokszor egymásnak is ellenszegülő - törekvései következtében indult fejlődésnek.

A görög filozófiában létrejött tudományos módszer jellegzetességei tehát:

* az elvonatkoztatás fontosságának felismerése,
* az észhasználaton alapuló fogalmi gondolkodás előtérbe kerülése,
* a kritikai szemléletmód mindenre kiterjedő alkalmazása, és
* a megszerezhető tudás helyességének bizonyítása.

#### B. Az antik tudományos gondolkodásmód változatai

A tudományos módszer fent említett jellegzetességei egyes gondolkodók esetében persze különféle formát öltöttek, különböző konkrét kombinációkban fordultak elő. Kétségtelen ugyan, hogy a görög kultúrában - évszázadokon keresztül - univerzális ismeretrendszerként az i. e. VII. században kialakuló és antik története során gyorsan fejlődő filozófia gyűjtötte össze az összes korabeli ismeretet. De az is nyilvánvaló, hogy az ismeretek összességéből kiépülő filozófiák változatai - világnézeti jellegüknek megfelelően - a rendelkezésre álló ismeretek halmazából különféle értékrendeket, ideológiákat követve eltérő rendszereket állítottak elő. A filozófia eme plurális jellege miatt a rendelkezésre álló ismerethalmazból összeállított különböző tudásrendszerek némileg eltérő vonásokat mutattak, sőt gyakran ellentétes alapelveket követtek és különböző eljárásmódokat részesítettek előnyben.

Így például lényeges különbségeket találunk, ha összehasonlítjuk a megfigyelések, tapasztalatok és az elméleti alapelvek viszonyának eltérő felfogásait a különféle filozófiai rendszerekben. Ebben a vonatkozásban a görög filozófiában három alapvetően különböző megközelítéssel is találkozhatunk:

1. a korai ión filozófia és az atomisták álláspontjával,
2. az eleaiak, a püthagoreusok, ill. a platonizmus felfogásával, valamint
3. az arisztotelianizmus nézőpontjával.
4. Az i. e. VII-VI. századi ión filozófia képviselői, Thalész, Anaximandrosz, Anaximenész, valamint Empedoklész és az atomista Démokritosz is elsősorban megfigyelésekre és az így szerzett érzéki tapasztalatokra alapozta világmagyárazó elveit. Náluk az alapelvek érzéki-anyagi jellegűek (víz, apeiron, levegő, tűz, föld, atom), amelyek valóságossága és hasznossága mellett elsősorban közvetlen érzéki élményeink tanúskodnak. Ők “naivan” hittek a megfigyelésekben, tapasztalatokban, számukra az igazságok mindenekelőtt nyilvánvaló tapasztalati tényekben öltöttek testet. Világunk megismeréséhez mindenekelőtt a tapasztalatok gyűjtése, összevetése, elemzése és összegzése vezet. Jellemző Anaximenész egyik megfigyelése, mely szerint:

“... az ember meleget is, hideget is lehel ki a száján. A lehelet ugyanis, ha az ajkak összeszorítják és sűrítik, kihűl, ha azonban a száj nyitva marad, a kiáradó lehelet a ritkulás következtében meleg”7.

7Görög gondolkodók 1 (Kossuth, Budapest, 1996) 30. old.

Megfigyelésével teljesen összhangban van világmagyarázatának alapgondolata: a világ alapelve (az arkhé) a levegő, amiből sűrűsödés és ritkulás révén állnak elő a különféle természetű létezők. Az ión filozófusok **az anyagi-érzéki alapelvek elsődlegességére** alapozva sikeresen kritizálhatták a mítoszok számos képzelt lénye és képzelt ténye valóságosságát, de pl. a dolgok tulajdonságai (nagyság, súly, íz, szín stb.) s kevés érzéki tartalommal rendelkező elvont létezők (lélek, jó stb.) magyarázatai során már nehezebben boldogultak. Ilyen problémákkal küszködik pl. Démokritosz világmagyarázata is. <<<(((pedig milyen jó ez az Anaximenész idézet a tény-centrikusoknak, szocialista realistáknak stb-stb. De ne az élcelődés legyen a vonal, mennyivel jobb a higgadt áttekintés. -FÁ)))>>>

2. Teljesen más felfogást képviselt filozófusok egy másik csoportja: az eleai Parmenidész és Zénón, a püthegoreusok és Platón. Az eleai filozófusok tapasztalataink esetlegességét és bizonytalanságát hangsúlyozván a kétségtelen igazság felkutatását kizárólag a gondolkodás feladatának tartották. Az egyetlen, örök, változatlan lényeg az érzékek számára elérhetetlen marad. Ahogyan Parmenidész mondja: “... mert ugyanaz a gondolkodás és a létezés”8.

8Görög gondolkodók 1 (Kossuth, Budapest, 1996) 85. old.

De nem akármiféle gondolkodás, hanem csakis az ellentmondásokat nem tartalmazó gondolkodás szolgálhat a világra, a létezőre vonatkozó biztos tudásunk alapjaként. Nem a tapasztalat, hanem a helyes gondolkodás dönt a létezés - nemlétezés kérdéseiben is: **csakis az létezik, ami ellentmondásokat nem tartalmazó fogalmakkal leírható, ellentmondásmentes gondolkodással megérthető.**  <<<(((Gödeltől tudjuk, hogy ez csak egy eszményi, megközelíthető cél lehet -FÁ)))>>> Alapelveik következetes alkalmazásával nemlétezőnek nyilvánítják a mindennapokban kétségtelenül létezőnek tekintett mozgásokat és sokféleséget is. <<<(((mert nem azt keresték -FÁ)))>>> A valóság örök és változatlan lényegének keresésében fontos szerepet játszott a püthagoreusok tanítása: a létezők lényege, alapelve a szám. <<<(((illetve a matematikában mint egyik de nem kizárólagosan lehetséges ilyen területen olyan szép eredményekre már az ő korukban jutó lényegkereső absztrakció -FÁ)))>>> Ennek az alapelvnek az elfogadásából következik a mennyiségi viszonyok rendszeres és következetes tanulmányozásának igénye. Az ilyenfajta vizsgálódások a világban tapasztalható relációk, aranyok, összefüggések, harmóniák és diszharmóniák kimutatásával elsősorban a **valóság szerkezetének** tanulmányozásában eredményesek.

Platón ismeretelméletében sajátos módon kombinálta s fejlesztette tovább az eleaiak és a püthagoreusok tanításait. Az ő álláspontja szerint a változékony és romlékony anyagi-érzéki valóság nem érthető meg önmagában, hiszen az érzéki világ csak lenyomata, tökéletlen másolata az ideák örök, változatlan és tökéletes világának. Pusztán az érzéki tapasztalatok alapján nem juthatunk végérvényes igazságokhoz, tapasztalatainkra legfeljebb véleményeket alapozhatunk, amelyek bizonyossága kétséges. Kétségtelenül igaz ismeretekhez az ideákkal való közvetlen megismerkedésünk vezethet, ami sajátos lelki tevékenységgel érhető el. Az ember lelke az ideákkal rokon természetű lévén (másként mondva: az ideák nem anyagi, hanem eszmei természetű létezők), közvetlenül is kapcsolatba léphet ideákkal, s erre a tudásra ráeszmélve, “visszaemlékezve” örök, érvényes, biztos tudáshoz juthatunk. Ez a tudás persze az ideákra vonatkozik, vagyis az érzéki dolgoktól függetlennek tekinthető “igazi” valóságról szól. Mindazonáltal - az ideák elsődleges, az anyagi létezőket meghatározó természete miatt - tartalmazza a dolgok leglényegesebbnek gondolt, sajátos természetüktől elválaszthatatlannak tűnő összetevőit, tulajdonságait és meghatározottságait, azokat, amelyek a kérdéses dolog minden konkrét, egyes, az anyagi-érzéki valóságban megjelenő példányában szükségszerűen előfordulnak. Így tehát az ideák megismerése végső soron az anyagi valóság általános, lényegi és szükségszerű vonásainak a megismeréséhez is vezethet. <<<(((deduktív axiomatikát inputként használó induktív axiomatika ………. -FÁ)))>>> Azt is mondhatnánk, hogy a platóni tanítások a püthagoreus törekvésekhez hasonlóan nagyon hasznosak a valóság szerkezetének kutatásában, de hatékonyabbak azoknál, mivel **nem pusztán a mennyiségi viszonyokra fordítanak figyelmet, hanem a dolgok közötti minőségi különbségeket is hangsúlyozzák és tanulmányozzák**. Az eleai filozófia, a püthagoreusok gondolatvilága és Platón ismeretelmélete - mint majd látni fogjuk - alapvető hatást gyakorolt a görög matematika és csillagászat kialakulására és fejlődésére. Ugyanakkor azt is megfigyelhetjük, hogy ebben a gondolatkörben maradva az elvont, általános, lényegi összefüggések időtlen világa és az érzéki tapasztalatok konkrét, egyedi, esetlegességekkel terhelt elemei közötti kapcsolat gyakran kezelhetetlen.

3. Arisztotelész ismeretelméleti elvei képviselnek egy harmadik - mind az ión, mind az eleai szemléletmódhoz képest új, egyúttal sokkal kidolgozottabb és hatékonyabb - alternatívát. Arisztotelész is nélkülözhetetlennek tartja az ión filozófusok (s mások, pl. egyes orvosi iskolák) által előnyben részesített módszert, az érzéki tapasztalatok felhasználását a megismerés folyamatában, és elutasítja Platón álláspontját, amely szerint a tapasztalatból csak vélekedés származhat. Arisztotelész megmutatja, hogy amennyiben helyesen alkalmazzuk a megismerés szabályait, akkor igazságokhoz is juthatunk. <<<(((a megismerés szabályaira pedig egy fogalmi sablont alkotott. -FÁ)))>>>

Arisztotelész ismeretelmélete mindenféle tudás természetét és megszerzésének módszerét elemzi.9 “Metafizika” és “Második Analitika” című munkáiban részletesen foglalkozik a tudományos megismerés sajátosságaival is. Leírja a megismerés induktív és deduktív szakaszait, formáit és kapcsolatukat is jellemzi.

9Ezeket a nézeteit főként az “Organon” címmel összegyűjtött írásai alapján ismerhetjük meg, pl. a következő kiadást forgatva: Aristotelés: Organon (Akadémiai, Budapest, 1979). Hasznos és érdekes összefoglalást nyújt D. Ross: Arisztotelész (Osiris, Budapest 1996) c. könyvének Logika fejezetében.

**A tudomány első princípiumai[[1]](#footnote-1)** <<<(((ezek nem időben első elvek, hanem a konstrukcióban betöltött szerepük miatt nevezhetők és kezelhetők első elvekként -FÁ)))>>>

* (az axiómák, hipotézisek és definíciók), amelyek egész építményének alapját képezik, nem szorulnak bizonyításra, ezekhez az észlelt jelenségek megfelelő elemzése révén, ill. valamilyen sajátos indukciós logika segítségével, de végül is tulajdonképpen közvetlen belátással juthatunk.
* A princípiumokból kikövetkeztethető igazságok megtalálásának módszere a **szillogizmusok**ra vonatkozó tanítása. Ez a helyes következtetési szabályokat tartalmazza. Alkalmazásukkal bizonyított tudásra tehetünk szert, ami csakis szükségszerűen igaz állításokat tartalmazhat.

<<<(((és a kettő együtt az axiomatika tárgya, módszere -FÁ)))>>>

A tudományos vizsgálódás tárgyaként Arisztotelész a következőket jelöli meg:

“(1) a dolog nevének jelentése,

(2) hogy az illető dolog létezik,

(3) mi az illető dolog,

(4) hogy vannak bizonyos tulajdonságai,

(5) miért ezek a tulajdonságai “10

10L. Ross fentebb idézett könyve, 61. old.

Ha nézeteit összevetjük a korábban említett filozófusok törekvéseivel, szembetűnő Arisztotelész ambícióinak **szisztematikussága és komplexitása**. Ugyanakkor megfigyelhetjük azt is, hogy Arisztotelészt elsősorban a dolgok minőségi meghatározottságai foglalkoztatják, s kevés figyelmet fordít a mennyiségi összefüggésekre. Ez azzal a következménnyel jár, hogy nála (s lényegében az összes többi antik gondolkodónál is) a tudományok nem kvantitatív orientációjúak. Így a tapasztalatgyűjtés inkább a jelenségek alapos megfigyelése révén és nem kvantitatív kísérleteket végezve zajlik, s az elméleti összegzésben sem a matematika dominál. <<<(((majd kétezer évvel későbbi képességet, beállítódást kér számon rajta … amelynek éppen Arisztotelesz volt az előfeltétele! -FÁ)))>>> (A tudományok kvantitatív érzékenysége a XVI-XVII. század során fejlődik ki, amikor a passzív megfigyelés helyett inkább az aktív kísérletezést művelik majd, s a matematika válik a természettudomány nyelvévé.) <<<(((de a matematika az arisztoteleszi axiomatikán alapszik. -FÁ)))>>>

Alapvető szerepet tulajdonít viszont **az okok ismeretének**. Oksági elméletében mindennek négyféle (anyagi, formai, ható és cél) okát különbözteti meg. Az okok és okozatok összefüggő rendszerének felderítésével érthető meg rendezett, strukturált, de változékony világunk. <<<(((nem tér ki az ok és a végső ok műfaji különbözőségére, valamint az elégséges okot sem említi … vajon később? -FÁ)))>>>

### 4. A görög gondolkodás- és tudománytörténet korszakolása

#### A. A görög gondolkodás- és tudománytörténet fő korszakai

A tágabb értelemben vett görög tudomány történetét három nagy korszakra oszthatjuk föl:

* a klasszikus görögség korszakára, mely a kisázsiai és dél-itáliai filozófusok megjelenésétől egészen Arisztotelészig terjed;
* a hellenisztikus korra, melyet Nagy Sándor birodalmának utódállamai fémjeleznek; s
* a római korszakra, hiszen a Római Birodalom is a görög-antik világ örököse.

Mivel a természettudomány vonatkozásában ez az utóbbi korszak lényegében csak a megőrzés és a továbbhagyományozódás funkcióját látta el, a természettudományok története szempontjából - szemben a jogtudományok történetével - a másik kettőhöz képest jóval kisebb jelentőségű.

Maga a klasszikus korszak a filozófia kialakulásával együtt egyben a filozófiához szorosan kapcsolódó, s általa dominált természettudomány megszületésének időszaka is, míg a hellenisztikus korszak a filozófiai motivációit továbbra is megőrző, ám a filozófiával szemben mindinkább önállósuló, immáron “szaktudománnyá ” váló természettudományos diszciplínák nagy beérésének időszaka, s mint ilyen, a klasszikus korszak természettudományos fejlődésének a betetőzése.

A klasszikus korszak gondolkodástörténeti szempontból legjellegzetesebb fölosztásaként a filozófiatörténetben szokásos a Szókratész előtti és a Szókratész utáni korszak megkülönböztetése. Mivel kezdetben a természettudományos és matematikai kérdésföltevések, valamint az ezekre adott válaszok részben a filozófiába ágyazva, részben hozzá szorosan kapcsolódva születtek meg, e fölosztás jogosult a természettudomány - és a matematika - területén is.

Milyen vonások alapján különböztethetjük meg egymástól a Szókratész előtti és a Szókratész utáni filozófiát és természettudományt?

E korszakok filozófiatörténeti szembeállítása két mozzanaton alapul. Az egyik a filozófiai érdeklődés tárgyának megváltozása. Míg az első görög filozófusok “fizikusok” - azaz akkori görög értelmében használva ezt a szót, természetbölcselők - voltak, s csak követőik révén, később kapták a “filozófus” elnevezést, Szókratész és az őt követő bölcselők érdeklődése az ember és közössége, a polisz felé fordul (Szókratész., Platón, Arisztotelész). Ez a fordulat minden bizonnyal számos tényezővel függött össze, ám az egyik meghatározó tényező ezek közül mindenképpen a görög társadalmi viszonyok, a görög élet megváltozása volt. A természetbölcselők a görög poliszok fölfelé ívelő, gazdaságilag és kulturálisan expanzív időszakában működtek, alkotásaik a világ felé magabiztosan és optimizmussal forduló ember alkotásai. A Szókratész utáni időszakot viszont már az ókori görög demokrácia, az ókori görög polisz - s elsősorban a centrumot jelentő Athén - válsága jellemzi: a legendás harmóniájában már sérült, ám az azt még ismerő, reá még emlékező, s azt helyreállítani vagy újból meglelni igyekvő görög ember korszaka ez.

A másik fontos jellemző, melynek alapján a Szókratész előtti és utáni filozófiát meg szokták különböztetni egymástól, a világkép antropomorf jellegével kapcsolatos.

* Bár a korai természetbölcselőknél is jelen vannak kifinomult antropomorf mozzanatok, ők ennek ellenére a személytelen, a tudatos, akaratlagos célirányultságot nélkülöző kozmikus elvek és folyamatok (aperion, levegő, hideg-meleg, sűrűsödés-ritkulás stb., az elvont, személytelen gyűlölet és szeretet, mint kozmikus elv) által uralt - s ebben az érelemben „vak” - kozmosz monista eszméjének jegyében értelmezték a világot.
* A második időszak gondolkodói megtörték ezt a tendenciát, s filozófiájukban a racionális elemek megőrzésével egyidejűleg határozott szerepet kapnak az antropomorf elemek. Ennek nyomán a Szókratész utáni gondolkodókat illetően a világ újramitizálásáról szoktak beszélni.11 <<<(((Elég csalóka felvezetés, ugyanis eljutottak az ember önreflexiójának képességére a filozófiában. Ez nem újramitizálás. -FÁ)))>>>

11Markánsan képviseli ezt az álláspontot pl. John D. Bemal: Tudomány és történelem című művében. Vö.: 121-134. o. (Gondolat, Budapest, 1963)

Ezt a szembeállítást azonban szerintünk, nem szabad eltúlozni. Leegyszerűsített kép volna a két nagy Szókratész utáni filozófus-személyiség, Platón és Arisztotelész természetképét egyoldalúan a természet újramitizálásával jellemezni. Az azonban vitathatatlan, hogy Platónnál és Arisztotelésznél elsődlegesek a kifejezetten célirányúlt tényezők, és a világtól elkülönül a kozmoszt uraló személyes jellegű - tisztán szellemi természetű - kozmikus értelem (az Istenség mint a világ alkotója vagy mint a mozdulatlan mozgató). <<<(((és a végső ok elnevezés mikori a világ alkotójára, mozdulatlan mozgatójára? -FÁ)))>>>

E fordulatban - hasonlóképpen, mint abban, hogy Szókratész után a görög filozófia az ember felé fordul - ugyancsak szerepet játszott a társadalom közérzetének az a megváltozása, melyet az imént “a görög harmónia megsérülése”- ként jellemeztünk. A harmónia utáni vágynak és az újbóli meglelésére irányuló törekvésnek szerves része a kozmosz harmonikus voltába vetett meggyőződés, mely harmónia - különösen Platónnál - szemben áll a zavaros társadalmi viszonyokkal, s mintaszerű keretül szolgál az ember számára, melyen belül az emberi világ disszonáns szigetként tűnik föl. A személyes értelmet csak a személytelen kozmikus elveknek alárendelten és általuk létrehozottan magában foglaló kozmoszt pedig sokkal nehezebb racionálisként és harmonikusként megérteni, mint a kozmikus értelem által uraltat.

S e tekintetben igaz az újramitizálás is: a kozmikus értelem, illetve a célszerűen alkotó teremtő mintájául valóban a mitikus kozmológiák istenségei szolgálnak. **Platón teremtője** és **Arisztotelész első mozgatója** mint kozmikus értelem e régi mítoszok istenségeinek funkcióját veszi át, s ennyiben esetükben valóban a kozmosz újramitizálásáról beszélhetünk. Csakhogy ettől még e kozmológiák filozófiai kozmológiák maradnak, s nem válnak mitológiákká. Sőt, éppen ellenkezőleg: Platón és Arisztotelész kozmosza a racionálisan fölépülő világmindenség ideájának kiteljesedése, melyhez képest Anaximenész világot kormányzó „levegőjé”-t vagy Hérakleitosz tüzét és sejtelmes, homályos „logoszá”-t érezzük közelebbieknek a mítoszokhoz.

Véleményünk szerint azonban a Szókratész előtti és a Szókratész utáni filozófia különbözőségének előbb említett történelmi-kultúrtörténeti hátterén túl - azaz a “megsérült harmónia” helyreállítása utáni vágyon túl, mely az arisztokrácia esetében a nép, a „démosz” uralmától való félelmet is magában foglalta - mélyebb szellemi és antropológiai tényezők is szerepet játszottak e filozófiai fordulatban. A személytelen, vak kozmosz ideájának visszahatásaként előbb vagy utóbb szükségképpen - most már racionális, filozófiai formában - újból meg kellett jelennie a személyes értelem és a célirányultság által dominált kozmosz eszméjének is. Mert ha a személytelen elvek és a célokságot nélkülöző örök törvények szerint működő öntevékeny kozmosz ideája a világot átláthatóan, megérthetően, s talán megnyugtató módon is rajzolhatja ki elénk, mindezzel együtt legvégső kérdéseink, legalapvetőbb kozmológiai motivációink szempontjából mégsem old meg semmit: mindig marad benne valami titokzatos, valami nyugtalanító. Wittgenstein kifejező szavaival: “Nem az a misztikum, hogy milyen a világ, hanem az hogy van”12 Minél régebben uralkodik a személytelen kozmosz ezen ideája, annál nyilvánvalóbbá válik e nyugtalanító mozzanat, hogy azután előtérbe kerüljön a személyes jellegű kozmikus értelem által dominált kozmosz képe, mely elismeri ezt az eredendő misztikumot, s nem próbálja azt látszólag mindenre kiterjedő magyarázataival eltüntetni.

12Logikai-filozófiai értekezés 6.44

A világ most tárgyalt misztikus mozzanata látszatra az emberen kívüli realitás tulajdonsága, valójában azonban azon antropológiai sajátosságunk következménye, melyet a bevezetésben az ember véges-végtelen természeteként jelöltünk meg. Az ember, amikor kozmológiát alkot, a végtelenhez viszonyul, s ezzel túllép alapvető végességén. Végessége azonban továbbra is megmarad meghatározó tulajdonságaként, így a vele szembenálló s a “hozzá képest végtelen”-t megtestesítő kozmikus rend sosem válhat számára valóban érthetővé és átláthatóvá. Még ha természettudományos értelemben mindent tudnánk is róla, ha a tudomány teljesen és hiánytalanul elénk rajzolná is a kozmoszt, s benne mindent kiszámíthatóvá tenne, véges természetünkből következőleg mindig maradna abban valami titokzatos. Így például azt a kérdést, hogy miért pont azok a törvények szerint épül föl, melyeket a fizika föltár számunkra, vagy hogy miért működnek benne egyáltalában törvények, továbbra sem tudnánk megmagyarázni valamely kozmikus értelem föltételezése nélkül. S bár az ilyen értelem segítségével az evilági törvények magyarázatot nyerhetnek, a világ létezésével kapcsolatos eredendő titok ekkor sem fog eltűnni a számunkra, hiszen a titok ehhez a misztikus kozmikus értelemhez fog kapcsolódni.

Magunkban hordozzuk a végtelent, ezért van kozmológiánk, ezért törekszünk a világmindenség megértésére, ám természetünk alapvetően mégiscsak véges, s így a kozmosz örökre titokzatos marad a számunkra. S ezért a gondolkodástörténeti oszcilláció az értelmes és a vak kozmosz egymással ellentétes eszméje között.

#### B. A tudományos szakterületek kialakulása

Arisztotelész, a Szókratész utáni korszak nagy filozófusa, különbséget tesz elméleti, gyakorlati és produktív tudományok között. Mindegyik változat a tudásra törekszik, de míg

* az elméleti tudomány magának a tudásnak a kedvéért teszi ezt, addig
* a gyakorlati tudományoknak a politikai életben való hasznosulás a célja,
* a produktív tudományok pedig hasznos és szép dolgok előállításában segítenek.

Elméleti tudomány a teológia (vagy metafizika - ma inkább filozófiának mondanánk), a fizika (vagy természetfilozófia) és a matematika. Arisztotelész ebben az osztályozásban részben a tudás társadalmi beágyazottságából, ill. az adott tudomány által vizsgált tárgy sajátos természetéből indult ki. Figyelemre méltó tény, hogy Arisztotelész tevékenységével egy időben - s attól egyáltalán nem függetlenül, részben Arisztotelész közvetlen hatásaként - a korábban a filozófiában koncentrálódó tudás egésze fokozatosan szétosztódik, s kialakulnak elkülönült tudományos szakterületek, részterületek, diszciplínák. Arisztotelész korában, az i. e. IV. században ilyen tendenciákat figyelhetünk meg a matematika (a geometria és aritmetika), a csillagászat, a fizika (a mechanika és statika), az orvoslás (valamint az állattan) esetében is.

Az ún. szaktudományok kialakulása, a tudás diszciplinarizálódása alapvetően megváltoztatta a filozófia és a tudás viszonyát is.

A kialakuló résztudományok **átvették** ugyan a filozófiában kidolgozott tudományos eljárásokat és módszereket, de azáltal, hogy tárgyuk immár nem a világ egésze, a figyelembe vett tapasztalatok köre nem az összes emberi tapasztalat volt, hanem saját, jól kiválasztott, a többi tárgytól jól elkülönülő tárgy és tapasztalati kör lett, sajátos, csak rájuk jellemző módszerekkel is kiegészítették módszertani készletüket.

A szaktudományok megjelenésével a filozófia az összes tudás letéteményese helyett a tudás egyik változatává transzformálódott, azzá a változattá, amelyik a részismeretek helyett az összes ismeretre koncentrál, és a tudásterületek közötti összefüggéseket, kapcsolatokat is elemzi.

Maga Arisztotelész így ír erről a különbségről:

“[a filozófia] ... a létezőt, mint létezőt vizsgálja és vele mindazt, ami a létezőt önmagában és önmagáért megilleti. <<<(((és így jut el a fogalmi sablonokig, amik a megismerés ismeretelméleti kulcsai, nyelvtanai … -FÁ)))>>> Ez egyetlen részleteket vizsgáló ún. szaktudománnyal sem azonos. Mert egyetlen szaktudomány sem vizsgálja a létezőt általában mint létezőt, hanem kiszakítja a létező egy részét és az ezt illető járulékos tulajdonságokat kutatja. így tesznek pl. a mathematikai tudományok.”13

13Arisztotelész: Metafizika (Hatágú síp alapítvány. Budapest 1992) 94. old.

Arisztotelész korától kezdődően tehát a tudásterületek közötti sajátos feladat- és munkamegosztásról beszélhetünk. Megjegyeznénk, hogy ez a változás természetesen nem független a társadalom egyéb szféráiban megfigyelhető, hasonló tendenciájú strukturálódási folyamatoktól.

Lényegében ebben az időszakban jöttek létre a filozófia és a kialakuló szaktudományok tanulmányozását és művelését szolgáló első intézmények is. Az antik görög társadalom nevelési gyakorlata szerint sok gyerek kaphatott elemi szintű képzést az olvasásban, írásban számolásban, énekben, zenében és testgyakorlásban.14

14Mészáros I., Németh A., Pukánszky B.: Bevezetés a pedagógia és az iskoláztatás történetébe (Osiris, Budapest, 1999)

Ámbár a magasabb szintű, sajátos “szakmai” képzést nyújtó intézmények sokáig hiányoztak. De az i. e. IV századi Athénben három eltérő profilú világi jellegű (úgy is mondhatnánk: nyilvános) iskola is működik már.

* Iszokratész retorikai orientációjú iskolája elsősorban a szónoki képességek fejlesztését segítette elő. Gyakorlatias képzést nyújtott, főként a retorika és filozófia tanításával.
* Platón Akadémiája ezzel szemben az elméleti képzés centrumaként működött: filozófiai és geometriai stúdiumok révén segítette elő az örök igazságok megértését.
* Arisztotelész Lükeionjában a kifinomult platóni gondolkodás és az alapos orvosi megfigyelési módszerek egyaránt otthonra találtak. Itt módszeres kutatások is folytak, felhasználva az iskola jelentős könyvtárát és gyűjteményeit.

Az ókor legnagyobb tudományos intézménye az i. e. III. században Alexandriában létesített *Múzeum és könyvtár* Arisztotelész iskolájának mintájára szerveződött s vált az európai tudományos fejlődést meghatározó szellemi központtá.

Ezen a ponton szeretnénk felhívni a figyelmet egy gyakran homályban maradó összefüggésre: ugyancsak az i. e. IV. századtól. Platón munkásságától kezdődően a kultúra közvetítésének és átadásának módszerei jelentősen megváltoztak a görögök világában. Erre az időszakra esik az eltávolodás a szóbeliség kultúrájától, s előtérbe kerül az írott, rögzített tudás. (Persze korábban is és más kultúrák is használták az írást, de ritkábban és általában másként. Korábban az írás ui. elsősorban adminisztratív és üzleti célokat szolgált.) A tudományos tevékenység gyakorlatában ettől kezdődően jelentős részben különféle írott szövegek előállítását és tanulmányozását követelik meg. Ez a változás tükröződik már Platón munkáinak stílusában és szerkezetében is. Párbeszédeket írt le, s ezzel mintha valamiféle határvonalon állna: egyszerre alkalmazta a szóbeliség és az írásbeliség metodológiáit. Az írásbeliség logikája rögzített, lineáris szerkesztési elveivel évezredes léptékben válik világlátásunkat meghatározó tényezővé - egészen napjainkig.

#### C. A klasszikus görög korszak tudománytörténetének finomabb korszakolása

A klasszikus görög kor filozófiájának és tudománytörténetének előbb tárgyalt korszakain túl további differenciák is megállapíthatóak. Így - az időbeli párhuzamosság ellenére - megkülönböztetendő a milétoszi természetbölcselők és a püthagoreusok tevékenysége: míg az előbbiektől a személytelen elvek által uralt kozmosz eszméje származik, az utóbbiak - talán a milétoszi Anaximandrosz által is inspirálva - a világ számok és a számok közötti arányok által jellemzett kozmikus harmóniájának, azaz a “matematikailag szerkesztett” kozmosz eszméjének képviselői. Szemben a milétosziakkal, akik elsősorban természetbölcseleti, “kozmológusi” attitűdökkel hatottak a tudományok fejlődésére, a püthagoreus világfölfogás konkrét matematikai, geometriai és matematikai-csillagászati vizsgálódásokra ösztönzött, s így ezen diszciplínák kibontakozását és önállósulását motiválta. Időrendileg pedig megkülönböztetendő a **korai preszokratikus** szakasz, melyet az első püthagoreusok és a milétoszi természetbölcselők jellemeztek, s a preszokratikus természetbölcseleti-kozmológiai gondolkodás **érettebb szakasza**, melyhez az eleai iskola, Empedoklész, az atomisták és Anaxagorasz neve kapcsolódik.

Az utóbbi, az érett <<<(((még mindig preszókratikus -FÁ)))>>> korszak legszembetűnőbb jellegzetessége, hogy megfogalmazódik benne az érzéki megismerés és az értelmi belátás egymáshoz való viszonyának problematikussága, **s ennek során az érzéki tapasztalattal szemben egyértelműen az értelmi oldalra tevődik a hangsúly**.

E problematikát hangsúlyozottan az eleai Parmenidész vetette föl, s az ezzel kapcsolatos görög beállítódást igen szuggesztív módon fejezi ki az az anekdota, mely a mozgásparadoxonok kapcsán a később élt cinikus Diogenészhez kötődik. E paradoxonok - melyeket eleai Zénón paradoxonaiként ismerünk - abból fakadnak, hogy a mozgás fogalmának elemzése során elkerülhetetlenül ellentmondásokat kapunk. Parmenidész tanítványai ennek nyomán arra következtettek, hogy a mozgásnak magának nem tulajdoníthatunk realitást. Az anekdota szerint, mikor Diogenész egyik tanítványa e következtetés ellen érvelve föl-alá járkált, hogy ily módon szemléltesse igazát, mestere botjával elverte őt.

Diogenész ezzel az anekdotikus cselekedetével a csalóka érzékekre hivatkozó, az értelemmel szemben az érzékek prioritását valló szemléletmódot büntette meg, mintegy botjával nyomatékosítva: az értelmet nem lehet az alacsonyabb rendű érzékekre hivatkozva “megszentségteleníteni”.

Diogenész ezen attitűdje jellemző eleme a görög gondolkodásnak: ott, ahol az érzékek és az értelem között konfliktus jön létre, értelmünket kell követnünk.

Az érzéki tapasztalat és az értelem viszonyának e problematikája ösztönzőleg hatott a matematikára, a geometriára, a mozgás és az idő természetével kapcsolatos megfontolásokra, s különösen a logika és a vitatkozás művészeteként jellemzett dialektika fejlődésére. Ugyancsak a logika és a dialektika fejlődését ösztönözte a **preszokratikus** filozófia harmadik, athéni szakasza, melyet a szofisták tevékenysége jellemzett.

A **Szókratész utáni korszak** a természettudomány szempontjából is a két filozófus-óriás, Platón és Arisztotelész működése alapján szakaszolható. Az etika és a polisz felé való fordulás ugyanis nem volt egysíkú: mint láthattuk, a “megsérült harmónia” visszaállításának programjában jelentős szerepet kapott a kozmológia. Magánál **Platón**nál az értelem és az érzéki tapasztalat viszonyának kérdésköre középponti helyet foglal el, s ennek kozmológiai dimenziója szorosan összefügg a harmonikus kozmosz platóni ideájával. Platón ennek kapcsán megfogalmazódó csillagászati programja pedig egészen Newtonig mérvadóvá válik. De közvetve a mai “kemény” természettudomány - elsősorban a matematikai fizika - is e program nyomán alakult ki, s bizonyos értelemben ma is e program szerint dolgozik:

a látszatra véletlenek által jellemzett, esetleges, pontatlan, csak közelítőleges szabályszerűségeket mutató tapasztalati világ mögött olyan állandó, szükségszerű struktúrákat keres, melyek pontos matematikai szabályok, függvények, egyenletek által írhatóak le. (Ez még a modern kvantummechanikában is így van: a kvantummechanika statisztikusságát, a kvantummechanikai véletlent is szigorú, állandó, s szükségszerű matematikai összefüggések jellemzik.) <<<(((tehát az induktív axiomatika ennyiben platóni lenne? -FÁ)))>>>

Arisztotelész minden eltérés ellenére csillagászati-kozmológiai koncepciójában alapvetően Platónt követi, viszont a földi - azaz a “Hold alatti” - régió viszonylatában egyértelműen nagyobb jelentőséget tulajdonított a tapasztalati megismerésnek, mint Platón. Ennek megfelelően univerzális igényű életművében ő maga is behatóan foglalkozik a tapasztalati világgal, s így a matematikai csillagászat mellett ösztönzőleg hatott az empirikus tudományok fejlődésére is. Szintén fontos szerepet játszott az empirikus kutatásokban, illetve az empirikus tudományok fejlődésében az arisztotelészi logika, hiszen a nem és a faj fogalmának kidolgozásával ez teremtette meg a rendszertan fogalmi alapjait.

**Arisztotelész** számos műve diszciplináris jellegű. Ez is azt mutatja, hogy az ő korában már a megismerés szakágai előrehaladtak a szétválásban és az önállósulásban. Mivel Arisztotelész maga is követte ezt a diszciplináris tagolódást, tekintélyével ösztönözte a folyamatot.

Az **Arisztotelészt követő hellenisztikus** tudományt már az egymástól elkülönült, s a filozófiáról is levált szaktudományok jellemzik, e formában születnek meg azok az ókori görög tudománytörténetet beteljesítő nagy művek, melyek az olyan kiemelkedő egyéniségekhez kapcsolódnak, mint Eukleidész, Arkhimédész vagy Ptolemaiosz.

## B. A görög matematika fejlődése *(Kiss Olga)*

Ha tudományról van szó, természetesnek vesszük, hogy meg tudjuk különböztetni azt, amit ténylegesen tudunk, attól, amit nem tudunk biztosan, mondjuk csak hallomásból, mások véleményét elfogadva tudni vélünk. Hogy a tudás szerkezete nem ilyen egyszerű, a XX. századi filozófia eredményeit ismerve nyilvánvalóvá válhat. Fogadjuk mégis el átmenetileg ezt a megkülönböztetést, és próbáljuk behatárolni, mit tudunk az antik tudományról.

A rendelkezésünkre álló szövegeket a szakirodalom primer (azaz elsődleges), szekunder (másodlagos), tercier,... forrásokra osztja. Primer források maguk a matematikai szövegek: agyagtáblák, papiruszok, könyvek számítási eljárásokkal, ábrákkal, tételekkel, bizonyításokkal. Ezekből nagyon kevés élte túl a születése óta eltelt 2-4 ezer évet. Ha mai szemmel olvassuk őket, ezek egy része nem is “igazi” matematikai szöveg: inkább a gazdaság vezetésével, a kereskedelemmel vagy éppen az építkezésekkel kapcsolatos, matematikai műveletekkel operáló iratok, melyek így csupán közvetve utalnak annak a jelenlétére, amit ma matematikának nevezünk.

Szekunder forrásaink történészek, filozófusok, komédiaírók sokszor csupán a hagyományra hagyatkozó nézetei. Egy részükből pontosan rekonstruálható a matematikai tudás, melyről szólnak (Pl. Platón: Menőn c. dialógusa), míg mások abból, amit ma matematikai tudásnak tartunk, teljesen külsődleges dolgokat emelnek ki.

Az egykorú matematikatörténet nagyjából a hagyomány felelevenítését és továbbadását jelentette. A legrégebbi matematikatörténet (“aritmetikatörténef ’ - mások szerint geometriatörténet), amiről tudunk, Eudémosztól származik, aki Arisztotelész kortársa volt, ám ez a szöveg elveszett. Proklosztól (Eukleidész műveinek első kommentátorától) tudunk arról, hogy egyáltalán létezett, s Proklosz átvesz tőle néhány gondolatot, ami így a hagyomány révén mégiscsak átszűrődött. A múlt század közepén kezdődött kritikai forráskutatással vette kezdetét az a fajta matematikatörténet-írás, mely megpróbálta elkülöníteni az adatokat a később rájuk rakódott feltételezésektől, értelmezésektől és félreértésektől.

A történetírás történetének természetesen ma sincs vége. Így egyetlen történet sem végleges, megfellebbezhetetlen igazságok tárháza. A matematika fejlődésével új összefüggések válhatnak felismerhetővé és fontossá. Különböző matematikatörténetek más összefüggéseket emelnek ki, eltérően súlyoznak, sőt, olykor a forrásokat is másképp értelmezik. Az egyes tudománytörténészek nem ugyanúgy látják ugyanazt a történetet, vitatkoznak egymással, így az olvasó olykor zavarba jön, mit is gondoljon, kinek is adjon igazat. Ne vessük azonban ezt a szemükre. Végső soron minden jó történész új szemponttal gazdagítja történeti tudásunkat, mely éppúgy kimeríthetetlen, mint a jelenről való tudásunk. Vita nélkül nem láthatnánk egymáshoz való viszonyaikat. A dialógus segítségével árnyaltabbá, mélyebbé válhatnak ismereteink egy olyan területen is, ahol nem egyértelműek az igenek és a nemek. (Persze csak akkor, ha hagyjuk, és nem úgy tekintünk rájuk, mint egymást kizáró, egymást megsemmisítő, egymás hitelességét aláásó, vagy épp egymást értelmetlenné tevő elméletekre.)

Nem tudja, mi a tudománytörténet, aki csak egyfélét ismer. Aki valóban jó rálátást szeretne szerezni a matematika történetére, annak semmiképpen sem elég egy szempontból, egy szerző tollából megismerkedni vele. A jelen könyvben szereplő néhány rövid fejezet nyilvánvalóan töredékét sem lehet képes átfogni egy több mint négyezer éves, sok ágon futó történetnek.

Bevezetés a matematika történetébe így egyrészt azt célozza, hogy vázlatos áttekintést adjon a matematika paradigmáiról, paradigmaváltásairól, felmutassa a maitól és egymástól is eltérő gondolkodási és érvelésmódokat. Ugyanakkor világossá szeretném tenni a matematikatörténeti tudás természetét is. Így hangsúlyosan kerülnek elő a történetírás forrásai - a szövegek, régészeti leletek, tárgyi emlékek - és a jelen és múlt közötti történeti távolság is. E távolság figyelmen kívül hagyása a matematika iránti érdeklődéssel indokolható, ám egyben a történelem félreértéséhez is vezet. A jelen matematikája mindig képes arra, hogy új fényt vessen a történetre, új összefüggésekre tegye érzékennyé a figyelmünket, a történetírásban azonban ennek együtt kell járnia a kritikus forráskutatással és a múlt filológiai igényű szövegismeretével. Eme két horizont együtt teszi a történetet, ami így szükségképpen a tudás fejlődésével maga is változik. Ezután már nyugodt szívvel merülhetünk el annak taglalásába, ami a múltból mai szemmel is érvényesnek és maradandónak tűnik, vállalva értékelésünk történetiségét és kultúrához kötöttségét.

### 1. A görögök előtti matematika

Bár ma természetesnek vesszük, hogy a matematikában vannak tételek és bizonyítások, e tudomány mégsem így született. Maga a bizonyítás, annak felismerése, hogy egyáltalán elméleti bizonyításra szorulhatnak a matematikai összefüggések, úgy tűnik a görög kultúra kizárólagos teljesítménye.

Milyen volt a görögök előtt a matematika? Mi az, amihez képest e számunkra triviális dolgok akkora újdonságot jelentettek? Nézzünk néhány forrást!

A Rhind-papirusz számítási eljárásokat tartalmaz olyan feladatokra mint:

“Töltést kell készíteni, 730 könyök hosszút és 55 könyök széleset, amely 1230 rekeszből áll, s náddal és gerendákkal van lefedve; felül 60 könyök magas, középen 30 könyök... A tábornokoktól érdeklődnek, hogy mennyi tégla kell ehhez, és valamennyi írnok összegyűlik, és egy sem tud semmit, mind benned bíznak, és így szólnak: te nagy tudású írnok vagy, barátom; oldd meg ezt nekünk hamar. Lásd, a te híred nagy .. .”

(Számítási eljárásaikról már szóltunk az előző részben.)

Vagy vegyünk egy fel adatot a moszkvai papiruszról (ez hasonló korú és tartalmú, mint a Rhind-papirusz):

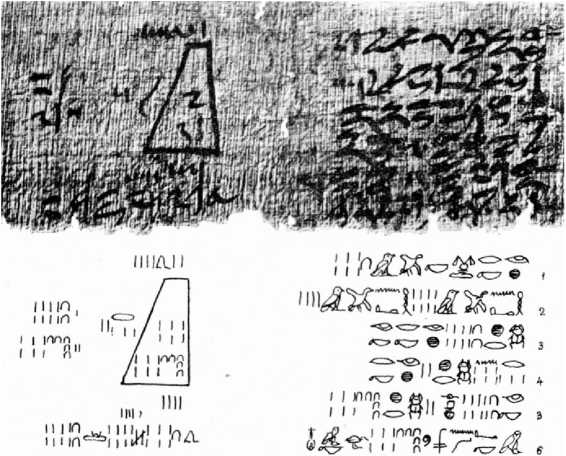
“Minta kosár kiszámítására, ha olyan kosarat mondanak neked, melynek nyílása egészében 4 és fél. Oh, add tudtomra a felszínét! ...”15

l5Idézi B. L. van dér Waerden: Egy tudomány ébredése (Gondolat, Budapest, 1977) 54. o.

A megoldás így hangzik a szöveg alapján:

“... Számítsd ki a 9-nek a kilenced részét, mert hiszen a kosár egy tojás fele, 1-et kapsz. Számítsd ki a maradékot, az 8. Számítsd ki a 8-nak a kilenced részét, kétharmad meg egy hatod meg egy tizennyolcadot kapsz. Számolj 7 meg egykilencedesével négy és félszer! 32-t kapsz. Látod, ez a felülete. Jól számítottad ki!”16

16Uo. 56. o.



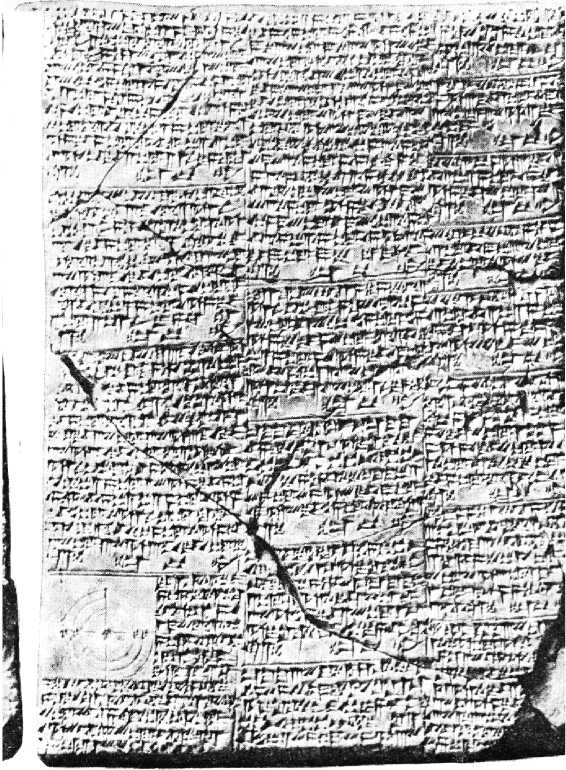
A moszkvai papirusztekercs egy részlete.

A tudománytörténészek számára komoly kihívást jelent e szövegek értelmezése. A szabály ugyanis világos, csak ebben az esetben például az nem, hogy egy félgömb, egy henger vagy egy kupola kiszámítására vonatkozik-e. A különböző értelmezési lehetőségek különböző tézisekhez vezethetnek az egyiptomi matematika fejlettségét illetően. A történetírás tehát a már ismert szövegekben is új meg új lehetőségeket fedezhet fel a történeti összefüggések megragadására.

Ami azonban mindezen értelmezésektől függetlenül is világos, hogy alapvetően gyakorlati feladatokkal találkozunk, melyekhez megoldási mintákat kapunk. Szabályokat, melyeket követhetünk. Hasonló helyzetben tudhatjuk, hogy hasonlóan kell eljárnunk.

Az óbabiloni matematikai tartalmú (i. e. 1800-1600) agyagtáblák különböző számításokat tartalmaznak, illetve ezekhez nyújtanak segítséget. Ez utóbbiak részben szorzótáblák, reciprok táblák (melyeket osztáshoz és feltehetőleg csillagászati számításokhoz használtak) és mértékátszámítási táblázatok. (Az egész babiloni matematikára jellemző ez a táblázathasználati technika.) Számjelölésük hatvanados helyi értékes, ám mivel nem használtak nullát, a számok nagyságrendje csak a szövegkörnyezetből derül ki.

Találtak négyzetgyök- és köbgyöktáblákat is, melyek egyes történészek szerint egyfajta babiloni algebra jelenlétére utalnak, valamint feladatokat és megoldási mintákat tartalmazóakat is. E feladatok az egyiptomihoz hasonlóan gyakorlati megfogalmazásúak (pl. kamatos kamat kiszámítása), ám a megoldásnál már mintha mégsem csupán a konkrét gyakorlati eredmény volna a lényeges.



Agyagtábla az óbabiloni korból.

Ottó Neugebauer, az egyik legnevesebb tudománytörténész szerint az óbabiloniak már nem csupán a hétköznapi, a kereskedelemben és államigazgatásban is jól használható feladatokkal foglalkoztak, hanem a matematikát önmagáért művelték. Egy jellemző példa a Hammurapi-dinasztia korából:

Feladat:

“Szélesség, hosszúság. A hosszúságot és a szélességet összeszoroztam, és így megkaptam a területet. Amennyivel pedig a hosszúság meghaladja a szélességet, azt hozzáadtam a területhez, és 3,3-at (183 hatvanas számrendszerben) kaptam. Hosszúság és szélesség összeadva pedig 27. Mi a hosszúság, szélesség és a terület?”17

17Idézi van dér Waerden: Egy tudomány ébredése. 103. o.

Jól látható, hogy könnyedén összeadnak területeket hosszúságokkal. Más feladatokban pedig - például munkabérszámításnál - összeadásban, kivonásban, szorzásban ugyanígy vegyítették a munkások és a napok számát. Ugyanakkor fontosnak tartották a számítási eljárásokat teljes általánosságban bemutatni, így például az 1-gyel való szorzást is elvégezték, ha történetesen úgy alakultak a menet közbeni értékek. Ezek Neugebauer véleménye szerint arra utalnak, hogy számukra csak az algebrai összefüggés volt lényeges. Ugyanez lehetett szerinte az oka annak is, hogy a geometria az óbabiloni matematikában csekély szerepet játszott: “Matematikai jelentősége a számtani megoldás szabályainak van a 'geometria’ csak egy a gyakorlati élet jelenségei közül, amelyre a számtani módszerek alkalmazhatók."18

18Otto Neugebauer: Egzakt tudományok az ókorban (Gondolat, Budapest, 1984) 56. o.

Ne feledjük el, hogy algebráról itt még csak némi anakronizmussal beszélhetünk. Az, hogy ma az algebra önálló kutatási terület, és az algebrai gondolkodás számunkra jelentéssel rendelkező fogalom, lehetővé teszi számunkra, hogy felfedezzük az ilyen típusú gondolkodásmódot ott is, ahol nem létezett még algebra (például a babiloni szövegekben). Ha tehát a babiloni algebráról hallunk, azt tekintsük annak ami: **metaforának**, mely rávilágít lényegre (vagy legalábbis arra, amit a történész annak tart), de ha szó szerint értjük, finoman szólva értelmét veszti (vagy mondhatnánk azt is: hamissá válik - az sem mindegy tehát, hogyan értjük az értelmezést).

Persze nem lehet úgy történelmet írni, hogy minden anakronizmustól mentesüljünk. Hiszen még azt sem mondhatnánk, hogy matematikáról van szó, ha a püthagoreusok előtti időkről beszélünk, hiszen ők voltak az elsők (pontosabban a püthagoreus Hippasszosz követői), akiket kortársaik ezzel a görög szóval illettek: mathématikosz. A matematika ugyanis az ő mathémata, azaz tanulmányok kifejezésükből származik, s születése óta számos értelemváltozáson ment keresztül. Erre hamarosan visszatérünk.

De mi is az az új gondolati manőver, amiről itt beszélünk, s ami megkülönbözteti az antik görög matematikát minden elődjétől és minden kortársától, s ami kultúránk egyik alapköve lett?

### 2. A bizonyítás megjelenése a matematikában

Eddig mintha még nem került volna elő a bizonyítás problémája. Valóban, sem az egyiptomiak sem a babiloniak nem bizonyították az általuk bemutatott számítási szabályok helyességét. Egyszerűen megkaptuk a mintát, a megfelelő eljárást, és kész. Végül is mit kellene még külön bizonyítani, ha egyszer kiszámítottuk, és tényleg annyi tégla kellett a magtár építéséhez,... azaz ha a gyakorlat folyamatosan igazolja ezeket az eljárásokat?

Tudomásunk szerint Thalész volt az első, aki bizonyított egyáltalán valamilyen matematikai összefüggést. Legalábbis a hagyomány - ha helyesen értjük az antik szerzők szavait - így tartja róla. Thalész elsőként nyerte el a görögöktől a bölcs nevet Ez azt jelenti, hogy nem pusztán matematikus, filozófus, csillagász, de kereskedő, spekuláns (nevezetes az olajhordó monopólium ötlete), hadimérnök (csatorna építésével a sereg elől a sereg mögé vezette a folyót), politikai tanácsadó is volt, méghozzá mindezekben kiváló.

Eredeti forrás nem áll rendelkezésünkre. Azt sem tudjuk, hagyott-e hátra valamilyen írásművet, vagy csak feltételezték róla. Mindenesetre, noha a görögök szerették a magas kultúrával rendelkező egyiptomiaktól származtatni tudományukat, már a görög hagyomány is úgy tartotta, hogy a milétoszi Thalész volt az első, aki matematikai összefüggéseket bizonyított (pl. a csúcsszögek egyenlőségét).

Diogenész Laertiosz például ezt írja Thalészről:

“... Pamphilész mondja róla, hogy a mértant Egyiptomban tanulta, és elsőnek rajzolt a körbe derékszögű háromszöget s {ezután az isteneknek} ökröt áldozott. Mások - mint például Apollodórosz, a számtantudós - azt állítják, hogy ez az eset Püthagorasszal történt.”19

19Görög gondolkodók X. köt. 6. o.

Láthatjuk tehát, hogy az adatokat illetően már az antik hagyomány sem egységes. A körbe rajzolt derékszögű háromszög feltehetőleg a Thalész-tételre utal, de nem világos, hogy a tételre vagy a bizonyításra. Proklosz szerint - aki Thalész után majd egy évezreddel élt - “Thalész mutatta ki elsőnek, hogy az átmérő a kört két egyenlő részre osztja.” Ha helyesen értjük a kifejezést - s itt a mai történetírás közkeletű felfogására utalok -, ez úgy értendő: ő mutatta meg, ő bizonyította be először. Az pillanatnyilag szinte mellékes is, milyen tételről van szó. Igazán nagy hordereje a matematikatörténet szempontjából a bizonyítás tényének van.

A hagyomány szerint tehát Thalész, aki a görög bölcselet születésének legendás alakja volt, a matematika legfontosabb fordulatában is döntő szerepet játszott. Hogy valóban Thalész volt-e az első, aki tényleg bizonyított, vagy csupán az antik hagyományt jellemzi, hogy szívesen tulajdonította jelentős felfedezéseit legendás alakoknak, azt nem tudjuk. Azt viszont igen, hogy a fordulat bekövetkezett.

A matematikatörténészek közül egy magyar klasszika-filológus, Szabó Árpád vetette fel a kérdést, hogy egyáltalán honnan származhatott a bizonyítás igénye a görög matematikában. Miért éppen náluk jelent meg ez a törekvés?

A legrégebbi - egyébként indirekt - bizonyítás történetesen egy filozófiai műből maradt ránk. Az eleai Parmenidész létezőről szóló tankölteménye arra szólít, hogy lépjünk túl az érzéki tapasztalat sokféleségén, és nézzük meg, milyen az, ami e jelenségeken túl létezik, milyen maga a létező. Ennek sajátosságait nyilvánvalóan nem ismerhetjük meg az érzéki tapasztalat segítségével. Csupán gondolkodás útján juthatunk oda, s itt lesz segítségünkre a bizonyítás, annak megmutatására, milyen nem lehet a létező. Ez az a gondolat, amelyből Szabó Árpád szerint a bizonyítás igénye fakad, hiszen a matematikai összefüggések sem csupán az egyes konkrét számokra vagy alakzatokra vonatkoznak, hanem az összesre, ami bizonyos tulajdonságoknak megfelel.

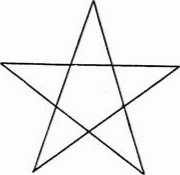
Ha elfogadjuk a filozófusok érvét, hogy amit néhány (vagy akár számos) konkrét esetben tapasztalunk, az nem feltétlenül egyetemesen érvényes, és a tapasztalaton túli bizonyítékra is szükség van, ha az igazságigényünkkel túllépünk a tapasztalaton, akkor nem lesz már elég az, ami az egyiptomi és babiloni matematikában még elégnek tűnt. Már nem elég a szabály praktikus érvényessége, a kör kerületének és átmérőjének arányára már nem elég a közelítő érték. Hirtelen világossá válik, hogy a gyakorlati érvényesség relatív - csupán eddigi tapasztalataink körére terjed ki, és felmerül az igény egy szigorúbb követelményeknek megfelelő érvelésre.

### 3. A püthagoreus mathémata

A püthagoreusoktól primer forrásnak tekinthető szöveg egyáltalán nem maradt fenn, noha Arisztotelész szerint ők voltak az elsők, akik a tudományokkal foglalkoztak, és hatásuk az európai tudományok fejlődésére kiemelkedő jelentőségű. Ennek oka többek között az is, hogy Püthagorasz és követői titkos szektát alkottak: a tagoknak tilos volt kívülállóknak bármit is nyilatkozni tevékenységükről és nézeteikről. Püthagoraszt a világról vallott felfogása ennek ellenére az európai gondolkodás egyik legnagyobb hatású gondolkodójává tette.

Az, amit ők matematika címén kutattak, nem csupán matematikai összefüggéseket jelentett a szó mai értelmében. A püthagoreus mathémata (számelmélet, zeneelmélet, geometria és csillagászat) egyszerre jelentett vallási, zenei, filozófiai és matematikai tanulmányokat. A szekta életmódját, étkezési szokásait misztikus elvek hatották át: céljuk a zene művelésével, a harmóniák, a számok és arányaik megismerésével közelebb kerülni az istenihez. Az iskola szektajellegére jellemző, hogy a beavatás követelménye három évi hallgatás volt, s a tanítványok még ekkor is csak sűrű függöny mögül hallhatták a mester hangját.

Az istenhez való közelítés a világ törvényeinek megértéséhez, az igazság érzékcsalódástól, előítéletektől és egyéni vélekedésektől mentes szemléletéhez való felemelkedést jelentette. A püthagoreusok a törvényt (logosz) a számok arányaiban (logosz) keresték. <<<(((tehát egy eléggé absztrakt elv-rendszert kerestek. -FÁ)))>>> Az általuk felállított aránypárok (analógia) a mai egyenletek első megjelenési formái. A püthagoreus misztikusokkal paradox módon egy olyan gondolat született meg, mely a modem tudománykép sarkköve lett: a matematika, a világ számszerűsíthető összefüggéseinek tanulmányozása bepillantást nyújt nekünk a természet titkaiba, s lehetővé teszi törvényeinek megismerését. <<<(((ebben a tanulmánykötetben ez félre vezetőnek is mondható egyszerűsítés, mert csak akkor érthető illetve logikus a megállapítás, ha a matematikát egy absztrakciós módszernek tekintem. Akkor viszont a pithagorusok számmisztikája egy igen szűk tartomány egy tágabb horizonton, mellette ott van az egyenletek világa, formális logika, sőt általában az axiomatika stb-stb, amint az a szerző egyéb helyeken tett kijelentéseiből is kitűnik. -FÁ)))>>>



Pentagramma.

A püthagoreusokról való tudásunk forrásai - mint említettük - tehát egyértelműen szekunder, tercier, sőt, még távolabbi szövegek. Több nemzedéken áthagyományozódva szükségképpen őrzik továbbadóik stílusát is. Az ő gondolatrendszereiken átszűrve megváltozik az egyes gondolatok, tettek és szerzők jelentősége. Így egyes forrásokat (például Jamblikhoszt) a legtöbb matematikatörténész megbízhatatlannak tart, míg másokat átgondolt, megalapozott struktúrájuk és stílusuk hitelessé tesz az olvasó szemében (a püthagoreus matematika tekintetében ilyenek például Platón és Arisztotelész többnyire filozófiai szövegkörnyezetben előkerülő töredékes utalásai). Számos olyan zeneelméleti megfontolásra utalnak a szövegek, melyek a püthagoreusok nevéhez fűződnek. Eszerint összhangokkal kísérleteztek és aranyokat próbáltak nekik megfeleltetni. így az 1:2 az oktáv, a 2:3 a kvint és a 3:4 a kvart lenne. E megfeleltetést az antik kommentárok is többféleképpen értelmezték, például az ilyen hangtávot adó azonos átmérőjű bronzkorongok vastagsága, a kalapácsok súlya vagy éppen a húrok hossza. (A kísérletek csak ez utóbbit támasztják alá.) Számos érdekes számelméleti fogalom (pl. barátságos számok: mindegyik egyenlő a másik valódi osztóinak összegével, tökéletes számok: azonosak saját valódi osztóik összegével,...) és arányelméleti összefüggés is az ő nevükhöz fűződik. Így például a püthagoreusok jelképévé vált csillagötszög, melynek oldalai az aranymetszés arányában metszik egymást.

Hogy Püthagorasz bizonyította-e be a róla elnevezett tételt, az kérdéses. Mindenesetre az antik szerzők neki tulajdonítják a híres ábrát az átfogóra emelt négyzetről és a területillesztésről, mely a bizonyítás lényegét fejezi ki. Plutarkhosz idézi egy helyen:

“Püthagorasz rálelt híres ábrájára, s ajánlott érte az istennek dús ököráldozatot.”20

20Idézi van dér Waerden: Egy tudomány ébredése 166. o.

A híradás értéke kissé kétes, mindenesetre jól érzékelteti a felfedezés jelentőségét, akárkié legyen is az érdem.

A forráskritika igyekszik lehántani a tényekről a hagyomány rárakódott rétegeit, s visszajutni az eredeti gondolatokhoz és tényékhez, amennyire ez lehetséges. Ezzel a technikával lett a Püthagoreus matematikáról való tudásunk egyik legfőbb forrásává az i. e. 300 körül keletkezett Elemek. A szöveg stílusrétegeinek elemzése alapján a filológusok archaikus stílusa és tartalma miatt püthagoreus tételsornak tekintik a IX. könyv 21-34. és 36. tételét, melyek páros és páratlan számok összegére, különbségére, szorzatára és ezek osztóira vonatkozó tételek. (Pl.

“21. tétel. Bárhány páros számot adunk össze, az összeg páros ...

22. tétel. Ha összeadunk valahány páratlan számot, melyek páros sokan vannak, akkor az összeg páros ...

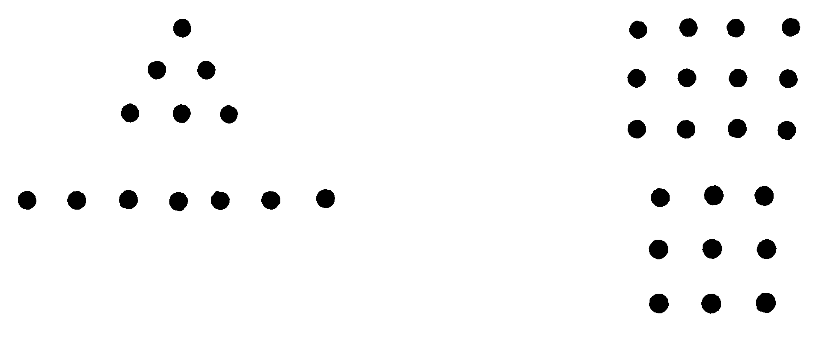
29. tétel. Ha egy páratlan számmal megszorzunk egy páratlant, a szorzat páratlan lesz ...

30. tétel: Ha egy páratlan szám oszt egy párosat, akkor a felét is osztja...”21 )

21Euklidész: Elemek (Gondolat, Budapest, 1983)271-275. o.

A régészek találtak görög számolótáblákat és ábrázolásokat arról, hogy e táblákon hogyan lehetett kis számolókövecskékkel számolni. A görögök ugyanis az egyiptomihoz és babilonihoz képest nehézkes, kezdetben a római számokhoz hasonló számírást használtak, majd az abc jeleinek megfeleltetett tízes alapú de nem helyi értékes számjelekkel dolgoztak. Volt viszont egy eljárásuk, mellyel a fent említett számolótáblán kis kövecskékkel elvégezték a műveleteket, majd az eredményt leírták. E kis kövecskékkel reprezentálva a számokat különböző alakzatokba tudták rakni. Voltak háromszög-, téglalap- és négyzetszámaik, és voltak vonalszámok is, melyeket egyik alakzatba sem lehetett kirakni.

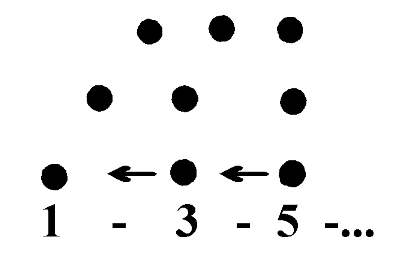
Példák háromszög-, téglalap-, vonal- és négyzetszámokra:

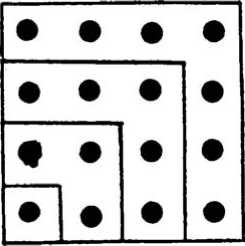


E kirakós játék gyermekdednek tűnhet, ám segítségével számos érdekes számelméleti tételt tudtak bizonyítani. Például, ha vesszük a páratlan számok összegét egytől, akkor ezek mindig négyzetszámot adnak. Vagy két egymás utáni háromszögszám összege mindig négyzetszám.

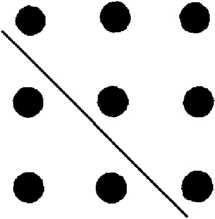
Egyszerű volna ezeket az összefüggéseket a mai matematika nyelvén megfogalmazva a rendelkezésünkre álló technikákkal - például képletek felhasználásával - bizonyítani. Ne feledjük el azonban, hogy ők nem a mi nyelvünkön és fogalomkészletünkkel gondolkoztak. Nem álltak rendelkezésükre képletek, melyek segítségével mi hajlamosak vagyunk átfogalmazni az összefüggéseket, hogy ellenőrizzük, tényleg igazak-e. Ahhoz, hogy megértsük, hogyan is gondolkoztak, meg kell próbálni az ő eszközeikkel bizonyítani az általuk felfedezett tételekei.

Vegyük az első összefüggést: a páratlan számokat biztos, hogy kirakhatjuk vonalszámokként, de kirakhatóak ún. gnómonként, derékszögben is. Ha így rakjuk egymás mellé őket, rögtön világossá válik az összefüggés:



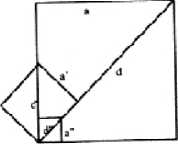


Hasonlóképpen teszi beláthatóvá a két egymás utáni háromszögszámra vonatkozó tételt, ha a már ismert alakzatokat kissé elforgatva így rakjuk őket össze:



a két egymás utáni háromszögszám összege valóban négyzetszám.

Ezekhez hasonlóan “korhű” bizonyításokat keresnek a történészek a püthagoreus matematika egyik legnagyobb felfedezésére, mely szerint a négyzet oldala és átlója összemérhetetlen. Mivel a rendelkezésünkre álló iratok utalnak arra, hogy a tételt ismerték, ugyanakkor maga a bizonyítás csak későbbi szerzők munkáiban maradt ránk, tág tere nyílik itt is a történeti rekonstrukciónak. Az egyik legkézenfekvőbb van der Waerden bizonyítása, aki a váltakozva kivonás módszerével mutatta meg, hogy az euklideszi algoritmus nem ér véget az átló és a négyzetoldal esetében, azaz nincs közös mértékük.



(A bizonyítás azon alapul, hogy ha felmérjük az átlóra a négyzet egyik csúcsából az oldalt, és e pontban merőlegest állítunk rá, akkor e merőleges pontosan akkora szakaszt vág le az oldalból, mint amekkora az átló és az oldal különbsége, amit majd fel kell mérnünk az oldalra.)

Az összemérhetetlenség felfedezése számunkra érdekes, de nem túl megrázó tény. A püthagoreusok azonban - mint már volt róla szó - világmagyarázatukban a számokból indultak ki. A szám itt azt jelenti: természetes szám. Amikor arányokkal (nem törtekkel!) dolgoztak, az is természetes számok arányait jelentette. Ha a világot akarjuk ezekkel megértem, akkor az a tény, hogy van két nagyon is hétköznapi hosszúság - a négyzet oldala és átlója - melyek aránya nem fejezhető ki természetes számok arányaként, azt jelenti, hogy a program keresztülvihetetlen. Nem a számelméleti, geometriai, zeneelméleti vagy csillagászati kutatások kudarcáról van szó, hanem az ezeket összetartó közös elv, a számarányokban való kifejezhetőség lehetetlenségéről (már ha az ember görög, és a számok számára a természetes számok). <<<(((Elindultak egy lejtőn (lefelé vagy felfelé és a program máig tart. Keresve a lehető legáltalánosabb alapelveket. Főleg a bennünket körülvevő világ „tényeire”, „valóságára” koncentrálva. Majd a horizont szélére felkerül az emberi jelenség is, mint a vizsgálandó valóság része. Végül vagy nem is végül de továbbá **önálló kérdéssé válik az ismeretelmélet, az ismeretelméleti történeti és logikai tények …. A lehető legáltalánosabb alapelvek keresésében**. -FÁ)))>>>

### 4. Az athéni Akadémia

Mikor Platón a püthagoreus Arkhütasz révén megismerkedett a matematikával, új, nagyszerű korszak vette kezdetét. Platón “irányította és lelkesítette a tudományos munkát az Akadémián belül és kívül. A nagy matematikusok, Theaitetosz, Eudoxosz és mind a többiek, akiket Proklosz katalógusa felsorol, barátai voltak, tanítói a matematika és tanítványai a filozófia terén. Nagy tanítványa, Arisztotelész, Nagy Sándor nevelője húsz évet töltött az Akadémia csodálatos atmoszférájában.”22 - írja van der Waerden kitűnő matematikatörténetében.

22van dér Waerden: Egy tudomány ébredése 242. o.

Az eleai és püthagoreus filozófiai tradíció, valamint a matematika egymásra hatásáról már esett szó a bizonyítás igényének kialakulása kapcsán. A filozófia számos kitűnő gondolatot köszönhet Platón írásaiban a matematika jelenlétének. Platón matematika-felfogása pedig nagyban elősegítette e tudomány fejlődését az Akadémia keretei között.

A kapcsolat alapja az iskolaalapító ama meggyőződése volt, hogy a filozófiai (dialektikai) tanulmányok mellett a geometria az ifjak kiművelésére leginkább alkalmas tudomány. <<<(((absztrakciós tréning gyanánt mai szóval -FÁ)))>>> Jelentőségét az adja, hogy a gondolkodás megtisztításán keresztül hozzájárul ahhoz, hogy képessé váljunk az igazság megpillantására. Ez az igazság túl van mindazon, amit látunk, hallunk vagy tapasztalunk. Hasonlóan ahhoz, ahogy a geometriai tétel sem a látható háromszögekre vonatkozik. Bár a geométer a bizonyítás során a homokba rajzolt ábrán mutatja meg a tétel igazságát, a gondolatmenet követéséhez és a szituáció helyes megértéséhez el kell szakadni attól, amit látunk. Csak arra szabad figyelni, amire a kép utal, ám maga pusztán elgondolható, s az ábra ennek csupán gyenge érzéki mása.

Mindez mármost egy matematikus számára nem feltétlenül tűnik túl mély okoskodásnak. <<<(((dehogynem! Csak szét kell nézni egyetemi matektanárok közt. A legtöbbnek. -FÁ)))>>> Valójában nem világos, miért is kellene külön foglalkozni ezzel a kérdéssel. Nos, a filozófia valóban többnyire csak a válságos időkben válik fontossá a tudósok számára. Az, amit tudományuk alapjainak tekintenek, ilyenkor szokott mélyen megkérdőjeleződni. A filozófiai okoskodások iránti érdeklődés és figyelem - mely egyes tudósok számára normál tudományos időszakban szinte érthetetlen - a válság idején átmenetileg nagyon is természetessé válik.

A püthagoreus program pedig éppen válságos időket élt át. Természetesen a négyzet oldalának és átlójának összemérhetetlenségére lehetett volna azt mondani, hogy kitűnő közelítő értékeket tudunk megadni. Csakhogy az antik görög fogalmi gondolkodás számára ez nem járható út. Tudjuk, nem a közelítő érték megadhatósága az elméletileg lényeges kérdés. Ennek megadása csak gyakorlati, technikai szempontból kielégítő, az elméleti problémát azonban nem oldja meg. Más lehetőség után kellett tehát nézni.

Az athéni akadémia matematikusainak eredményeit összefoglaló legnagyobb gyűjteménye az i. e. 300 körül Alexandriában geometriát tanító Eukleidész Elemek c. könyve. Ha megvizsgáljuk ennek több száz tételét, kiderül, hogy közülük a legtöbb elemi geometriai, s csak a VII., VIII. és IX. könyv tartalmaz számelméletieket. Ráadásul, amikor Eukleidésznél számokkal találkozunk, akkor ő már nem kis kövecskékkel (vagy pontokkal), hanem hosszúságokkal ábrázolja őket (a formulák még ismeretlenek az antik matematikában). Az Elemek valójában nem is a matematika, hanem a geometria elemei.

(Elemek - azaz a **tovább már nem bontható összefüggések**, melyekből az egész elméleti rendszer felépül.) <<<(((és az alapeleme a pont, ami **tovább már nem bontható alakzat** -FÁ)))>>>

Mint láttuk, már Platón is geometriáról beszél, amikor a matematikát az ifjak nevelésében kiemelkedő jelentőségűnek mutatja be. Amit mond, az igaz a püthagoreus matematika kavicsokat rakó bizonyításaira is, mégis csupán geometriát mond. Ezért néhány matematikatörténész úgy véli, hogy a matematika püthagoraszi programjának kudarca a matematika geometrizálásához vezetett. Miért jelentett ez megoldást?

Az antik görögök számára a szám továbbra is a természetes szám, az arányok terén azonban lényeges újításokat vezethettek így be. A problémát okozó négyzetoldal és átló összemérhetetlenek ugyan hosszúság szerint, azonban négyzet szerint már összemérhetőek. Ezt a fogalmat a X. könyv definíciói közt találjuk:

“1. Mennyiségeket összemérhetőknek mondunk, ha ugyanazon mértékkel mérhetők, összemérhetetleneknek pedig, ha nem található hozzájuk közös mérték.

2. Szakaszok négyzetesen összemérhetők, ha a négyzeteik ugyanazon idommal mérhetők, összemérhetetlennek pedig, ha a négyzeteikhez nem található idom, mely közös mérték lenne.”

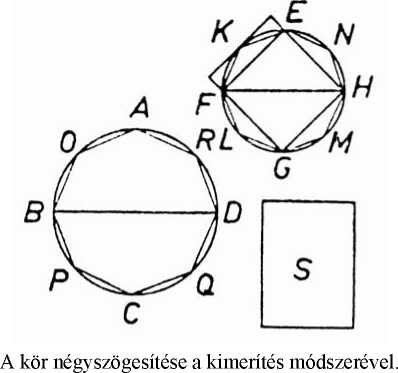
Ennek analógiájára vezették be a köb szerint összemérhető mennyiségeket is. (Erre Platón Theaitetoszának utolsó mondata utal - s feltehetőleg Theaitetosz felfedezése e fogalom és néhány hozzá tartozó tétel az Elemek X. könyvének elejéről.) így az, ami a püthagoreus matematika számára a legfontosabb problémát jelentette, új fogalmak és összefüggések forrásává vált. Így már semmiféle veszéllyel nem járt kimondani (Elemek X. könyv 115. tétel), hogy - a mi terminológiánkkal élve - végtelenül sok irracionális szám létezik.

Az akadémikusok által vizsgált, s az Elemekben is tárgyalt klasszikus problémák közé tartozik a kör négyszögesítése. A szofista Antiphón azzal próbálkozott, hogy egy tetszőleges sokszöget ír a körbe, melynek azután az íveit megfelezve, a beírt sokszögekkel közelítve végül megkapja a körívet. E gyakorlatilag pontos eljárást Arisztotelész épp azért bírálta, mert nem a geometria általánosan elismert alapelveiből indul ki. Nos, Eukleidésznél ez a probléma már az Elemek részeként szerepel. Feltehetőleg Eudoxosztól származik az eljárás, melyet a kimerítés módszerének neveztek. Alapgondolata hasonló a már említetthez: az egyre növekvő oldalszámú beírt és körülírt sokszögek területei közötti különbség egyre kisebb, ugyanakkor a kör területe mindig e két érték között van. <<<(((ez már az infinitezimális számítás elve -FÁ)))>>>

Erre alapozva a bizonyítást a XII. könyv 2. tétele így szól:

“A körök (területei) úgy aránylanak egymáshoz, mint az átmérőik négyzetei.”

Érdemes megfigyelni a bizonyítás szerkezetét. Pusztán a közelítéssel még nem vagyunk kész. Még majd kétezer év matematikai fejlődésére lesz szükség, hogy elegendő legyen annak kimutatása: a közrezáró értékek tetszőleges határnál kisebbé válnak. Eudoxosz indirekt módon mutatja meg, hogy a körök (területének) aránya sem kisebb, sem nagyobb nem lehet, mint az átmérőkre emelt négyzetek (területének) aranya. (A megoldás ötlete fontos szerepet fog játszani az analízis kialakulásában. Addig azonban még szükség lesz néhány új matematikai gondolatra és technikára, melyeket majd az arab matematika közvetít Európába.)



Egy másik jelentős probléma a kocka megkettőzése: azaz hogyan lehet adott kockához megszerkeszteni a kétszeres térfogatút. Ez ugye azért érdekes, mert a két kocka oldala hosszúság szerint összemérhetetlen, térfogat szerint azonban összemérhető. Eratoszthenész egy verse szerint Arkhütasz félhenger, Eudoxosz “hajlott vonalak” segítségével oldotta volna meg a problémát, Menaikhmosz pedig kúpok elmetszésével. A megoldás kúpszeletekkel valóban elérhető, és készítettek is kúpszelet-szerkesztő mechanikus eszközöket. A klasszikus görögök elméleti igényességére jellemző, hogy megoldásként természetesen itt sem elég a mechanikus szerkezet vagy a hajlott vonalzók megalkotása. Plutarkhosz idézi Platónt, mint aki ilyen esetekben a matematikai szigor és az elvi alapokon álló megoldások támogatója. Szerinte az elméleti megoldásnak meg kell előznie vagy legalábbis meg kell alapoznia az eszköz alkalmazását. Az említett technikai megoldások azonban - ahogy Arisztotelész szól róluk - nem vezethetők le a geometria elveiből. Hogy miről van szó, azt meglátjuk, ha belelapozunk a már eddig is oly sokat idézett Elemekbe.

### 5. Az első axiómarendszerek - az euklideszi Elemek

Ha van matematika-tankönyv, mely igazán nagy hatást gyakorolt az európai kultúra fejlődésére, akkor Eukleidész könyve a geometria elemeiről biztosan ilyen. Azt mondják, Biblia után ez a legtöbb kiadást megért könyv. Hatása nem csupán a matematikára terjed ki. Az újkori gondolkodók a gondolatok rendezésének eszményi formáját látták letisztult logikai rendszerében. Newton fizikája éppúgy, mint Spinoza Etikája, ugyanezt a mintát követi.

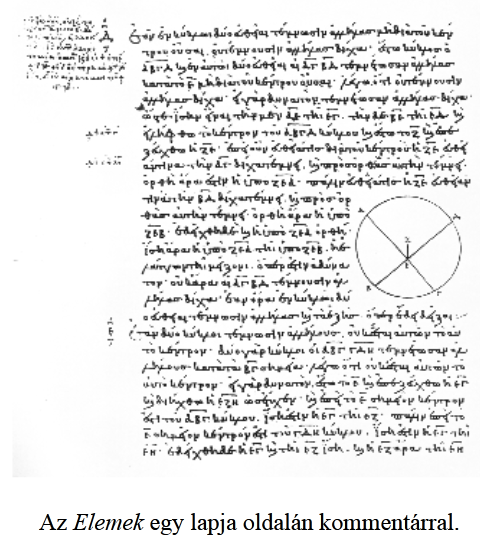
Eukleidész - bár ezt közvetlen adatok nem erősítik meg - a hagyomány szerint Alexandriában tanított, így személyében már a hellenisztikus matematikához tartozik. Valójában nem egymaga alkotta meg az Elemeket. Proklosztól tudjuk, hogy már Eukleidész előtt is voltak, akik Elemeket, azaz axiomatikus rendszereket állítottak össze. Feltehetőleg egy ilyenből származik például a már említett tételsor a páros és páratlan számokról is. Ezek az axiómarendszerek sajátos - a maitól különböző - struktúrával rendelkeztek. Eukleidész tehát nem szerzője, hanem minden bizonnyal csupán összeállítója az Elemeknek, melyet viszonylag kevés saját tétellel egészített ki. Van der Waerden nem is azt a tiszta rendszerépítő logikát értékeli benne, amelyet az elmúlt századok oly nagyra tartottak (ez mai matematikus szemmel nézve már nem is olyan kristálytiszta), hanem inkább didaktikai érdemeit emeli ki, mondván, feltehetőleg oktatási célból rakta össze e különböző rendszereket.

Nézzük meg tehát közelebbről a szöveget!

Axiomatizálásról szólván Proklosz (Eukleidész első kommentátora) szerint

‘. .. annak, aki elemeket állít össze, külön kell tárgyalnia a tudomány princípiumait (az elveket), és külön azokat a dolgokat, amelyeket az előbbiekből vezet le. A princípiumokról nem kell számot adnia (ezeket nem kell bebizonyítania). De feltétlenül be kell bizonyítania mindazt, amit a princípiumokból következtet ...”23

23Idézi Szabó Árpád: “Előszó” Elemek 12. o.



Ugyanis ha már bizonyítunk, akkor szükség van olyan állításokra, melyekre a bizonyítás során hivatkozhatunk. És ezeket ismét más tételekre hivatkozva tudjuk csak igazolni, és így tovább. Tehát a bizonyításokban fellépő végtelen regresszust valahol meg kell állítani. Az a pont, ahol megállunk, adja az elveket. <<<(((Kimondva vagy kimondatlanul ez az elégséges ok logikája, ami már meg kellett legyen Arisztotelesznél. Az axiomatikában ez egy fogalom kezelési ismeretelméleti módszer, az oksági láncolat elemzésében pedig a tapasztalható világ elemzésében egy ismeretelméleti (ugyanaz a) módszer. Még sehol sincsen a porfürioszi fa. Szabó Árpád megfogalmazásával ez egy dialektikai alapelv, amelyet többféle területen alkalmaztak. Ez az alapelv csak már szétvált területeken bukkan fel itt is és ott is. De mindmáig egy általánosnak tekinthető ismeretelméleti kiinduló pont (elv). -FÁ)))>>> Arisztotelész az Analitikában hosszan taglalja, milyennek kell lennie azoknak az állításoknak, melyeket elvként elfogadhatunk. <<<(((ezt egyébként önmagában érdekes lenne olvasni, hogy ebből mára mi lett (gondolok itt például de nem kizárólag a személy fogalmára mint alapfogalomra …. Az elv megnevezés valahogy nem illik rá nekme). -FÁ)))>>>

Az elvek három csoportra bomlanak: definíciók, posztulátumok és axiómák.

Az első könyv definíciókkal kezdődik. Ezek ilyenek:

“1. Pont az, aminek nincs része. <<<(((ez is egy ismeretelméletileg elemezhető kijelentés a geometriában. Lényegében sosem hallottam hivatkozni, de módszertanilag a pont az egész euklideszi mű alapfogalma. Ha fizikát írt volna, akkor az atomot jelölte volna meg úgy, hogy elemi összetevő, aminek nincsen része, lényegében csak feltételezzük, hogy van, nem letapogatható, de nagyon termékeny (megkerülhetetlen hipotézis, axiomatikus alapfogalom típus). Korábbi oldalakon felmerült, hogy ez melyik filozófiai iskolára volt jellemző. Keresték a feltétlen elméleti kiinduló pontokat… (talán az eleaiak?). -FÁ)))>>>

2. A vonal szélesség nélküli hosszúság. ... <<<(((már középiskolában kerestem, de csak ma állt össze a kép, hogy ha a pont a geometriai alapfogalom, akkor a vonalat pontok összességeként, későbbi szóval valamilyen halmazaként kellene definiálni, és akkor szétválhatnának a definíciós szintek. Tehát a vonalra mint axiómára lényegében nincsen szükség, meg lehet adni leszármaztatott definícióval. ***Más kérdés, hogy akkor a leszármaztatási logikát kell hozzá adni az axiomatikai rendszerhez, ami nevezhető akár egy más típusú axiómának, ha nem éppen elvenek (???!!!)*** A mai logika szerint mintha axiómának neveznék hol ezt hol azt, tágan mindazt, ami input a kezdéshez, tehát alapfogalmat, alapelvet, alaptételt stb. -FÁ)))>>>

10. Ha valamely egyenesre egyenest állítunk úgy, hogy egyenlő mellékszögek keletkeznek, akkor a két egyenlő szög derékszög, és az álló egyenest merőlegesnek mondjuk arra, amelyen áll. ...

23. Párhuzamosak azok az egyenesek, amelyek ugyanabban a síkban vannak és mindkét oldalt végtelenül meghosszabbítva egyiken sem találkoznak.”

A definíciók feladata tehát, hogy rögzítsék a fogalmak jelentését, mely nem feltétlenül azonos a hétköznapi nyelvhasználattal. Utánuk következnek a **posztulátumok és az axiómák**. E két csoport közötti különbség már az ókorban elhomályosult, általában a bizonyításra nem szoruló állításokkal azonosították őket. **Holott** a posztulátumok ezek:

“1. Követeltessék meg, hogy minden pontból minden ponthoz legyen egyenes húzható.

2. És hogy véges egyenes vonal egyenesben folytatólag meghosszabbítható legyen

3. És hogy minden középponttal és távolsággal legyen kör rajzolható.

4. És hogy minden derékszög egymással egyenlő legyen.

5. És hogy ha két egyenest úgy metsz egy egyenes, hogy az egyik oldalon keletkező belső szögek (összegben) két derékszögnél kisebbek, akkor a két egyenes végtelenül meghosszabbítva találkozzék azon az oldalon, amerre az (összegben) két derékszögnél kisebb szögek vannak.” <<<(((tehát ajánlások, kikötések -FÁ)))>>>

Az első és a harmadik ma úgy mondanánk, az euklideszi szerkeszthetőségre vonatkozó egzisztenciális követelmény, a negyedik pedig az egybevágóság és hasonlóság biztosítására szolgál. Az utolsó, legismertebb az ún. párhuzamossági posztulátum, melynek függését az axiómarendszer többi részétől sokan próbálták a későbbi századok során bizonyítani. Amit említettünk a kockakettőzés problémájánál, az most már világos, hogy miért nem került bele az Elemekbe. A hajlott vonalzók és egyéb mechanikai eszközök használata nem szerepel Eukleidész posztulátumai között. (Hogy valóban nem is lehet megoldani euklideszi úton, azt csak kétezer év múlva egy ifjú francia fogja tudni először bebizonyítani: Evariste Galois.)

Jellemző a posztulátumokra formájuk: “Követeltessék meg...”. Főként, ha szembeállítjuk ezt az axiómákéval:

“1. Amik ugyanazzal egyenlők, azok egymással is egyenlők.

2. Ha egyenlőkhöz egyenlőket adunk hozzá, az összegek egyenlők ...”

**Az axiómák kijelentő formájúak**, nincs kétség afelől, hogy igazak-e vagy sem. Ebben az értelemben mondhatnánk róluk Proklosszal, hogy azt rögzítik, amit minden józanul gondolkodó (matematikában jártas görög) egyébként is gondol.

**A posztulátumok** azonban nem ilyenek. Ezeket **meg kell követelni**. <<<(((a mai Kuhn féle paradigmákat (megkövetelt de világosan még csak nem is definiált elvárások értelemben) talán ebben az értelemben posztulátum jellegűeknek lehetne mondani? -FÁ)))>>> Vajon miért? Szabó Árpád itt ismét az eleai tradícióra utal. A mozgás, a változás ugyanis nemtartozott az antik görögök számára abba a körbe, amelyről minden további nélkül igaz állításokat tehetnénk. Zénón apóriái (apória: nehéz probléma) is arról szólnak, hogy nincs mozgás (pl. mert ahhoz, hogy eljussunk egyik pontból a másikba, előbb meg kell tennünk az út felét, és így tovább ), s hogy a mozgás gondolati megragadása lehetetlen. Márpedig a szerkesztésben mozgás van, így ennek lehetőségét meg kell követelni a továbbiakhoz.

A **posztulátum (aitéma)** olyan követelmény, melyet úgy használunk fel a bizonyításban, hogy nem vagyunk benne biztosak, hozzájárul-e, igaznak tartja-e a másik fél. (Erre és néhány Arisztotelész szöveghelyre alapozva Tóth Imre magyar matematikatörténész azt fejtegeti, hogy lehetséges, hogy valamilyen formában létezett már a görögök idején is nem-euklideszi axiómarendszer.)

Így éles határ húzódik axiómák és posztulátumok között. Vannak azonban arra utaló jelek, hogy talán mégsem mindenki értett egyet a princípiumok ilyen felosztásával. Zénón egy másik apóriája (a fele rész egyenlő a kétszeresével) mintha épp a 8. axiómáról vélekedne másképp, ami azt mondja ki:

“Az egész nagyobb a résznél”.

Az Elemek könyvei - eredetileg papirusztekercsek - ezek után már csak újabb definíciókat tartalmaznak, és minden további összefüggést ezekre az axiómákra és posztulátumokra hivatkozva bizonyít. Ezek a geometria elvei, melyekre Arisztotelész hivatkozik az Analitikában, s melyekből minden más bizonyítandó. (Az axiomatikus matematika ezen ideálja csak kétezer év múltán adta át helyét egy másfajta axiomatizálásnak. melyről a későbbi fejezetekben lesz szó.) <<<(((talán az induktív axiomatikáról lenne szó ott a későbbi fejezetben? -FÁ)))>>>

Az első két könyv egyenesekre, szögekre és sokszögekre vonatkozó tételeket tartalmaz. Ezek közül néhány a terület átdarabolással kapcsolatos, amire az “egyenletmegoldási” technikáknál még visszatérünk. 1.47 a Püthagorasz tétel. II. 14 pedig egy adott sokszög területének “kvadratúrája”, azaz a vele egyenlő területű négyzet megszerkesztése. A harmadik és negyedik könyv körökkel, bele- és körülírt sokszögekkel foglalkozik (melyek - emlékszünk - fontosak lesznek a körök területeire vonatkozó tételnél). Lényegében tétel formában előadott szerkesztési feladatokat tartalmaznak. Az ötödik könyv a szakaszok arányaival foglalkozik, s ezek egy részét alkalmazza a hatodik, az alakzatok hasonlóságára vonatkozó tételekben. A következő három könyv a számok tulajdonságairól szól - oszthatóság, felbonthatóság, számok “hasonlósága”, négyzetszámok. A tizedik könyv tartalmazza az összemérhetetlen szakaszokra vonatkozó tételeket, és az összemérhetetlen mennyiségek osztályozását. Az utolsó három könyv alapvetően térgeometriai: a poliéderek tulajdonságaival foglalkozik, mint például a következő tételek:

“XII. 10 Minden kúp harmadrésze az egyenlő magasságú és ugyanazon alapon fekvő hengernek

XII.18 A gömbök az átmérőikhez viszonyítva háromszoros arányban állnak egymással...”

Az Eukleidész által ránk hagyott axiomatikus rendszerhez két kiegészítés tartozik. Az egyik, hogy miként lehet felfedezni ezeket a tételeket, melyek ebben a szigorú rendben bizonyítottak. A másik pedig az elmélet alkalmazása. E két területet vesszük szemügyre a következőkben, majd a hellenisztikus matematika nagyszerű eredményeiről is szólunk röviden.

### 6. Antik heurisztika

Az antik matematikai tárgyú értekezésekben általában szigorú rendben sorakoznak egymás után a tételek és bizonyításaik, de vajon hogyan fedezték fel ezeket a tételeket? Hogyan készül a matematika, és hogyan nyeri el azt az egzaktságot, melyet a kész műben tapasztalunk? Ezek a kérdések már az ókorban felmerültek, amikor a matematika tanulmányozása a mester és tanítvány közötti párbeszéd helyett a klasszikus szövegek olvasását, újragondolását, továbbvitelét jelentette. Papposz (aki maga számol be az i. sz. 320. évi napfogyatkozás személyes megfigyeléséről, ezért kivételesen róla pontosan tudjuk, mikor élt) a régi nagy matematikusokat (Euklidész, Apollóniosz, Ptolemaiosz, ...) olvasva gyakran fűzött szövegeikhez kommentárokat. Mint az igazán figyelmes olvasó, részletezte a bizonyítást, ahol nem minden részlet volt leírva, kiegészítette az esetszétválasztást, ha hiányos volt, vagy éppen megfogalmazta az implicit lemmákat. Kommentárjai mellett eredeti felfedezései is voltak, most azonban nem ezekről, hanem az általa összeállított gyűjteményes munka (Collectio) VII. könyvéről24 szeretnék szólni.

24 Pólya György (magyar filozófus-matematikus, akinek a heurisztika XX. századi újjászületését köszönheti) A gondolkodás iskolája (Gondolat, Budapest, 1977) c. ragyogó kis könyvében közli egy vázlatos fordítását is.

Ebben Papposz Eukleidész, Apollóniosz és Arisztaiosz korábbi eredményeire hivatkozva a heurisztikát (latinosan: ars invendi, azaz a felfedezés művészete) olyan tudományágként definiálja, mely a matematika elemeinek ismerőit hozzásegítheti feladatok megoldásához. A heurisztikának két módszerét különbözteti meg: az **analízist és a szintézist**.

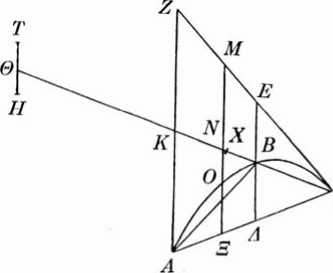
* Az **analízis** során abból indulunk ki, amit bizonyítani akarunk. Következményeinek vizsgálata során szerencsés esetben eljutunk egy olyan ponthoz, amit már valóban biztosan tudunk, és ami az elkövetkező szintézis kiindulópontja lehet. (Tekinthetjük e leírás alapján az analízist ellenőrzésnek is, melyben, ha szükséges és elégséges következtetések mentén haladtunk, akkor elindulhatunk visszafelé.) Fordított irányú munkának is nevezi, mert a kérdés, amit a vizsgálódás folyamán újra meg újra felteszünk: **“Mi kellene ahhoz, hogy ez a tétel igaz legyen?”** Ebben a megfogalmazásban **nem a következmények**, hanem inkább a **feltételek** vizsgálata jellemzi az analízist. Összefoglalóan tehát azt mondhatnánk, a tétel <<<(((hipotézis -FÁ)))>>> logikai-matematikai környezetének bejárásáról van szó, amíg egy már ismert részhez nem jutunk.
* A **szintézis** ezzel szemben az ismertből <<<(((tapasztalati tényt értve alatta!?!? -FÁ)))>>> indul ki, és innen építi fel a bizonyítás révén a tételt. Ezt Papposz konstruktív megoldásnak vagy egyenes irányú munkának is nevezi.

Kétféle analízist is megkülönböztet.

* Az egyik a bizonyítási feladatokhoz tartozik: célja az előre megfogalmazott tétel igazságának alátámasztása vagy cáfolata.
* A meghatározó feladatokban pedig egy ismeretlent keresünk, mely világosan rögzített feltételeknek felel meg, s ekkor az analízis célja ezen ismeretlen megtalálása. <<<(((az nem a szintézis?? -FÁ)))>>>

Pólya György hangsúlyozza, hogy sem az analízis, sem a szintézis alkalmazása nem korlátozódik a matematikára (Papposznál: geometriára). Amikor a XVII. században újra előkerül a módszer problémája, akkor a matematika újra csak ideál, példakép lesz, és a tudósok, filozófusok általában a tudomány módszerét fogják keresni, mellyel biztosítani remélik felismeréseik igazságát. Descartes (Szabályok az értelem vezetésére, valamint Értekezés a módszerről) és Leibniz (ő csak tervezte egy Ars invendi megírását) a felfedezés forrását előbbre valónak, fontosabbnak tartották magánál a felfedezésnél. <<<(((ez az induktív axiomatikát hangsúlyozók álláspontja lenne a dedukciót leértékelőktől illetve tudomásul venni nem akaróktól? -FÁ)))>>>

Még egy antik szöveget ismerünk a felfedezés művészetének témakörében, éspedig Arkhimédész tollából. Időben természetesen korábbról származik, mint Papposzé, ám a világ jóval később szerzett róla tudomást. Egy papiruszra írt levélről van szó, melyet Arkhimédész Eratoszthenészhez írt, amelyet a századok során lekapartak és felülírtak, s teljesen véletlenül talált rá mintegy kilencven éve Heiberg dán filológus. Ez a levél arról szól, miként fedezte fel Arkhimédész, hogyan lehet kiszámítani a parabolaszelet területét. Ebben egy mechanikai modellre hivatkozik. Úgy kezeli a parabolaszeletet, mintha homogén lemezből lenne kivágva, és felfüggesztve tengelye mentén egy emelő egyik karjára. A parabola tulajdonságait ismerve, a parabolaszelet egyes szakaszait eltolja az emelő másik karjának egy pontjába, ahol ezek egyensúlyt tartanak egy ismert háromszög megfelelő szakaszaival.



Arkhimédész kiszámítja a parabolaszelet területét.

Az emelőtörvény ismeretében, feltételezve, hogy a parabola összes (AB) szakaszát eltoljuk a másik pontba, az erőkar és a teherkar arányából adódik az összefüggés: a parabolaszelet területe a beleírt háromszög területének 4/3-szorosa. Arkhimédész ehhez hozzáfűzi: ezzel még nincs egzaktul bizonyítva az összefüggés, de bízhatunk az igazságában.

Amikor a gömb és a köré írt henger térfogatának arányát keresi, ugyanebben a levélben Arkhimédész hasonlóképpen homogén, tömör gömb és henger szeleteinek emelőkkel való kiegyensúlyozását alkalmazza. De ne gondoljuk, hogy a mechanikai okoskodás szükségképpen csak heurisztikus. A parabolaszelet kvadratúrajáról szóló dolgozatában ugyanis a módszerben közölt mechanikai eljárást egzakt kimerítéses eljárássá alakítja, azaz beírt és körülírt sokszögekkel közelítve határozza meg, majd megmutatja, hogy a terület ennél az értéknél sem kisebb, sem nagyobb nem lehet.

### 7. Alkalmazott matematika a hellenisztikus korban

Arkhimédészről szólván ismét előtérbe kerülnek a hétköznapi élet matematika segítségével megoldható problémái. Noha maga Arkhimédész egyetlen sort sem hagyott hátra ez irányú munkásságáról - lévén maga is a tiszta matematika elkötelezett híve -, saját korában híressé és elismertté mégis e tevékenysége tette. A kort és benne a matematika helyzetét is jellemzi, hogy - mint Plutarkhosz írja - Hierón király azzal próbálta biztatni mechanikai eszközök készítésére, hogy ezáltal felfoghatóvá teheti a köznép számára elméleteit25. Nos, a geométer valóban elméleti tudására alapozva szerkesztette meg híres hajítógépeit, melyek hatalmas köveket dobtak az ellenség hajóira, daruit, melyek felborították, víz alá nyomták, vagy épp kövekkel, ólomdarabokkal terhelve elsüllyesztették azokat. Erre utalnak Az úszó testekről, ill. a Síkidomok egyensúlyáról szóló elméleti értekezései.

25Idézi van dér Waerden: Egy tudomány ébredése 342. o.

Nem Arkhimédész az egyetlen azonban, aki a geometriai összefüggéseket más területeken alkalmazta Pszeudo- Arisztotelész és Héron Mechanikái, Eukleidész és Ptolemaiosz Optikái, Heron Katoprtikája (A tükrözésről), Dioklész munkája a (paraboloid alakú) Gyújtótükrökről is ily módon vitte át egy nem matematikai területre a geometria eredményeit. **A térképészetben a gömbi geometria,** illetve a sztereografikus projekció és a perspektíva geometriai tanulmányozása segített, ahogy az kiderül Ptolemaiosz Geográfiájában leírt képekből és eljárásokból.

Végül talán a legismertebb alkalmazott matematikai terület a hellenisztikus korban a csillagászat lett, melynek betetőzése Ptolemaiosz Almagesztje. Az alkalmazott matematika kérdéseiről bővebben is lesz még szó a fizikáról és a csillagászatról szóló fejezetekben.

## C. A harmonikus kozmosz püthagoreus eszméje és a görög matematikai csillagászat *(Székely László)*

### 1. A milétoszi természetfilozófia és a görög csillagászat

Láttuk, hogy a görög filozófiatörténet első, preszókratikus korszakát a természetfilozófia korszakaként definiálhatjuk. Ám ennél többet is állíthatunk: e korszak nem egyszerűen a természetfilozófia, mint inkább a kozmológia korszaka: az első görög “filozófiák” még nem annyira filozófiák, mint inkább a mitikus kozmológiák újrafogalmazásai. A milétosziak - bár kétség kívül a bölcsesség szeretői voltak - inkább mítoszalkotó személyiségeknek tűnnek föl, mint filozófusoknak e szó későbbi értelmében. Anaximandrosz aperionja vagy Anaximenész világot kormányzó levegője inkább a keleti mitológiák személytelen kozmikus elveinek és szubsztanciáinak rokona, mint a későbbi filozófiai fogalmaknak: ma már általános a vélemény, hogy amikor Arisztotelész saját filozófiájának fogalomrendszerét használva tárgyalja a milétoszi tanokat, saját filozófiájának jegyében interpretálja e korai bölcsek tanítását. Hasonlóképpen, minden bizonnyal a püthagoreus közösségek sem a későbbi értelemben vett filozófia köré szerveződtek titkos társaságokként, hanem maga Püthagorasz tanítása volt olyan mitologikus tan, melyet adekvát formában műveltek szektaszerű közösségekben. Ami új, s a korábbi korokhoz képest rendkívüli volt a görögöknél, az

* egyrészt a mítoszalkotó ember önálló s tudatos személyiségként való előlépése,
* másrészt a kritikai attitűd, amivel minden korábbi és kortárs kozmológiai mítoszhoz viszonyultak.

Új kozmológiával előállni: ez persze mindenképpen eredeti és nemcsak politikai-közösségi, hanem szellemi értelemben is bátor cselekedet volt, s a kortársak talán e bátorságot, és egyáltalában a kozmológia megalkotásának képességet jutalmazták a “bölcsesség szeretője” jelzővel. (Mindenesetre a “hét bölcs” közül csupán a kozmológus Thalésznek - kb. i. e. 640-646 - jutott osztályrészül ez a jelző.) Persze

* a mitológia újrafogalmazása sem teljesen párhuzam nélküli: amikor Buddha megalkotta az új vallást, ugyanúgy szuverén személyiségként viszonyult az addigi mitológiákhoz, s ugyanúgy újrafogalmazta azokat, mint Anaximandrosz (kb. i. e. 611-546) és Anaximenész (i. e. 585-525) a kozmológiát.
* Ám Anaximandrosz tanítása nem teremtett új vallást, s tanítványa, Anaximenész már mást tanít, mint mestere.

A kozmológiai mitológia újrafogalmazása nem egy kivételes pillanatban föllépő kivételes személyiség megismételhetetlen tette volt: a szellemi szuverenitás és az ebből következő kritikai attitűd a görög kultúra, a görög ember egyetemes jellemzője.

A milétosziak által újrafogalmazott kozmológia mindenekelőtt abban különbözött a korábbi mitologikus kozmológiáktól, hogy

* szakított a durván antropomorf személyes kozmikus tényezőkkel, s azokat - mint az előbbiekben utaltunk rá - a keleti kozmológiákhoz hasonló személytelen kozmikus elvekkel helyettesítette.
* Az új kozmológia másik fontos jellemzője monizmusa volt: a milétoszi világmagyarázat minden létezőt egyetlen, végső kozmikus alapelvre vezetett vissza.

Ez a személytelen elv egyszerre képviselte a kozmosz szubsztanciális alapját, hordozta annak lehetőségét, s egyben azt a képességet is, hogy minden akaratlagos cél és tervezet nélkül, önmagából, önmaga személytelen, örök törvényei szerint megvalósítsa e lehetőséget és a sokszínű, változatos világot immanens módon létrehozza. A kozmosz történései és törvényei a milétoszi természetfilozófiában ebből a személytelen kozmikus elvből bontakoznak ki, s erre vezethetőek vissza: a személytelen kozmikus elv (az aperion vagy a levegő) örök törvényeivel egyben uralja, „kormányozza” is a világot. (Az elv “arché”-ként történő megjelölésének jogosultságán a filozófiatörténészek mindmáig vitatkoznak.)

A durván antropomorf és személyes mozzanatoknak, valamint a célirányúlt, akaratlagos kozmikus törekvéseknek az eltűnése azonban nem jelentette azt, hogy a milétoszi kozmológiát a mai természettudományos magyarázatokhoz hasonló, minden célokságot és antropomorfizmust mellőző szemléletmód és világmagyarázat jellemezte volna. Bár a világot kormányzó kozmikus alapelv személytelen volt, bizonyos - a mítoszokban megjelenő antropomorf tényezőknél jóval finomabb - antropomorf és ideologikus jelleget hordozott. Ezt a sajátosságot a modem materializmus és a modem természettudomány jegyében gondolkodó tudománytörténészek gyakran csak a nyelvi kifejezés kiforratlanságának, gyengeségének tartották, ám a ránk maradt szűkös töredékek között egy olyat sem találunk, amely ezen álláspontot alátámasztaná. Az az állítás, hogy a milétosziak a modem természettudomány vagy a modem materializmus szellemében tekintettek volna a kozmoszra, s csupán nyelvi eszközeik fejletlensége miatt maradtak rá az ennek ellentmondani látszó töredékek, egyébként is anakronizmusnak tűnik. Ha a görög természetfilozófia kétségen kívül a személyes elemekkel benépesített görög mitológiával történő szakítással jött is létre; a személytelen kozmikus elvei - mint már említettük - inkább a keleti kozmológiák személytelen világelveire hasonlítanak, mint a modem természettudomány törvényeire, vagy a modem materializmus anyagára.26

26Vö. ezzel kapcsolatban Kirk, Raven és Schoefield Preszókratikus gondolkodók című alapvető munkáját, ami azontúl, hogy számos lényeges preszókratikus töredéket tartalmaz, kommentárjaiban differenciáltabb, árnyaltabb képet nyújt e korai gondolkodókról és a mitologikus szemlélethez való viszonyukról, mint az a nálunk sokáig egyoldalúan uralkodó fölfogás, mely a milétoszi gondolkodókat korai materialistáknak vagy éppen a mai értelemben vett természettudományos racionalizmushoz hasonló racionalizmus képviselőinek tekinti.

Ugyanakkor a személytelen és egynemű kozmosz eszméjével összhangban, és a kozmikus alapelvben rejlő finom teleologikus és antropomorf mozzanatok ellenére a korai görög bölcselők határozottan elvetették az olyan magyarázatstruktúrákat, melyek - a mítoszokhoz hasonlóan - az akaratlagos és előrelátó emberi tevékenység mintájára magyarázzák a természeti jelenségeket. Tanításukból az is következett, hogy a kozmoszt meghatározó személytelen elvekhez és erőkhöz képest mind a klasszikus mítoszok személyes tényezői - az akarattal és tudattal rendelkező Istenségek -, mind az ösztönösen célirányúlt törekvésre képes élőlények, mind az akarattal és a tudattal bíró ember csupán másodlagosan, e személytelen elvek és erők tevékenységének eredményeképpen, mindennemű kozmikus tervezet nélkül jöttek létre.

Platón (i. e. 427-347) Empedoklészra (kb. i. e. 495-435) célozva a következőképpen karakterizálta ezt a sajátos, általa igen negatívan értékelt világértelmezést:

“azt állítják, hogy a tűz, víz, föld és levegő valamennyien a természet és a véletlen művei, s a művészetnek semmi szerepe sem volt létrejöttüknél; az ezek után keletkezett testek viszont: a Föld, a Nap, a Hold és a csillagok ezek által keletkeztek; ... nem ész által, sem nem valamely isten, sem nem öntudatos művészet által, hanem - mint mondottuk - természet és véletlen folytán. A művészet csak később ezekből - a véletlen folytán létrejött halandókból - s így másodrangúnak és halandónak született, s ezért hozott létre holmi, a természetes lét szempontjából másodrangú, az igazi létben alig részesülő másodlagos alkotásokat, melyek csak afféle képmásai a valóságnak, s ebben rokonai egymásnak; ilyenek a festészet, a zene és a többi velük együtt dolgozó művészetek alkotásai. Azok a művészetek pedig, amelyek valami komoly dolgot is létrehoznak, a természettel párosították a maguk képességét, mint például az orvostudomány, a földművelés és a testgyakorlás ... így látszik, hogy az előadott nézetek hirdetői azt gondolják, hogy a tűz, a víz, a föld és a levegő a legelső létezők, s ezeket értik a 'természet' elnevezésen; a lélekről pedig azt tartják, hogy csak később, ezekből az elemekből keletkezett. ... Ami az első oka és forrása minden dolog keletkezésének és pusztulásának, azt nem elsőnek, hanem olyasminek, ami csak később keletkezett, tüntetik föl azok az okoskodások, amelyek az istentelenek lélekfogalmát kialakították; azt viszont, ami tényleg későbbi és másodlagos, elsődlegesnek és előbbinek tüntetik föl ...” (Törvények, X. könyv, 889-891. )27

27 Platón Összes Művei III. köt. (Európa, Budapest, 1984)

A mítoszokkal szakítva az európai gondolkodás történetében a görögöknél - mégpedig konkrétan a milétoszi természetbölcselőknél -jelenik meg először a minden tervezet nélküli, örök, személytelen elvek és törvények szerint működő kozmosz ezen eszméje, és az a modem természettudományos világmagyarázatot is előkészítő tudatos törekvés, mely a kozmosz egészét a most ismertetett módon - értelem és célirányultság nélküli tényezők segítségével, a földi világban tapasztalt és megfigyelt jelenségek és folyamatok mintájára - próbálja meg megérteni és megmagyarázni.

A milétosziak természetfogalma ugyanakkor ezzel együtt sem azonos az újkori tudomány természetfogalmával. Nemcsak a kozmikus elvekben érzünk finom teleológiát és antropomorf vonásokat, hanem az élettelen természet is a növényekhez és az állatokhoz hasonlóan bizonyos elevenséggel öntevékenységgel bír. A görög “phüzisz” szó eredetileg elsősorban az élő - s ezen belül az emberi - természetet jelentette, ám az élettelen természetre alkalmazva is megőrzött valami aktivitást, tevékenységet jelentésében. A természetet a korai görög természetbölcselők számára permanens forrongás jellemezte. Ez abból fakadt, hogy természetképükben a természet olyan aktív potenciákat hordozott magában, melyek magukat a természet működésének részeként, tevékeny módon, önállóan realizálták a létrejövés, a célirányultság nélküli keletkezés és az elenyészés soha meg nem szűnő folyamatában. Ezért

amikor az előbb úgy fogalmaztunk, hogy a milétosziak kozmoszában a lélekkel bíró létezők másodlagosak voltak, akkor ennek során a lélek mai fogalmára, a célirányos és az akaratlagos cselekvésekre képes lélekre gondoltunk.

Az aktív, öntevékeny potenciák értelmében a milétosziak kozmosza ugyanis lelkes, s ők maguk a természeti jelenségek kapcsán gyakran beszélnek lélekről. Így Thalész szerint a mágnes, azért vonz, mert lélekkel rendelkezik28, vagy Anaximenész szerint a levegő úgy fogja át a világot, mint a lélek az emberi testet29. Ez a lélekfogalom nem a mi lélekfogalmunk, de nem is a Szókratész (i. e. 469-399) után alkotó Platón (i. e. 427-347) vagy Arisztotelész (i. e. 384-322) lélekfogalma, hanem inkább a természeti létezőknek egyfajta vak, célirányultság nélküli tevékenységre képes elevensége. Ezért ha ezt az elevenséget a milétosziak hasonlatosnak is tartják az emberi lélekhez, ezt nem azért teszik, mert valami akaratlagosságot, vagy más, a tulajdonképpeni természettől különböző lényeget tételeznének föl a kozmoszban, hanem sokkal inkább azért, mert maguknak az élőlényeknek és az embernek a lelkét sem különböztetik meg igazán testi valójuktól, s azt is a természetbe szervesen beágyazódó tényezőként, a természet szerves mozzanataként fogják föl.

28Görög gondolkodók 1. köt. 6., 13. o.

29Uo. 30. o.

A természetnek ez a milétosziakra jellemző belső aktivitása, öntevékenysége az atomistáknál később a minimumra redukálódik: a passzív, tevékenységre képtelen atomok véletlenszerű örvénylése váltja föl helyét30. Empedoklésznél és Anaxagorasznál (i. e. 500-428) viszont az eredendő, öntevékeny természeti aktivitás oly módon szűnik meg, hogy a kozmosz struktúrája egy aktív és egy passzív tényezőre bomlik szét.31

30P1.: “A világok pedig így keletkeznek: a határtalanból való elszakadás folytán sok, mindenféle alakú test egy nagy űrbe kerül, s ezek összegyűlve egyetlen örvényt alkotnak...” - úja Diogenész Laertiosz Leukipposz természetbölcseletéről. Görög gondolkodók 2. köt. 50-51. o.

31 Empedoklésznél az aktív oldal a Gyűlölet és a Szeretet párosa (pl. Görög gondolkodók 2. köt. 20-22., 25. o.); Anaxagorásznál az Értelem (vö. Görög gondolkodók 1. köt. 103—104., 106-107. o.)

A monista kozmoszképnek a görög csillagászat története szempontjából igen fontos következményeként az égi jelenségek is ugyanolyan módon magyarázandóak, mint a földi jelenségek: természeti, s nem isteni jellegűek, keletkeznek és elmúlnak, nem jellemzi őket sem a célirányultság, sem az akaratlagosság stb. Ugyanakkor, bár az égi és a földi világ ezen alapvető egyneműségéből nem következik logikai szükségszerűséggel egyúttal fizikai egyneműségük is, mégis kézenfekvően adódik, hogy egy ilyen kozmoszban az égi dolgok megértésére törekedve földi analógiákat keressünk.

A csillagvilág földi analógiák segítségével történő teoretikus tárgyalása, s ezzel az égi és a földi világ fizikai homogenitásának tételezése: ez az igazi értelme a csillagok természetével kapcsolatos olyan típusú elképzeléseknek, mint amilyennel pl. Anaximenésznél találkozhatunk, aki ezeket földi kigőzölgések eredményeképpen létrejövő légköri jelenségeknek tekinti32, vagy a Nap és a Hold tüzes kerékként történő leírásának, melyet a hagyomány Anaximandrosznak tulajdonít.33 A földi és az égi világ fizikai egyneműségének föltételezése a preszókratikus természetbölcselőknél kifejeződött az olyan korábban félelmet keltő, misztikusnak tartott jelenségek fölötti tűnődésekben is, mint a nap- és a holdfogyatkozások. Így Anaximandrosz a Nap- és a Hold-kerék fénykibocsátó nyílásainak időleges eldugulásaival magyarázza a fogyatkozásokat34, míg úgy tűnik, hogy Anaxagorasz - figyelembe véve a Napnak és a Holdnak a fogyatkozásokkor egymáshoz képest elfoglal helyzetét - nemcsak eltalálja, hanem a szó mai értelmében föl is ismeri e jelenségek valódi okát.

32Görög gondolkodók 1. köt. 26., 29. o.

33uo. 21. o.

34Görög gondolkodók 1. köt. 21. o.

A fönti megfontolások, s az eredményül kapott következtetések egy része mai ismereteink alapján persze igen naivaknak tűnhetnek, ám valóságos értéküket, jelentőségüket nem konkrét tartalmuk adja, hanem az az attitűd, s világkép, ami kifejeződik bennük. De az attitűdön túl magát a tartalmat tekintve is igen anakronisztikus volna az akkori ismeretanyag figyelembevétele nélkül, mai ismereteink alapján minősíteni e több mint két és fél ezer évvel ezelőtti elképzeléseket. Így például az a kozmikus kép, melyben a Föld alakja lapos, az adott kor szellemi horizontján semmivel sem volt naivabb vagy vitathatóbb, mint a Föld gömbölyűségének föltételezése, melyet egyes források a korai püthagoreusoknak, mások az eleai Parmenidésznek (i. e. 540 körül) tulajdonítanak35. Így az anakronisztikus tudománytörténet-írás tipikus példája az az állítás, amely szerint Parmenidész Anaximenésztől eltérően “fölismerte” volna a Föld gömb alakját, hiszen az akkori görög tapasztalati ismeretekből kiindulva semmivel sem volt indokoltabb a Föld gömbölyűségét állítani, mint pl. az Anaximandrosz-féle oszlopszerűségét36. Nem a konkrét magyarázat részleteit kell tehát tekintenünk, hanem általában a csillagvilágjelenségeinek új típusú, azokat demitizáló értelmezését kell értékelnünk. Arra, hogy a kozmosz ilyen leírása mennyire eredeti volt, mily mértékben szakított a hagyománnyal, s ezért mennyire irritálta még a görög fölvilágosodás csúcspontján is a görög embereket, bizonyítékként szolgál az Anaxagorasz elleni athéni per, melynek egyik fő vádpontja az volt, hogy Anaxagorasz a Napot tüzes érctömegnek tekinti, s ezáltal tagadja annak isteni voltát.37

35Diogenész Laertiosz alapján Püthagorasz kozmológiájában a világ gömb alakú volt, középpontjában a szintén ilyen alakú Földdel. Ugyancsak ő Favorinuszra hivatkozva azt állítja, hogy Püthagorasz volt az első, aki a Földet gömb alakúnak tekintette. Arisztotelész tanítványa, Theophrasztosz viszont Parmenidésznektulajdonítja ezt az elsőséget.

36Görög gondolkodók 1. köt. 15-16., 22. o.

37Görög gondolkodók 1. köt. 101., 103. o.

A milétosziakhoz visszatérve, Anaximandrosz kapcsán meg kell még említenünk azt is, hogy a görög kultúrában oly meghatározó harmóniaeszmével összhangban természetmagyarázatában - így a Föld kozmikus pozíciójának leírásában - megjelentek a természeten belüli harmonikus geometriai alakzatok és arányok, s nem zárható ki, hogy ily módon a püthagoreusok természetfölfogásának is egyik inspirálója volt.

Összegzésképpen megállapíthatjuk tehát, hogy a milétoszi iskola a kozmosz egységes személetével, az empirikus kiindulóponttal - Anaximandrosz esetében a geometriai és matematikai szempontok megjelenésével is -, s különösképpen pedig a személytelenül működő kozmikus alapelvvel (a kifinomult formában fölbukkanó antropomorf és ideologikus mozzanatok és a természet “lelkességének” ellenére) a későbbi természettudományos szemléletmód és világmagyarázat egyik előkészítője és forrása. Így abban, hogy a XVI. és a XVII. században kibontakozó újkori csillagászat a dualista és célirányúlt arisztotelészi világtól visszatért az egynemű, személytelen kozmosz ideájához, a most tárgyalt görög természetbölcselők - s közülük különösen a személytelen kozmosz milétoszi eszméjét radikalizáló, s már kifejezetten célirányultság nélküli és dezantropomorf kozmológiát alkotó atomisták - tanítása is szerepet játszott. <<<(((Arisztotelesznél a domináns jellemző, amit Szabó Árpád is hangsúlyozott a dialektikában való gondolkodás. Az ős ismeretelmélete vagy filozófiája, általában vett tevékenysége a dialektika, a gondolatok egyeztetési igénye révén az ismeretelméleti alapokat önállósította, tette modellszerűen, sablonszerűen használhatóvá (okság, szubsztancia és akcidensek, stb). -FÁ)))>>>

Ennek ellenére a görög matematikai csillagászat - az első igazán kifejlett és hatékony elméleti-matematikai természettudomány - nem fejlődhetett volna ki a milétoszi alapokon. Mi több, a milétoszi kozmoszkép egyenesen elzárta az utat e fejlődési irányban. E világértelmezés ugyanis nem ösztönözhette igazán az égbolton tapasztalható mozgások szabályosságainak kutatását, s ezért kozmoszképe alapján nem alakulhatott volna ki az a gondolkodásmód és ismeretrendszer, amit ma egzakt tudománynak nevezünk. A világegyetem ilyen elképzelésével összhangban volt ugyan az a fölismerés, hogy a Nap, a Hold és a bolygók mozgása bizonyos szabályosságot mutat, ám teljesen idegen volt tőle az az eszme, hogy e szabályosságnak a közvetlenül megfigyelés során tapasztalt, csupán közelítően pontos jellege pusztán látszat volna, ami mögött pontosabb - esetleg tökéletes, harmonikus, matematikai jellegű összefüggéseknek eleget tevő - szabályosság rejlik. Mert a természet közvetlen tapasztalása azzal az élménnyel szolgál ugyan, hogy jellemzőek rá a törvényszerű ismétlődések, a visszatérések és a körforgások, ugyanezen élmény alapján az a benyomás alakul ki bennünk, hogy ezek sohasem tökéletesek, sohasem pontosak, hanem csupán megközelítőleg szabályszerűek. Sőt, a földi és égi világot egységes kozmosznak tekintő, s ennek nyomán az égi létezők és jelenségek isteni természetét tagadó kozmosz milétoszi eszméje éppenséggel a további kérdéseket automatikusan elzáró magyarázatot ad a pusztán közelítően szabályosnak mutatkozó égi jelenségek szabálytalanságaira: az égitestek nem az isteni, hanem a földi jelenségekhez hasonló természetűek, s ezért pályájukon szükségképpen pontatlanul váltakozó sebességgel (sőt, néha még sebességük irányát is megváltoztatva), ingadozva haladnak. <<<(((milyen kevesen lehetnek fogékonyak ma is ezekre a szempontokra … tapasztalva az egyetemi tanári vagy egyetemi diplomás múlttal rendelkezők heves ellenállását a tudás nem-kizárólag tapasztalati eredetének gondolatával szemben... -FÁ)))>>>

### 2. A praktikus görög csillagászat

Arról, hogy a görög kultúrában pontosan mikor kezdődött az égitestek mozgásának, a csillagos ég változásainak szisztematikus megfigyelése, nincsen tudomásunk. Az azonban bizonyos - s erről az irodalmi emlékek is tanúskodnak -, hogy a csillagos eget a mindennapi életben ők is időmérő eszközként használták, s ennek részeként népi kalendáriumokat alakítottak ki maguknak. E népi csillagnaptárak készítése azután az idő múlásával fokozatosan professzionalizálódott, s olyan személyek vették át ezt a föladatot, akik speciálisan ismerték és tudatosan vizsgálták a csillagos ég változásainak szabályosságát. A professzionalizálódott naptárkészítés nyomán fejlődtek ki azután az év, a hónap és a nap hosszával, valamint egymáshoz való arányával foglalkozó vizsgálódások, melyek abból fakadtak, hogy a népi kalendáriumok természetükből következőleg évkalendáriumok voltak, hiszen a csillagos ég változása és az időjárás a Nap éves keringésével függ össze, míg a görög civil naptár a Hold keringésén alapuló Hold-naptár volt.38 A civil Hold-naptárnak és a népi kalendáriumok Nap-naptárának összhangba hozása így természetes problémaként adódott. Az összhang elérését azonban megnehezítette az, hogy a civilnaptár csak hozzávetőlegesen követte a Hold mozgását, s a civil élet követelményeinek megfelelően egy-egy hónaphoz olykor pótnapokat illesztettek. Így Athénban a naptárért felelős archon bármikor beilleszthetett egy újabb napot a naptárba, s így kialakult az “archon szerinti” és az “isten szerinti” dátum fogalma, melyek közül csak az utóbbi követte igazán a Hold mozgását. Az “isten szerinti” naptár, mint csillagászati naptár, tehát fokozatosan elszakadt a civil naptártól. A Hold-hónap és a Nap-év összhangba hozására irányuló törekvések ennek során természetesen a csillagászati naptárral dolgoztak, s az így kapott pontosabb naptárt használták később a görög csillagászok megfigyeléseik rögzítésekor.

38A polgári élet egységét képező hónap napjainak jellemzését Hésziodosz a. Munkák és napok című eposzában például a következő képpen kezdi:

“Zeusz-rendelte napok menetét jól vedd figyelembe, s úgy oktasd ki cselédeidet: harmincadikén kell elszámolni a munkát, s egy hónap fejadagját osztani szét...” “Szent nap a hónap-kezdő nap, negyedik és hetedik nap ... nyolcadik és kilencedik is még...”

Vő.: Hésziodosz: Istenek születése/Munkák és napok (Trencsényi-Waldapfel Imre fordítása, Magyar Helikon, Budapest, 1976) 64. o.

A népi kalendáriumokat és a Hold-naptárat összekapcsoló konstrukciókat “parapegmá”-knak hívták. A “parapegma” kifejezés a görög “parapégnümi” igéből származik, mely annyit jelent, hogy “melléje bedugni”. A szó egy olyan kőtáblára utal, melyen az év napjait, valamint a természeti jelenségek, az évszakok változásai szempontjából jelentős eseményeket rendelték a népi kalendáriumok szellemének megfelelően egymás mellé. E táblán minden egyes naphoz egy piciny, táblába fúrt lyuk tartozott, s görög hónap kezdetét jelölő, egy évre előre kiszámított újhold-napokat az e lyukakban elhelyezett pálcikákkal jelölték, ezzel a mozgatható jelöléstechnikával oldva meg a Hold-naptár és a Nap-naptár közötti évenkénti eltolódás rugalmas követését. Maga a “parapegma” szó később átvitt értelemben nemcsak az ilyen kőtáblákat jelölte, hanem minden olyan táblázatot, mely a csillagos ég és a természet eseményeinek évenként visszatérő, periodikus kapcsolatát adta meg a Hold-naptár relációjában. A parapegma tehát végeredményben a népi csillagnaptárnak megfelelő professzionalizált évnaptárat, s ennek Hold- naptárra történő “lefordítását ” tartalmazta.

A parapegmák előzményét képező népi csillagnaptár klasszikus irodalmi példájával találkozhatunk Hésziodosz (i. e. VII. század) Munkák és napok című eposzában39:

39Az idézeteket Trencsényi-Waldapfel Imre fordításában közöljük, s utánuk zárójelben az eposz megfelelő sorainak számozása szerepel. Vő.: Hésziodosz: id. mű: 41-66. o.

“Pléjászok, Atlasz lányai, hogy föltűnnek az égen,

kezdj el aratni, s amint eltűnnek, kezdd el a szántást. Negyvenszer kél és nyugszik a Nap, míg rejtve maradnak, közben az esztendő lassan tovagördül útján, s akkor kell, hogy előbújnak, vasadat köszörülnöd.” (384-388.)

“Már amidőn a Nap izzasztó heve lassan alábbhagy,

múlik a forró nyára Szinusz is kevesebbet jár a halandó emberi fajta fölött a magasban, már legalábbis nappal, az éjből vesz ki nagyobb részt;... szerszámhoz fát vágnod az erdőn ekkor a legjobb.” (414-423. o.)

“Hogyha a napfordulta körül szántod csak a földet,

ülve arathatsz majd, s keveset markolsz a kezeddel...” (479-480. o.)

“Legrövidebb nap után ha a hatvan téli napot Zeusz

elvégezte, az Arkturosz csillag ragyogóan bukkan föl, szentséges habjait Okeánosznak elhagyván, s fényét széthinti az esti homályban.

Ekkor jön föl bús panaszával a napra a fecske, Pandionisz, s vele jön meg az új tavasz is. Te ne várd be érkeztét, jobb hogyha előbb metszed meg a szőlőt.” (564-570.)

“Szolgáidnak szólj: Déméter szent gabonáját csépeljék

ki, amint föltűnik erős Orion...” (597-599.)

“Szíriusz, Orion, ha fölémek az ég közepére, s a

rózsásujjú Hajnal az Arkturoszia tekinthet, akkor kell Perszész, a tőkéről szedni a fürtöt,... Ám ha erős írion s Pléjászok Hüaszokkal eltűnnek, ne feledd fölszántani jókor a földet: így fejezd be a szántóföldön rendben az évet.” (609-617.)

“Tartsd szem előtt, ha veszélyes mesterség, a hajózás

csábít: Pléjászok mikor Orion erejétől megfutamodva a ködszínű tengerre lebuknak, akkor minden féle szelek fúvása viharzik, s akkor nem jó járni hajóval a bőrszínű tengert, műveld földedet inkább, úgy, ahogy én kitanítlak.” (618-623.)

“Napfordulta után, ötven teljes napon át, míg tart a

verejtékes nyár évszaka, tart a hajózás, tengeren akkor jár a halandó, s nem törik össze gyönge hajója, legénységét nem nyeli el hullám, csak ha a bölcs isten, ki a földet rázza, Poszeidon, vagy maga Zeusz, a haláltalanok fejedelme kívánja...”

(663-668.)

A Hésziodoszéhoz hasonló naptárt tartalmazhatott annak a Thalész-tanítványnak tekintett Kleosztraphosnak Asztrológia című műve is, aki a hagyomány szerint a görögöket megismertette az állatövi csillagképekkel. <<<(((honnan származnak az állatövi csillagképek? -FÁ)))>>>

A ránk maradt töredékek alapján az első parapegmákat i. e. 430 körül Menton és Euktemon készítette, s tudjuk, hogy készített parapegmát Démokritosz, Eudoxosz és Kalüpposz40 is. E parapegmák eredetiben csak szövegtöredékek formájában maradtak ránk, melyek alapján Albert Rehm Euktemon parapegmájának részletét a következőképpen rekonstruálta:41

40Görög csillagász az i. e. IV. századból, aki továbbfejlesztette Eudoxosz szféra-elméletét. Egy ideig valószínűleg Arisztotelész tanítványa volt.

41Vö.: Rehm, Albert: “Parapegmastudien.” in: AbhandunglenBayer. Akaclemie dér Wissenschaflen. Phil.-hist. Abteilung. Heft 19. (München, 1941) 122-139. o.

“A Nap a Rák csillagképen 30 nap alatt halad keresztül.

1. nap: nyári napforduló. Időjárásváltozás.

2. nap: az Orion teljesen fölkel.

13. nap: a Szíriusz fölkel.

28. A nap: az Aquila lenyugszik. Vihar a tengeren.

A Nap az Oroszlán csillagképen 30 nap alatt halad keresztül.

1. nap: a Szíriusz megjelenik. Fullasztó melegek kezdődnek. Időjárásváltozás.

14. nap: a legerősebb melegek.

17. nap: a Lant csillagkép lenyugszik. Esők. Az időszaki szelek elcsendesednek. A Pegazus csillagkép este fölkel.”

Az idézett részletből is látszik már, hogy a professzionális parapegmák naptárrésze az állatöv csillagképei szerint tagolódott, s a csillagképeken keresztül haladó Nap függvényében adták meg mind a csillagászati, mind pedig az időjárásbeli jelenségeket. Így amíg a népi naptárnál a csillagos ég eseményeihez rendelték hozzá a természeti jelenségeket, a parapegmákban az alapskálát a Nap mozgása és az állatövi csillagképek által determinált szigorúbb időskála adta meg, s a csillagkelések és csillagnyugvások az időjárásbeli eseményekhez hasonlóan az alapskálára vonatkoztatott, időpont-megjelöléssel megadandó eseményekké váltak.

Bár az egy-egy csillag vagy csillagkép lenyugvására és fölkelésére vonatkozó utalások továbbra is a népi naptárat idézik, látszólag hasonló pongyolaságuk ellenére ezek is egzaktabbá váltak: kifejezetten az első hajnali vagy esti eseményre vonatkoznak. Az egzaktságot tanúsítja az idézett részletben pl. a Sirius kelése és megjelenése közötti megkülönböztetés. A “fölkel” kifejezés a Siriusnak a Nappal együtt történő - a Nap fényessége miatt nem látható - hajnali kelésére vonatkozik, míg a “megjelenés” a Sirius első látható hajnali kelésére.

Azt, hogy a most idézetthez hasonló táblázatok egy parapegma részét alkották, s mint ilyenhez, hozzátartozott a dátumok Hold-naptárra való átszámítása is, azok a töredékek tanúsítják, melyek e csillagnaptárak szerzőinek a Nap-év és a Hold-hónap viszonyával kapcsolatos megfontolásait őrizték meg számunkra. Így pl. tudjuk, hogy Menton és Euktemon bevezette a 235 Hold-hónapból álló, 19 éves ciklust, melyben 12-12 hónapos és 7-13 hónapos év szerepelt. Ezzel a ciklussal nagy pontossággal összhangba lehetett hozni a Hold-hónapokat és a Nap-éveket, s nyilván e ciklus alapján történt meg az évtáblázaton a hónapkezdetek kijelölése. Természetesen a Hold keringési ideje sem osztható a nap csillagászati hosszával, így e szabálynak tartalmaznia kellett a 29 és a 30 napos hónapok váltakozását is. Ez Geminosz42 szerint úgy történt, hogy eredetileg 30 napos Hold-hónapokkal számolva minden 63. nap után egy napot kihagytak. Pl. a 3. hónap 4. napja kimaradt, s az ezáltal 29 napos - “hiányos” - hónappá vált. Ugyanakkor, mivel az állatövi csillagképeket már nem becslés alapján, hanem az elliptika egyenlő, 30 fokos szegmensekre osztásával adták meg, nyilvánvalóvá vált az is, hogy a Nap haladási sebessége nem egyenletes. Ez az oka annak, hogy Euktemon a csillagképekre megadja a Nap áthaladási idejének hosszát: ugyanis ezt váltakozónak tekintette, s a Ráktól kezdve az első hét csillagképnél 30 napos, az ezt követő ötnél 31 napos, azaz a nyári napfordulótól kezdődően negyedkörös szegmensenként 90, 90, 92 és 93 hosszúságú áthaladási idővel számolt.

42I. e. I. századi sztoikus matematikus és csillagász.

Démokritosz (kb. i. e. 460-371) parapegmájáról nem sokat tudunk, míg Eudoxosz43 (i. e. 408-355) esetében úgy tűnik, hogy az pontatlanabb volt, mint Euktemoné. Ugyanakkor Kalüpposz parapegmája jelentős előrelépést jelentett a pontosság tekintetében: ugyanis Euktemontól eltérően a jóval pontosabb 92, 89, 90, 94 napos sorozattal jellemezte a Nap mozgásának váltakozását. A 19 éves euktemoni ciklust Kalüpposz ugyancsak egy jóval pontosabb, 76 éves ciklussal helyettesítette, melynek következtében az év átlagos hosszára az euktenomi 365 5/19 nap helyett az 365 1/4 értéket kapta, mely, mint tudjuk, a csillagászati év valóságos hosszának igen pontos közelítése. Nem véletlen tehát, hogy ettől kezdve a görög csillagászok a Kalüpposz-féle kalendáriumot használták, melyben az athéni hónapnevekkel megadott megfigyelési időpontokat minden probléma nélkül át lehetett számolni az egyiptomi naptár adataira, s megfordítva.

43Kiváló görög matematikus és csillagász, aki filozófiai műveket is alkotott. Az arányokról szóló értekezését Eukleidész fölvette az Elemek 5. könyvébe. Tekintettel arra, hogy tőle ered a homocentrikus szférák elmélete (lásd később), ő tekinthető a matematikai csillagászat megalkotójának

Számos jel mutat arra, hogy a naptárkészítés görögországi professzionalizálódása nemcsak hazai alapokon bontakozott ki, hanem befolyásolták a babilóniai csillagászat párhuzamos eredményei is. Euktemon mezopotámiai kortársai szintén a 19 éves ciklust használták, vagy az egyes állatövi csillagképekre megadott Nap-áthaladási időtartamok Kalüpposznál egybeestek a babilóniaiak adataival, akik valamivel a görögök előtt ismerték föl a Nap egyenetlen haladási sebességét.

A parapegmakészítés professzionalizálódása tehát hozzájárult bizonyos naptári összefüggések pontosításához - a 19 éves Hold-ciklus felismeréséhez és a természetes év hosszának 365 1/4 nappal való megközelítéséhez. A naptárkészítés azonban ezen túl nem ösztönözhette a csillagos ég, s különösen a bolygók mozgásának pontosabb megfigyelését. A parapegmák számára elsősorban a Nap és a Hold periódusai voltak fontosak, s az eredeti funkciójukból következően - hiszen pl. az őszi szelek sohasem ugyanazon a naptári napon érkeztek - egy bizonyos pontosságon túl már ezekkel sem volt értelme foglalkozni tovább. Ha a parapegmakészítők mégis újra és újra a pontosság fokozására törekedtek, ez már nem annyira a gyakorlati igényekből, mint inkább a számítások és egyeztetések során keletkező problémák intellektuális kihívásából, valamint az elméleti csillagászat belső igényeiből fakadt. A görög élet mindennapjait nem jellemezték ugyanis olyan vallási rituálék, melyek matematikailag pontos naptárat kívántak volna, s ekkor a matematikai eszközökkel dolgozó csillagjóslás sem volt jelen még.

Bár - mint erre az ókori görög tudományok kiváló magyar kutatója, Szabó Árpád legutóbbi tanulmányaiban rámutat - a görög gyakorlati csillagászat fölkeltette a csillagos ég iránti, a mindennapi gyakorlati igényektől és haszontól már elszakadó intellektuális érdeklődést, és hozzájárult a görög matematikai csillagászatot jellemző matematikai-geometriai szemléletmód és az általa alkalmazott geometriai eszközök kialakulásához44 a görög matematikai csillagászat kifejlődését meghatározó kérdésföltevések nem fogalmazódhattak volna meg keretében. Látóköréből már a Nap- és a Hold-fogyatkozások is kimaradtak, nem is beszélve a bolygók mozgásáról, mely a görög elméleti csillagászat érdeklődésének középpontjában állt. A bolygók mozgása sem a görög mindennapi életben, sem a görög vallásban nem bírt akkora jelentőséggel, hogy előrejelzésére ilyen szempontok alapján igény fogalmazódhatott volna meg. Ami pedig a csillagjóslást illeti: mint már említettük, a csillagjóslás e korai időszakban ugyancsak nem foglalkozott a bolygómozgások előrejelzésével; később pedig, a hellenisztikus korban, a babilóniai kaldeusok pusztán kalkulatív-matematikai módszerét alkalmazta.

44Vö.: Szabó Árpád. Az antik csillagászati világkép: árnyék-naptár-földrajz-geometria (Tipotex, Budapest, 1998)

Ahhoz tehát, hogy a görög matematikai csillagászat, s ennek csúcsteljesítménye, a ptolemaioszi rendszer, valamint ezek nyomán hosszú, s összetett gondolkodástörténeti áttételeken keresztül a modem egzakt természettudomány megszülessen, nem volt elegendő sem a mindennapi igényeket kielégítő praktikus csillagászat, sem pedig a személytelen, homogén kozmosznak a Milétoszban megszületett, majd az atomisták által radikális formában képviselt eszméje. Mindehhez egy olyan ideára volt szükség, mely egyaránt idegen, s “külső” volt a természettel kapcsolatos mindennapi élmény, és a véletlenszerűen ható, vak szükségszerűségek által jellemzett dezantropomorf kozmosz szempontjából. Ez a “külső”, idegen idea pedig mint a számok, a számtani arányok, s a tökéletes geometriai forma, a gömb szerint fölépülő harmonikus kozmosz ideája, a püthagoreusok - minden bizonnyal maga Püthagorasz - által fogalmazódott meg, és a kozmosz szerkezetében és működésében egy olyan meghatározó elv jelenlétét föltételezte, mely kívül állt a milétosziak öntevékeny, önmaga potenciái által önmagát realizáló természetén.

### 3. A harmonikus kozmosz püthagoreus eszméje

Ez az öntevékeny természettől idegen, rajta kívül álló elv a szám volt. <<<(((Mit érezhettek meg a számokban, ami máig hatóan fontos? Az absztrakció fokozott eredményességét a gondolkodás számára. -FÁ)))>>> Mint korábban láthattuk, a püthagoreusok szerint a természet nem egyszerűen potenciák és ezek öntevékeny realizálódásának elválaszthatatlan egysége, hanem azt a számok, a számok által jellemzett arányok, valamint a számokkal szintén jellemezhető tökéletes geometriai alakzatok uralják: a természet mintegy ezek kibontakozása és realizálódása az érzéki-tapasztalati világban.45

45“A számoknak hatását és természetét azon erő szerint kell tekintenünk, mely a tizes számrendszerben van. Mert a tizes számrendszernek mindent átfogó, mindent átható ereje van, ez az isteni, égi s emberi életnek eredete, vezetője és kormányzója is. Nélküle minden határolatlan, bizonytalan és homályos" — foglalja össze tömören a püthagoreus világkép ezen alaptételét egyik ránk maradt töredékében Philolaosz. Görög gondolkodók 1. köt. 44. o.

Önmagában ez a világkép is dezantropomorf, hiszen a kozmosz benne nem emberi minták, hanem a számok rendje szerint valósul meg, s határozott célirányultsággal sem rendelkezik, hiszen nem arról van szó benne, hogy a természeti jelenségek az arányosságra mint célra irányulva realizálnák önmagukat, hanem éppen fordítva: a számok “működnek” ezekben. Ezért fogalmazhatott meg Arisztotelész a püthagoreusokkal kapcsolatosan az Empedoklésszel szemben gyakorolt Platón-bírálathoz hasonló tartalmú kritikát:

“Nem helyesen okoskodnak azok, akik, mint a püthagoreusok és Szpeuszipposz, abban a nézetben vannak, hogy a legjobb és a legtökéletesebb nem megy elv számba, mert hiszen a növényeknek és az élőlényeknek az elvei is okok, s a tökéletesség és teljesség nem ezekben, hanem a belőlük lett dolgokban keresendő. Elfelejtik, hogy a mag más, korábbi tökéletes lényektől származik, s így nem a mag az első, hanem a tökéletes lény. Ennélfogva állíthatná valaki, hogy az ember előbb van, mint a magva - persze nem az, amely ebből a magból lett, hanem az a másik, aki ettől a magtól származott.

Hogy tehát van valami örök, mozdulatlan és az érzéki valóktól különálló szubsztancia, az a mondottakból belátható.” (Metafizika, 1072/-1073/a)46

46Aristoteles: Metafizika (HatágúSíp Alapítvány, Budapest,1992)305–306.o

Ennek ellenére a püthagoreus tanítás szervesen összekapcsolódik misztikus mozzanatokkal: a lélekvándorlás hiedelmével, a csillagok isteni természetének tanával, vagy a tűznek mint a legtisztább elemnek a kitüntetett szerepére vonatkozó elképzeléssekkel és így tovább. A püthagoreus természettan így végül kifinomult, s közvetett formában mégiscsak antropomorf és ideologikus mozzanatokkal ötvöződött. Ám a számok és a geometriai formák által meghatározott harmóniát szigorúan követő kozmosz eszméjének háttérében ettől függetlenül is fölsejlik a teleológia: a természet rendje itt nem esetleges, hanem szükségszerűen meghatározzák a szigorú, s harmonikus matematikai összefüggések, és ha ez nem is a célrairányultság formájában történik, az anyagi-természeti jelenségekkel szemben elsődleges arányok és formák logikailag hasonlóan viszonyulnak az előbbiekhez, mint a célokság struktúrájában a cél az elérésére irányuló tevékenységhez.

A kozmosz harmonikus voltáról és az égitestek isteni természetéről szóló püthagoreus tanítás a maga konkrét formájában azt jelentette, hogy ezek csak a legtökéletesebb geometriai formájú pályákon, azaz körpályákon, tökéletesen egyenletes és örök mozgással mozoghatnak. Ez a püthagoreus állítás egyszerre volt természetfilozófiai és csillagászati tétel, s meghatározó jelentőséggel bírt az európai tudomány történetében. A matematikai arányok értelmében harmonikus kozmoszról szóló tanítás már önmagában is egy olyan radikálisan új gondolatot hozott a természetfilozófiába, melynek újdonsága egyenrangú volt a milétosziak természeteszményével: a püthagoreus tanításban fogalmazódott meg ugyanis először az a gondolat, hogy a tapasztalati világ változó jelenségeiben, eseményeiben folytonosan érvényesülő, “örök”, szám- és geometriai formák szerinti összefüggéseket, arányokat kell keresni. Az európai tudományosság ezen eszme mentén fejlődött ki, s ma is eszerint dolgozik - mégpedig nem azért, mintha újból megalkotta volna magának: azt a püthagoreus tradíciótól vette, s formálta át saját igényeinek megfelelően.

A püthagoreus tanítás eme általános vonásának a jelentőségénél azonban semmivel sem érdektelenebb e görög filozófiai iskolának az égitestek mozgására vonatkozó állítása. Az a konkrét forma, melynek segítségével a számok, arányok és formák által jellemzett harmonikus kozmosz általános eszméje konkrétan realizálódhatott a természet megértésére irányuló püthagoreus törekvésekben, az égitestek tökéletes és egyenletes körmozgásának elve volt. a harmonikus, matematikai kozmosz eszméje jó kétezer éven át ezen elven, mint természetes és vitathatatlan kiindulóponton keresztül vezette azt a gondolkodástörténeti pályát, melynek vonalán a mai természettudomány kialakult. A tökéletes és egyenletes körmozgás tétele ugyanis problémássá tette azt, ami eddig természetes volt, s ezért nem ösztönzött további töprengésekre: azt, hogy a bolygócsillagok - melyek közé a görögökhöz hasonlóan most beleértjük a Napot és a Holdat is - a közvetlen tapasztalat szerint csak közelítő pontossággal mozognak. “Miképpen lehetséges ez a tapasztalat, azaz mi a viszony a látszó mozgások s a föltételezett tökéletes matematikai mozgások között? Hogyan közvetíthető egymáshoz a körmozgásokkal kapcsolatos elképzelés, s a megfigyelhető mozgás? Miképpen oldható föl a közöttük feszülő ellentét?” - adódnak nyomban a bolygócsillagok mozgását illetően a korábban elképzelhetetlen kérdések. Amíg Egyiptomban és Mezopotámiában már volt matematika és geometria, s ennek megfelelően egzakt tudomány, s amíg Mezopotámiában már végeztek szisztematikus bolygómegfigyeléseket, s ezeket kvantitatív módon, időponthoz kötött pozíció-meghatározásokként rögzítették, s ebben az értelemben megszületett már az egzakt tapasztalati természettudomány, addig az egyenletes körmozgás püthagoreus tézise az egzakt matematikai csillagászatot, s ezzel az egzakt elméleti természettudományt alapozta meg.

A ránk maradt töredékek, másod- és harmadlagos források alapján nem derül ki az, hogy Püthagorasz és a korai püthagoreusok megfogalmazták-e már ezt az égitestek mozgására vonatkozó előbbi kérdést - még azt sem tudjuk, hogy egyáltalában ismerték-e már annyira a bolygók látszó mozgását, hogy ennek nyomán megtehették-e volna ezt. Elképzelhető, hogy Philolaosz47 (i. e. V. század közepe) rendszere, melyben a Föld a többi bolygóval együtt a tökéletes tisztaságú világtűz körül kering, már erre a kérdésre próbált meg választ adni,48 jóllehet e rendszer tapasztalati következményei még inkább ellentmondanak a megfigyelhető mozgásoknak, mint a tökéletes körpályák egyszerű elmélete. Az a Herakleidésznek49 (kb. i. e. 390-310) tulajdonított rendszer viszont, melynek középpontjában ugyan a Föld áll, ám két bolygó, a Merkúr és a Vénusz a Föld-középpontú körpályát leíró Nap körül kering50, egészen bizonyosan e két bolygó és a Nap látszó mozgásának ismeretén alapult: ez a konstrukció, mely választ ad arra, hogy a látszó mozgások során a Merkúr és a Vénusz mozgása miért követi a Napot, e bolygók esetében a Naphoz kötődő mozgás megokolásával egyidejűleg kvalitatív módon egyezteti az egyenletes körmozgás tézisét a látszó mozgásokban megmutatkozó sebességváltozásokkal, s retrográd mozgásokkal is.

47 Püthagoreus gondolkodó, aki az i. e. V. században élt Krotonban, a püthagoreus iskola központjában. Az iskola fölosztása után vándorfilozófusként tevékenykedett.

48Görög gondolkodók 1. köt. 43. o.

49Sokoldalú görög író, költő, filozófus, aki dialógusairól volt nevezetes. Kapcsolatban volt Platónnál és hatottak reá a póthagoreus tanítások is.

50Ez a rendszer az ókori forrásokban több helyen is fölbukkan - így pl. a szmimai Theónnál (Theonis Smymaei, Philosophi Platánod. Expositio rerum mathematicarum... ed.: E. Heller, Lipsiae (Leipzig), Teubner, 1878. 186. o.) Herakleidész neve csak a Theón után mintegy háromszáz évvel később, az i. sz. V. században élt, s Platónhoz latin nyelvű kommentárokat író spanyol püspöknél Chalcidiusnál fordul elő (vö.: W. Saltzer, Sudhoffs Archív 54. 141-172. o.).

### 4. Platón

A tökéletes és matematikai értelemben harmonikus kozmosz eszméjét a püthagoreusok után Platón (i. e. 427-347) fogalmazta meg újból, immáron saját filozófiájának kontextusába ágyazva. Az élőlénynek tekintett kozmoszról a platóni filozófia azt tanította, hogy a láthatatlan - azaz érzékileg tapasztalhatatlan, megismerhetetlen - és tökéletes mintaképek közül is a legtökéletesebbet mintául véve, értelmes alkotó által formáltan jött létre, s innen ered harmonikus volta.

„Azt állítjuk viszont, hogy ami keletkezik, szükségképpen valamely ok folytán keletkezik. E mindenség alkotóját és atyját nagy dolog volna megtalálni, s ha megtaláltuk is, lehetetlen volna mindenkivel közölni, azt kell ellenben újra megvizsgálnunk, melyik mintakép szerint alkotta meg építője, vajon a mindig azonos módon létező vagy a keletkezés világába tartozó szerint-e?

Természetesen mindenki előtt világos, hogy az örökkévaló mintaképet tartotta szem előtt, mert a világ a legszebb a keletkező dolgok közül, alkotója pedig legjobb minden okok közül. <<<(((ezt a szemléletet követheti az a természetjogi felfogás, hogy a természet rendjét kell fölfedezni a jogi alapokban is. Talán erre mondhatta Liska nagy energiával, hogy tovább kellene lépni, fel kellene ismerni az emberi alkotás felelősségét, amely nem előképek másolása de nem is lehet felelőtlen rombolás. Egyetértettünk, csak nem tudtam a tételestörténeti előzményeket. A szemlélet volt meg, aminek alapján egyet érthettünk mint evidenciában. -FÁ)))>>>

Ez után az alapvetés után arra a kérdésre kell megfelelnünk, ami ebből következik: melyik élőlény hasonlatosságára építette fel az alkotó? Hogy valami részlegesnek a mintájára, azt nem tarthatjuk hozzá méltónak - mert tökéletlenhez hasonlítva nem lehet semmi sem szép -; aminek ellenben a többi élőlény egyenként és a fajok szerint része, ahhoz - bátran föltehetjük - ő a leghasonlóbb mindenek között. Az ugyanis magában foglalja az összes elgondolható élőlényeket, miként ez a mi világunk bennünket s ahány egyéb élőlény csak látható, magában egyesít. Az isten tehát az elgondolhatók közül a legszebbhez és mindenben tökéleteshez hasonlót akarván létrehozni, egy látható élőlényt formált, mely magában foglal minden élőlényt, ahány csak a természet szerint születik.” (Tiniaiősz, I'.-IT. , 28c, 29a, 29b, 30c, 30d, 31a)

A platóni filozófiai kontextus részletesebb bemutatására és elemzésére itt nincs hely, ezért most csupán két, a következő részek szempontjából fontos mozzanatot hangsúlyozunk. Ezek közül az egyik, hogy a kozmosz harmóniájához és szépségéhez a püthagoreusokhoz hasonlóan Platónnál is hozzátartozik az égitestek tökéletes körpályákon történő egyenletes keringése, de ugyanakkor a püthagoreusokkal szemben ez kiegészül a Föld mozdulatlanságának tanával. A másik számunkra fontos mozzanat, hogy amíg a püthagoreusoknál nem találunk olyan töredékeket, melyek a körpálya-tézis és a látszó mozgások viszonyát érintenék, Platón műveiből kiderül, hogy tisztában volt az e tézis és a látszó mozgások közötti eltéréssel, s tudatosan foglalkozott az ebből adódó problémakörrel. A látható és a filozófiailag tételezett mozgások közötti ellentmondást Platón a parmenidészi szellemnek megfelelően oly módon kezeli, hogy a filozófiailag tételezett mozgásoknak ad prioritást, s a tapasztalható egyenetlen mozgásokkal szemben a láthatatlan egyenletes körmozgásokat tekinti létezőknek és valóságosaknak. A csillagászat föladata ennek nyomán nem az, hogy a látható égi mozgásokkal foglalkozzon - fejtegeti Platón -, hanem az, hogy ezeket pusztán kiindulópontnak és segédeszközöknek tekintve az égitestek érzékileg megragadhatatlan tökéletes matematikai harmóniáját kutassa; hasonlóan ahhoz, ahogyan a geométer is csupán segédeszköznek tekinti a rajzolt ábrákat egy-egy bizonyítás során, ám eközben egy pillanatig sem gondolja azt, hogy bizonyítása magukról ezekről az ábrákról szólna.51

51| Lásd ezzel kapcsolatban az Előadások a természetfilozófia történetéből című (ELTE TTK, Budapest, 1997) jegyzetnek a görög csillagászat természetfilozófiai alapjaival foglalkozó fejezetét.

Ezt a platóni attitűdöt a naiv empirista tudományfölfogás képviselői, s az e tudományfölfogás hatása alatt álló tudománytörténészek igen negatív módon szokták megítélni. így például az ókori egzakt tudományok kiváló történésze, Ottó Neugebauer- minden bizonnyal a filozófiai jellegű spekulatív gondolkodás iránti ellenszenvtől vezetve - azt állítja, hogy a görög matematikai csillagászat Platón ellenére fejlődött ki.52 Ez az állítás azonban nyilvánvalóan elfogult és téves: pusztán a bolygók mozgásának méricskélésével, és ezek eredményeinek táblázatokba foglalásával, gyűljön bár össze igen gazdag anyag ezen az úton, sohasem lehetett volna eljutni ahhoz az eszméhez, hogy ezeket a mozgásokat tökéletes és egyenletes körmozgások segítségével reprodukáljuk - a görög matematikai csillagászat pedig a Platón-kortárs és a platóni Akadémiával kapcsolatban lévő Eudoxosztól kezdve erre törekedett. Neugebauer állításával ellentétben éppen a körmozgások püthagoreus-platóni - majd később arisztoteliánus - ideája volt az, mely motivációval és egyben eredményre vezető matematikai eszközökkel is szolgált ehhez a törekvéshez.

52“Azt a sokszor elfogadott állítást, hogy Platón 'vezette' a tudományos munkát, szerencsére a tények nem bizonyítják. Utasításainak megfogadása, melyek szerint a csillagászoknak az észleléseket spekulációkkal kellett volna helyettesíteniük, lehetetlenné tette volna a görögök legjelentősebb hozzájárulásait az egzakt tudományokhoz” - írja például, teljesen félreértelmezve mind a platóni filozófia tényleges mondaivalóját, mind Platón és a “matematikai csillagászok” viszonyát. (Neugebauer, O.: Az egzakt tudományok az ókorban 165. o.) Nem kell csodálkoznunk ezután azon, hogy Neugebauer számára nehéz magyarázatot találni a görög egzakt természettudomány bámulatos eredményeire, hiszen éppen annak a püthagoraszi-platóni filozófiai tradíciónak a szerepét vitatja el, amely e sikereket filozófiai szempontból megalapozta, illetve meghatározta azt a szemléletmódot, amely nélkül ezek elképzelhetetlenek lettek volna. (Természetesen ez az értelmezésbeli probléma semmivel sem csökkenti Neugebauer konkrét tudománytörténeti fejtegetéseinek értékét, s így írásait ennek ellenére kifejezetten ajánljuk az érdeklődőknek!)

### 5. Eudoxosz és Kalüpposz homocentrikus szférái

Eudoxoszról - többek között parapegmája alapján - tudjuk, hogy ismerte a csillagos ég változásait, a Nap, a Hold és a bolygók mozgását, s tudjuk róla azt is, hogy kiváló matematikus volt, aki mint Platón ifjabb kortársa közeli kapcsolatban volt Platón Akadémiájával. Figyelembe véve azt, hogy Eudoxosz csillagászati rendszerében az égitestek mind tökéletes és egyenletes körmozgást folytatnak, már a platóni kapcsolat ismerete nélkül is abszurd volna azt föltételezni, hogy e rendszerhez Eudoxosz az egyenletes körmozgás eszméje nélkül, pusztán a körmozgástézisnek ellenmondó közvetlen tapasztalat matematikai elemzése során jutott volna el. A Platón-kapcsolat fényében pedig ténynek tekinthetjük azt, hogy éppen Platónnak a csillagászattal kapcsolatos fölfogása volt az egyik - ha nem az egyetlen - inspiráló tényező elméletének kidolgozásában. Ne hagyjuk zavartatni magunkat attól, hogy a látható mozgások szabálytalanok, s keressük az egyenletes körmozgásokat ott is, ahol a tapasztalat azt mutatja, hogy nincsenek ilyenek - foglalhatjuk össze saját szavainkkal röviden a platóni álláspont lényegét, s Eudoxosz valóban ezt csinálta. Az eudoxoszi rendszer és a platóm filozófiai között kirajzolódó kapcsolatot megerősíti még egy ránk maradt - Szimplikosztól53, származó - ókori töredék is, mely szerint maga Platón kérte volna föl Eudoxoszt, hogy oldja föl a körpályatézis és a látszó mozgások közötti ellenmondást, s ily módon “mentse meg” a jelenségeket:

“Mint amiképpen Eudémosz csillagászattörténetének második könyvében állítja - valamint Szoszigenész, ki ezt Eudémosztól vette át -, a knídoszi Eudoxosz volt az, aki a görögök között elsőként foglalkozott olyan típusú hipotézisekkel, s elsőként ragadta meg azt a problémát, melyet Szoszigenész szerint Platón tűzött ki föladatul azok számára, akik ilyen dolgokkal komolyan foglalkoznak. Nevezetesen: hogy az egyenletes és rendezett könnozgások milyen fölvétele révén menthetőek meg a bolygómozgások jelenségei?” 54

53 Szimplikiosz az i. sz. VI. században élt. Űjplatonikus gondolkodó, volt aki a platoni Akadémia utolsó nemzedékéhez tartozott. Amikor 529- bán Justinianus császár mint pogány intézményt bezáratja az Akadémiát a perzsa udvarnál keres menedéket. Különösen értékesek számunkra Arisztotelész-kommentárjai.

54Simplicii in Aristotelis de Caleo (Commentaria in Aristotelem Graeca VII. ed. I. L. Heiberg, Berolini, 1894.) 488. o.

Az idézetben hivatkozott Eudémosz i. e. 320 körül alkotott, Arisztotelész tanítványa volt, fizikával és logikával foglalkozott. Csillagászat- és matematikatörténeti müveket írt, melyekből csak töredékek maradtak fenn. Nem azonos a küproszi Eudemosszal, akinek Arisztotelész egyik etikai művét ajánlotta. Szoszigenész: i. sz. II. századi peripatetikus filozófus, volt aki kommentárt írt Arisztotelész “Kategóriák” című művéhez.

Bár e tárgykörben ez az egyetlen - s mint láthatjuk, ráadásul igen közvetett - ókori forrásunk, a jelzett összefüggések és körülmények miatt minden okunk megvan arra, hogy hitelt érdemlőnek tekintsük. Ám ha még csupán anekdotán alapulna is az itt megfogalmazott állítás, akkor is valószínű, hogy magvául a Platón és Eudoxosz közötti valóságos kapcsolat szolgált.

“Megmenteni a jelenségeket”: ez annyit jelent, hogy ha a látszó mozgások nem reprodukálhatóak egyenletes körmozgások segítségével, akkor a harmonikus kozmosz eszméjét követve hamissá - „látszattá” - kell nyilvánítanunk azokat, hiszen a görög filozófia szellemisége szerint az értelmi belátással nyert ismeretek a bizonyosak, <<<(((aminek köszönhetően a logikához jutottak az axiomatikus keretekben. -FÁ)))>>> ezek ragadják meg helyesen a valóságot, szemben az érzéki tapasztalat segítségével szerzett benyomásokkal, melyek eleve bizonytalanok és csalókák. Ezt a beállítódást Platónnál megerősíti még az a tanítás, mely szerint a láthatatlan dolgok elve magasabb rendűek és valóságosabbak, mint a látható, tapasztalható világ dolgai. így - Platón szellemében abban az esetben, ha a bolygómozgásokkal kapcsolatos értelmi belátás és a megfigyelhető mozgások relációjában ugyanaz a helyzet állna elő, mint eleai Zénón (kb. i. e. 490-430) mozgásparadoxonai kapcsán, ahol az érzéki tapasztalat határozottan ellentmond a mozgás értelmi-logikai reprodukciójával, akkor a látható égi mozgásjelenségek “elbuknának”, azokat semmisnek kellene tekintenünk a tökéletes körmozgásokkal szemben. Ha viszont a matematika segítségével egyenletes körmozgásokra vezethetőek vissza ezek a közvetlen tapasztalat számára szabálytalannak, illetve pontatlannak tűnő jelenségek, akkor “megmenekülnek”: bebizonyosodik, hogy valóságosak. Ezen az utóbbi úton pedig - föltéve, hogy az epiciklus-elméletet a püthagoreusok még nem ismerték - Eudoxosz tette meg az első döntő lépést, mégpedig oly módon, hogy a kozmosz platóni képének megfelelően a középpontban elhelyezkedő mozdulatlan Föld ideáját is megőrizte. így ha még esetleg igazuk is van azon tudománytörténészeknek, akik szerint a „megmenteni a jelenségeket” kifejezés évszázadokkal későbbről származik, maga a benne megfogalmazódó eszme nem csupán összhangban van platón filozófiájával, hanem ezen utóbbi kétségen kívül annak egyik gondolkodástörténeti forrása, s Eudoxosz rendszere mindenképpen a platóni filozófiából következő csillagászati program megvalósításának tekinthető.55

55 A témával kapcsolatosan vesd össze pl.: P. Duhem: To Savé the Phenomena: An Essay on the Idea ofPhysical Theoory from Plató to Galileo (Chicago, 1969); B. R. Goldstein: Saving the Phonomenon. Journal fór the History ofAstronomy, 28 Part 4. (1997. november) 1-12. o.; J. MittelstraB: Die Rettung dér Phanomene. Ursprung und Geschichte eines antikén Forschungsprinzip. (Berlin, 1962)

A megoldás kulcsa Eudoxosz számára az volt, hogy a maguk közvetlenségében szabálytalan- illetve csak közelítőleg szabályos - égi mozgásokat körmozgások összegeként értelmezte, s ennek során e körök középpontját közösnek, homocentrikusnak tekintve közös középpontjukban a mozdulatlan Földet helyezte el. Konkrétan: az eudoxoszi rendszerben a Földet a Holdtól kezdődően a csillagszféráig egymásba helyezett, egymásban forgó, illetve egymást forgató homocentrikus gömbszférák veszik körül, s ezek viszik magukkal az égitesteket. A látható mozgásokat e rendszerben Eudoxosz úgy reprodukálja, hogy a szerinte szabályosan forgó állócsillagokat leszámítva minden égitesthez több - a Holdhoz és a Naphoz 3-3, a bolygókhoz 4-4 - szférát rendel, s ezek különböző irányú és sebességű forgásának következményeképpen vezeti le a megfigyelt mozgásokat. Egy ilyen rendszerben kvalitatív módon megjelennek a bolygómozgások egyenetlenségei - a lassulások, a gyorsulások, a hurkok-, s Schiaparelli, olasz tudománytörténész 1875-ben megjelent tanulmányában utána számolva Eudoxosz rendszerének, bebizonyította, hogy az a Szaturnusz és a Jupiter esetében az ókori görögök számára rendelkezésre álló adatok föltételezhető pontosságához képest kvantitatív módon is viszonylag jól visszaadta a látszó mozgásokat.56 Az egy-egy bolygóhoz Eudoxosz által hozzárendelt szféranégyes konkrétan úgy épült föl, hogy a külsőnek Eudoxosz az állócsillagok napi forgásával azonos forgási irányt és forgási időt tulajdonított; a második szféra az ekliptika dőlésszögének megfelelően az előbbitől eltérő irányban forogva a bolygó ekliptika menti mozgását adta vissza; a két belső gömb pedig - melyek közül a legbelsőre volt "erősítve” a bolygó - egymáshoz képest azonos sebességgel, de bolygónként eltérő dőlésszöggel és ellentétes irányban forogva az évenként visszatérő hurokmozgást reprodukálta. <<<(((számomra elképesztő -FÁ)))>>>

56Schiaparelli: “Le sfere omocentriche de Eudosso, di Calippo e di Aristotele” (Publicazioni dél R. Osservatorio di Brera in Milano, No. IX. Milano, 1875). A német változat: Abhandunglen zűr Geschichte dérMathematik (Erstes Heft. Leipzig, 1877).

Eudoxosz rendszerét a matematikai természettudomány megszületéseként értékelhetjük, mely mint ilyen, egyformán elődje Ptolemaiosz, Kopernikusz, Kepler és Newton elméletének és Newtonon keresztül a modern matematikai fizikának. De Eudoxosz nem csupán előd, hanem homocentrikus modellje egyben az egyik legjelentősebb lépcsőfok a görög matematikai csillagászat csúcsteljesítményét képviselő ptolemaioszi rendszerhez vezető úton.

Azt, hogy a homocentrikus szférák mennyiben Eudoxosz ötleteként születtek meg, vagy mennyiben alapult ez a konstrukció esetleg magának Platónnak a javaslatán, nem tudjuk, mint ahogyan azt sem, hogy nem vetették-e föl őket már Platón és Eudoxosz előtt is. Igen valószínű azonban, hogy ha az alapelv nem is Eudoxosztól eredt, ő volt az első, aki a leírt módon rendszert dolgozott ki a bolygómozgások reprodukálására. A forgó égi szférák fogalma viszont bizonyosan a püthagoreusoktól származik.

Ami a látszó mozgások több szabályos, egyenletes körmozgás eredőjeként való értelmezését illeti, itt még bonyolultabb a prioritás kérdése, mint a homocentrikus szférák esetében, hiszen racionális érvek hozhatóak föl amellett, hogy az epiciklusokkal történő fölbontás módszerét a püthagoreusok már Platón előtt ismerték, vagy legalábbis azok már Platón idejében ismertek voltak. Ugyanakkor egyetlen egy konkrét utalás nem maradt fönn erről az ókori szövegekben, s ezért igen valószínűtlen, hogy ezen alternatív fölbontáselv alapján Eudoxoszt megelőzve kidolgoztak volna működőképes rendszereket. Talán többet tudnánk erről, ha Eudoxosz műve a homocentrikus szférákról ránk maradt volna, hiszen a szerző minden bizonnyal megemlítette benne - ha voltak ilyenek - elődjeit is.

Eudoxosz elméletét Kalüpposz fejlesztette tovább újabb szférák bevezetésével, aminek következtében a rendszer használhatósága a többi bolygó esetében is javult.

### 6. Arisztotelész

Arisztotelész (i. e. 384-322) filozófiájában - a Metafizika „lambda” (XII.) könyvében - a homocentrikus szférák kallipposzi változatát veszi át, kiegészítve azokat az úgynevezett “visszaforgató” szférákkal. Eudoxosznál és Kalüpposznál ugyanis az egyes égitestek szférarendszerei nem befolyásolják egymást. (Ennek alapján ma néha szokták úgy értékelni elméletüket, hogy azokat szerzőik csupán matematikai modellnek tekintették, s nem tulajdonítottak neki fizikai realitást. Ez azonban vitatható.) Így pl. a Szaturnusz külső szférája csak a Szaturnuszhoz tartozó külső szférákat vitte magával, s a Jupiter szféráit már nem befolyásolta stb. Arisztotelész leírásában viszont a különböző bolygók szférarendszerei egymással is összefüggve egy átfogó, egységes szférarendszert alkotnak, s így egy külső szféra az összes hozzá képest belső szférát magával forgatja. Ezért nála egy-egy bolygó szférarendszere a fölötte lévő bolygó szféráinak forgató hatását semlegesítő “visszaforgató” szférákkal kezdődik, aminek következtében Arisztotelésznél 55 - más megfontolások alapján 47 - szféra szerepel.

A harmonikus kozmosz eszméje így Arisztotelésznél már nemcsak általában fogalmazódik meg, hanem összefonódik egy konkrét, kalkulációkra is alkalmas szféra-elmélettel. Ennek során azonban Arisztotelész finom distinkciót tesz egyrészről a filozófia és másrészről a csillagászat között, s ezzel egyben egy kutatási programot is definiál. Eszerint

* a homocentrikus szférák létezése, isteni mozgása és a hozzájuk rendelt mozdulatlan mozgatók létezése a filozófiai bizonyosságokhoz tartozik, melyekhez a filozófiai belátás segítségével juthatunk.
* Viszont abban, hogy konkrétan hány ilyen égi szféra, s ennek megfelelően hány ilyen mozdulatlan mozgató van, nem a filozófia az illetékes:

“... azt látjuk, hogy a mindenségnek egyszerű mozgásán kívül, melyről azt állítjuk, hogy az első és mozdulatlan szubsztancia hozza létre, vannak még más örökkévaló mozgások, ti. a bolygóké” (Metafizika, XII/8.1073/a), “... kell tehát, hogy e mozgások mindegyikének egy-egy önmagában mozdulatlan és örökkévaló valóság legyen a mozgatója. A csillagok természete ugyanis valami örök szubsztancia lévén, az, ami őket mozgatja, szintén örökkévaló és korábbi, mint amiket mozgat: ami pedig a szubsztanciát megelőzi, annak magának is szubsztanciának kell lennie.

Ebből tehát látható, hogy ugyanannyi természet szerint örökkévaló és magában mozdulatlan s az előbb említett oknál fogva kiterjedés nélküli szubsztanciának kell lennie, mint ahány ilyen mozgás van.” (1073/a-b) “... van közöttük egy első, s egy második szubsztancia a csillagok mozgásában megmutatkozó rend szerint. Azt azonban, hogy hányféle mozgás van, a csillagászattól kell megtudakolnunk, mivel a matematikai tudományok közül ez áll legközelebb a filozófiához.

Ennek tárgya ugyanis a bár érzéki, de mégis örökkévaló szubsztancia, míg a többieknek, pl. az aritmetikának s a geometriának egyáltalában nem szubsztancia a tárgyuk.” (1073/b).57

57Aristoteles: Metafizika 306-307. o.

<<<(((Az általam sejteni vélt arisztoteleszi fogalmi sablon tehát nem originális abban az értelemben, hogy nem Arisztotelesz gondolatait ragadta meg, hanem visszatekintve értelmezte azt a részemről …. Amiből nem következik, hogy ne lenne helytálló, csak nem történeti leíró hanem saját megfogalmazásban utólagos értelmező jelleggel. -FÁ)))>>>

Az idézetből kitűnik, hogy itt Arisztotelész (szemben pl. a püthagoreus Philolaosszal, akinél a harmonikus kozmosz eszméjéből még az égitestek száma is következik, s azonos a legharmonikusabbnak tartott tízes számmal) teret hagy a filozófiáról már levált matematikai csillagászat mint természettudomány számára. Az, hogy szférák vannak, s hogy ezeket a szellemi természetű mozdulatlan mozgatók mint szubsztanciák, tökéletes egyenletességgel és örök mozgással mozgatják, Arisztotelész szerint az értelmi belátáson alapul, s ezért nem a tapasztalat vagy az asztronómia, hanem csupán a filozófia az illetékes igazságukat illetően. A szférák, s ebből következően a mozdulatlan mozgatók számának meghatározása azonban immáron nem a filozófia, hanem a matematikai csillagászat föladata, melyet, bár szintén az értelem tudománya, konkrét részleteiben már mégiscsak a tapasztalat befolyásol abban, hogy hány szférát vesz föl, s milyen irányú és mértékű sebességeket tulajdonít ezeknek a látható jelenségek megmentésének érdekében. Arisztotelész ezáltal Platónhoz hasonlóan csillagászati programot fogalmazott meg, de egyúttal határozott játékteret is nyújtott a csillagos éggel kapcsolatos vizsgálódások számára ahhoz, hogy azok a tapasztalatot figyelembe véve, s a filozófiától részben elszakadva, önállóan fejlődjenek. Arisztotelész ily módon rést nyitott a tapasztalat teoretikus visszahatása számára, s az egzakt természettudomány - kezdetben éppen a matematikai csillagászat formájában - megvetette lábát e résben, hogy azután egyre inkább kitágítsa azt: **egzakt természettudományunk az így egyre szélesülő arisztotelészi résben jött létre, s létezik ma is.** Ennek során először ugyan éppen az arisztotelészi homocentrikus szférák váltak fölöslegessé, hiszen az epiciklusok és az excenterek vegyék át helyüket, majd végül közel két évezred múltán eltűntek a körmozgások is, és a Kepler-féle törvényeknek megfelelő mozgásokkal helyettesítsék őket. Ám végig megmaradt az arisztotelészi ismeretelméleti struktúra, s attitűd: ma sem a tapasztalat, hanem az értelem által előföltételezett alapelvek a mérvadóak; s ma is az az elmélet föladata, hogy ezekhez közvetítse a tapasztalatot, míg ők maguk játékteret biztosítanak e közvetítéshez. Igaz az alapelvek metafizikai megalapozása mára háttérbe szorult, s ennek megfelelően abszolút, kétségbevonhatatlan jellegük is megszűnt: amennyiben az alapelvek egy-egy rendszerét követve túl nehézkessé és bonyolulttá válik a tapasztalat földolgozása és teoretikus értelmezése, új alapelvek jelenhetnek meg helyette, s ezeket általában már nem a metafizika adományozza. **Ám a kutatást akkor ezek az új, szintén nem tapasztalati jellegű alapelvek fogják vezetni, s így az értelmi oldal prioritása a tapasztalattal szemben ezután is megmarad.**

Valahol mélyen tehát a mai egzakt természettudományok számára is az arisztotelészi feladat adott: az értelmi megfontolások alapján föltételezett struktúrák teoretikus konkretizálása és differenciálása a tapasztalat teoretikus reprodukciója során. Eközben pedig ma sem szokás az egész koncepció mögött rejlő legalapvetőbb elvet, a matematikai kozmosz püthagoreus-platóni-arisztoteliánus ideáját kétségbe vonni, hiszen ez a matematikai természettudományok összeomlását, értelmetlenné válását jelentené. Sőt, az újkori természettudomány ebből a szempontból a püthagoreusokhoz visszatérve kifejezetten radikalizálta Platón és Arisztotelész kozmológiáját: a matematikai jelleget az egész természet relációjában - azaz a földi világban is - föltételezte, amikor a “matematika nyelvén írott könyv” metaforáját nemcsak a csillagvilágra, hanem a természet egészére alkalmazta.58

58Ez a “radikalizáció” nem előzmények nékiili: megtalálható a sztoikusoknál, s a kora középkori ún. “kalkulátoroknál'’ is.

Az előbbiekben láttuk, hogy Arisztotelész nemcsak a kozmosz matematikai jellegű fölépítettségét, harmóniáját tekintette szükségszerűnek, hanem azokat a konkrét matematikai jellegű elemeket és struktúrákat is - így az egyenletes körmozgásokat és a homocentrikus szférákat - melyek által e matematikai jelleg konkrétan realizálódik. Másrészt viszont azt, hogy pontosan hány ilyen elemből, s milyen konkrét elrendezésben épül föl a csillagvilág rendszere, esetlegesnek tartotta, ily módon biztosítva, hogy az elméletalkotás során szerepet kapjanak a megfigyelések és az ezeken alapuló tapasztalat. A mai természettudományos gondolkodás Arisztotelésztől eltérően a természet rendjének alapul szolgáló konkrét elemek és struktúrák mibenlétét is esetlegesnek tekinti, ám az egy pillanatnyilag sem kétséges számára, hogy ilyen elemek és struktúrák léteznek és matematikai összefüggésekkel jellemezhetőek. A modern természettudományon belül is érvényes az a program, mely szerint a teoretikus természettudománynak elsősorban ezeket a matematikai összefüggéseket kell kutatnia. így a modern egzakt tudomány kutatási modelljében, beállítódásában - sőt: céljaiban is - a filozófiai oldalról Platón és Arisztotelész által megalapozott görög matematikai csillagászat örököse.

<<<(((Miszerint a természet nem általában szabályos, hanem vannak szabályokba rendeződő állapotai, hányadai, amelyek kutathatók az elvek szerint, a rendeződési elveket keresve. Azonban a természet nagyobb része valószínűleg kaotikus, rendezettlen, töredezett, amely állapotban nem érvényesülnek a szabályos alakzatok, összefüggések, folyamatok. Lásd Rockenbauer Antal írásainak olvasásakor felmerült gondolatokat. -FÁ)))>>>

### 7. A világ és a kozmosz. A démokritoszi és az arisztotelészi kozmológiai modell

Mint láttuk, amíg az ókori görögségnél egyik oldalról a milétoszi természetfilozófiában a célirányultság nélküli, vak, véletlenszerű, s a természet öntevékenysége által jellemzett kozmosz eszméje alakult ki, addig a püthagoieus iskola a harmonikus, matematikai szerkezetű, s isteni természetű kozmosz eszméjét képviselte, mely azután Platónnál és Arisztotelésznél határozottan célirányúlt jelleget kapott. Ugyancsak Platónnál és Arisztotelésznél válik határozottá az égi és a földi régió dualizmusa. A milétosziak kozmoszát jellemző egyneműség viszont a leukipposzi és démokritoszi atomista kozmológiában teljesedik ki.

Az atomista kozmológiában ugyanakkor megjelenik egy további eszme is, mely azt a későbbi platóni és arisztoteliánus világegyetemtől fundamentálisan megkülönbözteti: a világok végtelen sokaságának tana, melyről eddig még nem volt szó.

Néhány forrás szerint a világok sokaságának tanát már az atomisták előtt a milétosziak - így Anaximandrosz és Anaximenész - is képviselték, ám ezek hitelessége igen bizonytalan. Azt azonban bizonyosan tudjuk, hogy a püthagoreusok iskolájában - az indiai Brahma-tanhoz hasonlóan - jelen volt a világ időbeli ciklikus ismétlődésének eszméje, Empedoklésznál pedig (legalábbis természetfilozófiájának szakmai körökben általánosan elfogadott reprodukciója szerint) a világegyetem időben a rendezetlen akoszmia és a parmenidészi tökéletes világegyetemnek megfelelő rendezett állapot, a szfairosz között oszcillál, s ennek során alakul ki a két állapot között félúton újra és újra a mi világunknak megfelelő állapot. Nem világos az, hogy ez az újra és újra visszatérő állapot Empedoklésznál teljesen azonos-e a korábbi hasonló állapottal, s így ugyanannak a világnak örökös ismétlődéséről van-e szó, vagy csupán csak jellegükben hasonló, de a maguk konkrétságában egymástól különböző világok követik időben egymást. Bármelyik lehetőséget is fogadjuk el azonban, Empedoklész kozmológiáját a világok végtelen időbeli egymásra következése jellemzi. Föltehető, hogy Anaximandrosz, Anaximenész, Hérakleitosz (kb. i. e. 540-575) és Anaxagorasz is a világok ilyen, időben egymásra következő sokaságát tanították.

A világok egyidejű, térbeli sokasága -, mely valószínűleg az időben egymást követő világok térbeli kivetítésével jött létre - egyértelmű és határozod tanításként a görög atomistáknál jelenik meg. Kozmológiájuk szerint a kozmosz végtelen és végtelen sok világot tartalmaz. E világokat - mint láttuk - a zuhanó atomok konfigurációi hozzák létre. Egy ilyen kozmológiában ezért - bár Leukipposztól és Démokritosztól nem maradt fönn olyan szövegtöredék, mely ezt tudatosan megfogalmazná -, hangsúlyozottan jelenik meg a kozmosz dezantropomorf, ateleologikus jellege: hiszen itt világunk csak egy világ a kozmosz végtelen sok világa közül, története és rendje csak egy történet és rend a végtelen sok más világ hasonló története és rendje között, s így az még esetlegesebbé, még véletlenszerűbbé válik, mintha csak egyetlen egy dezantropomorf, célirányultság nélküli világot - azaz a mi világunk és a kozmosz azonosságát - föltételeznénk. Később Epikurosznál (i. e. 341-270) és Lucretius-nál (i. e. 98-55) kifejezetten hangsúly kerül az ilyen végtelen sok véletlenszerűen keletkezett világot tartalmazó kozmosz célirányultság nélküli, dezantropomorf - az ember “kozmikus közérzete” szempontjából fontos - jellegére.

Bár a kozmoszt világunkkal mint az egyetlen világgal azonosító kozmológia és a célirányúlt, harmonikus kozmosz eszméje között, egyik oldalról, valamint a sokvilág-hipotézis és az ateleologikus, véletlenszerű, nem isteni természetű kozmosz ideája között, másik oldalról, nincsen logikai kapcsolat, tendenciájában a világok térbeli sokaságának hipotézise az előbbi összefüggések következtében jobban összhangban van a vak és dezantropomorf kozmosz képzetével, míg a “kozmosz = az egyetlen egy világ” tézise kedvezőbb a rendezett, harmonikus világ eszméje számára. így nem véletlen, hogy Platónnál és Arisztotelésznél hangsúlyozottan szerepel az egyetlen egy világ tétele.

A harmonikus, ideologikus és a dezantropomorf, vak, véletlenszerű kozmosz ideája mentén az arisztoteliánus és az atomista kozmosszal két - minden vonatkozásában poláris - kozmológia alakult ki a görög filozófiatörténetben.

Arisztotelész kozmológiájában a tapasztalható világ a Földdel, a bolygókkal - ezek közé beleértve természetesen a Napot és a Holdat is - és a csillagokkal maga az egyetlen egy világ, amely ezért azonos a világegyetemmel, a kozmosszal, melynek rendje hierarchikus és dualisztikus: a Hold alatti romlandó és tökéletlen földi világ szemben áll a Hold fölötti tökéletes, változatlan és ezért magasabb rendű világgal, s a külsőbb szférák ezen belül is nemesebbek, mint a beljebb lévők. Ez a rend tehát Arisztotelésznél - de már Platónnál is - egyszerre a mi világunknak és egyben a vele azonos kozmosznak a rendje. Ez az egyetlen létező rend a természetben, a földi és az égi világ együttesében: az egyetlen rend, mely ugyanakkor értelmes és célirányúlt.

Az atomista kozmológiában ezzel szemben a mi világunk - azaz a tapasztalható földi és égi világ együttese, magát a csillagszférát is beleértve - csak egy világ mind a végtelen sok térbeli, mind a végtelen sok időben egymást követő világból, rendje -, mely véletlen, vak, célirányultság nélküli, esetleges, nem matematikai jellegű rend - csak a végtelen kozmosz egy parányi, elenyésző térrégiójának rendje. Ugyanígy, keletkezése nem a kozmosz keletkezése, hanem csak egy világ keletkezése a sok világ közül, mely a végtelen kozmosz mindennapos eseménye, s ugyanakkor élete a Földdel, a bolygókkal, s a csillagokkal csupán átmeneti, egyszer el fog pusztulni, majd más világok keletkeznek helyette. Mivel az egész kozmosz kavargó atomokból áll, nemcsak a mi világunk, hanem valamennyi világ ilyen, s maga a kozmosz is véletlenszerű, egyetemes rend és értelem nélküli, bár az általa tartalmazott világokkal szemben örök és elpusztíthatatlan.

Igen fontos, hogy hangsúlyozzuk: e poláris kozmológiák ismeretelméletileg is ellentétben állnak egymással.

* Ugyanis a platóni és az arisztotelészi kozmológiában a tapasztalati világ maga a kozmosz.
* Az atomista kozmológiában viszont mindaz, amit tapasztalhatunk - azaz a “mi világunk” - pusztán a létezők elenyészően kis hányadát képezik,

s a végtelennek tekintett kozmosz kavargó atomok által jellemzett véletlenszerű “rendjét”, valamint a mi világunkon kívüli végtelen sok többi világ létezését e kozmológia csak az értelem által, minden tapasztalati alapot nélkülözve - mai kifejezéssel, pusztán “spekulatív módon” - tételezi. Ezt figyelembe véve itt visszájára fordul a platóni-arisztotelészi tradíció és az atomista filozófia viszonya: a sokszor spekulativitással, a kozmosz újramitizálásával, sőt, néha irracionalizmussal jellemzett platóni-arisztotelészi kozmológiában az élményként megélt, tapasztalható világnak van prioritása, szemben az atomistákkal, ahol az élményként adott világ csak jelentéktelen sziget a kozmosz spekulatív módon föltételezett rendjében és végtelenségében, végtelen sok szintén spekulatív módon föltételezett hasonló sziget között. Az atomista tézis a világok sokaságán ugyanis nem a naprendszerek sokaságát értette - a “naprendszer” fogalom többes száma ekkor még jelentéssel sem bírt -, hanem a csillagokat a mi világunk részének tekintette, s a másik világokat a csillagszféránkon kívül föltételezett, s ezért a tapasztalat számára elérhetetlen végtelen kiterjedésű térrégióban helyezte el.

A kozmoszt világunkkal azonosító arisztoteliánus kozmológia, mint tudjuk, Arisztotelész után közel kétezer évig uralta az európai gondolkodástörténetet. S ha a világok sokaságának eszméje mint logikai lehetőség föl is vetődött közben a skolasztikában, csak az újkorban elevenedik föl újra tényleges kozmológiai teóriaként. Ám ez az újkori sokvilág-kozmosz gyökeresen különbözni fog a görög atomisták kozmoszától: ismeretelméleti oldalról nem az atomista, hanem az arisztotelészi tradíció folytatása lesz.

### 8. A hellenisztikus csillagászat

#### A. Epiciklusok, excenterek és a ptolemaioszi rendszer

Mint utaltunk rá, a homocentrikus szférákkal kapcsolatos arisztotelészi program követők nélkül maradt. Ebben döntő szerepe volt annak, hogy a maguk közvetlenségében szabálytalan bolygómozgások egyenletes körmozgásokra történő fölbontására létezett egy másik, matematikailag elegánsabb, s könnyebben kezelhető módszer, az epiciklusok[[2]](#footnote-2) és az excenterek[[3]](#footnote-3) módszere. Ez a módszer egyben megoldást kínált a bolygók változó fényességének problémájára is, melyet a görögök a mai csillagászathoz hasonlóan a bolygótávolságok változásaira vezettek vissza, hiszen ezzel a módszerrel nemcsak a pálya menti, s a rá merőleges, hanem a mélységbeli ingadozások is reprodukálhatóak.

Az epiciklus nem más, mint **egy körpályán egyenletesen mozgó matematikai pont** körüli, a szóban forgó körpályánál kisebb sugarú kör, mely együtt mozog középpontjával. Abban az esetben, ha az előbbi körpálya sugara kisebb, mint a rajta mozgó ponthoz tartozó kör sugara, excenterről beszélünk. Az epiciklus esetében a nagy kör neve: defferens. Az epiciklusok, illetve az excenterek egymásba skatulyázhatóak, így egy epiciklus tekinthető egy újabb epiciklus defferensének, vagy egy újabb excenter belső körének, és így tovább. A csillagászati alkalmazásban a bolygók mindig a legkülső epicikluson vagy excenteren mozognak, mégpedig oly módon, hogy a “külső” bolygók - azaz a Mars, a Jupiter és a Szaturnusz - esetében az epiciklus középpontja és az epicikluson keringő bolygó között húzott egyenes mindig párhuzamos a Föld-Nap tengellyel, míg a Merkúrnál és a Vénusznál az epiciklus- középpont mindig a Föld-Nap tengelyen marad. A Pergéből származó neves matematikus, Apollóniosz bebizonyította, hogy e csillagászati alkalmazásokban a külső bolygók excentere mindig helyettesíthető egy epiciklussal, illetve megfordítva, az epiciklus egy excenterrel. Mivel a belső bolygók esetében epiciklusokra van szükség, e két lehetőség közül a külső bolygók esetében is hagyományosan az epiciklusokat szokták választani.

Az, hogy az epiciklusok és az excenterek fogalma kitől - illetve kiktől - származik, ma vita tárgyát képezi. Egyes “maximalista” interpretációk szerint az epiciklusokat már a püthagoreusok is ismerték. Ezt az álláspontot képviseli pl. van der Waerden, aki szerint - püthagoreus hatásra – Platón Állam című művében utalást találunk az epiciklusokra a túlvilágot megjárt Er katona elbeszélésében. Az epiciklusok e korai eredetére vonatkozó vélemény azonban kisebbségi álláspont a tudománytörténészek között. Annyi azonban bizonyos, hogy az epiciklusok és az excenterek matematikájával először részletesen pergei Apollóniosz (i. e. 260-190)59 foglalkozott, aki egyben alkalmazta is ezeket a bolygók mozgására. Apollónioszt követve ugyancsak az epiciklusok és az excenterek elméletét használta a kiváló csillagász, Hipparkosz60 (kb. i. e. 190-125), s szintén ezen az elméleten alapul **Ptolemaiosz**61 (i. e. 120-160) több, mint kétszáz évvel későbbi nevezetes munkájának, a görög csillagászat, s egyben a görög természettudomány csúcspontjának, a **“Szüntaxisz”**-nak Nap-, Hold- és bolygóelmélete.62 Ez az elmélet, mely a “Szüntaxisz” utolsó fejezeteiben található meg, a Föld mozdulatlansága és a tökéletes, egyenletes sebességű körmozgások axiómájának alapján - azaz a platóni programnak megfelelően - oly pontossággal adja vissza a bolygók mozgását, hogy az a Platón és Eudoxosz idejében föltételezhetően rendelkezésre álló adatoknál jóval gazdagabb és pontosabb Ptolemaiosz korabeli adatokkal is összhangban van.

* Igaz, e siker érdekében Ptolemaiosznak szüksége volt egy elvi jellegű kompromisszumra: be kellett vezetnie az epiciklusok és az excenterek mellett egy új matematikai eszközt, az úgynevezett ekvánst - “kiegyenlítő pont” -ot -, valamint a Földet a bolygódefferensek középpontján kívül kellett elhelyeznie, aminek következtében rendszere igazából nem geocentrikus, hanem pusztán geostatikus. Ami az ekvánst illeti, ez a bolygók mozgása során föllépő sebességváltozások kvantitatív reprodukálásához szükséges, mivel az epiciklusok és az excenterek alkalmazása önmagában kevés volt ehhez. Maga az ekváns egy olyan pont, mely a defferenskörön belül helyezkedik el, féltengelynyi távolságra középpontjától, s funkciója az, hogy a defferensen keringő test vagy epiciklusközéppont belőle tekintve mozogjon egyenletes szögsebességgel. Más szavakkal megfogalmazva: a bolygópályák tökéletes kör alakjának és a bolygómozgások egyenletességének viszonyítási pontja az ekvánsok bevezetésével elválik egymástól, s az egyenletes sebesség nem a középpont, hanem az ekváns relációjában lesz igaz. Azaz középpontból nézve a mozgás már többé nem egyenletes, s az ekváns szerepe éppen az, hogy ennek ellenére megmentse az egyenletes mozgás tézisét: egy olyan viszonyítási pont, melyből tekintve a mozgás mégiscsak egyenletesként jelenik meg. <<<(((tehát az egyenletes mozgás ideája görög-kori. Mivel körökből építkezik, ez egyenletes szögsebességet is jelent? -FÁ)))>>>

59Neves görög matematikus és csillagász, aki az i. e. III. században alkotott. Tőle származik az ellipszis, a parabola és a hiperbola elnevezés, ő dolgozta ki a a kúpszeletek és a húrok, valamint a csillagászatban használt excenterek és epiciklusok matematikai elméletét.

60Neves görög csillagász az i. e. II. századból. Apollóniosz matematikai csillagászatát alkalmazta a Nap és a Hold mozgására. Ő fedezte föl a precessziót, s ööszeállított egy igen részletes csillagkatalógust, melyet Ptolemaiosz is fölhasznált.

61 Ptolemaiosz, Klaudiosz: kiváló görög matematikus, csillagász és geográfus az i. sz. II századból, aki Alexandriában tevékenykedett. Fő művében, a “Syntaxisz Matematika" -bán - arab nevével az “Almagest”-ben található meg híres rendszere, mely a kor viszonylatában igen nagy pontossággal tette lehetővé a bolgyópályák előre történő kiszámítását.

62Ptolemaiosz művének eredeti címe “MATÉMATIKOSZ SZÜNTAXOSZ”: “Matematikai gyűjtemény”. Az arabok “a legnagyobb”-nak (érsd: a legnagyobb műnek) nevezték, s innen a ma gyakrabban használatos “Almagest” elnevezés (“Al”: arab névelő; “magiszté": a görög “nagy” fokozása). A mű eredeti szövegének modem kiadása, illetve angol és német nyelvű fordítása: Ptolemaios: Opera quae exstant omnia 1. vol.: Syntaxis mathematica, ed. by Heiberg, 1-2. Lipsias (Leipzig) Teubner, 1898, 1903. Ptolemaios, Klaudios: The Almagest. Copemikus, Nicolaus: On the revolutions of the heavenly spheres; Kepler: Epitome ... (Great books of the Western World 16.) Chicago, Encyclopaedia Britannica, 1952. Ptolemaios: Almagest. (Trans. by G. J. Toomer. London 1984); Ptolemaus: Handbuch dér Astronomie 1-2. Bd. Deutsche Übersetzung von Kari Manitius. (Teubner, Leipzig, 1963)

* A ptolemaioszi rendszernek volt egy másik, tapasztalati jellegű, s az ekvánsokhoz képest partikuláris fogyatékossága, mely a Hold mozgásával volt kapcsolatban. A rendszer által leírt Hold-mozgás szerint ugyanis a Hold-Föld távolság oly nagy mértékben váltakozik, hogy ennek során a Hold látszó átmérőjének hol felére kellene csökkennie, hol pedig kétszeresére növekednie. Ptolemaiosz nyilván tisztában volt a Hold mozgásáról adott elméletének ezzel a defektusával, ám mivel a Hold csillagok közötti látszó pályáját jól visszaadta, minden bizonnyal kompromisszumként beletörődött ebbe a kellemetlenségbe.

Ptolemaiosz rendszere e két “szépséghibá”-jával is a matematikailag szerkesztett, tökéletes kozmosz eszméjének magas színvonalú kidolgozása, mely a kor csillagászati méréseinek pontosságát figyelembe véve valóban “megmenti” a jelenségeket a platóni értelemben, s ezért nem véletlen, hogy megszületését követően közel másfél évezreden át a legalapvetőbb csillagászati - és egyben természettudományos - munkának számított. Figyelembe véve azt, hogy csak a ptolemaioszi rendszer alapján fogalmazódhattak meg azok a problémafölvetések és kérdések, melyekre először Kopernikusz rendszere, majd ezt követően Kepler törvényei adták meg a választ, valamint azt, hogy a Kepler-törvények szolgáltak alapul az egyetemes tömegvonzás newtoni elméletéhez, méltán állíthatjuk, hogy a modem fizika történelmi alapjait a ptolemaioszi rendszer fektette le, <<<(((és nem lehet fékevesztetten csepülni a görög tudományos irodalmat felfedező skolasztikát …. Politikai ideológiai érdeknek engedve. -FÁ)))>>> s így mai fizikánk ennek a rendszernek leszármazottja és örököse. Szemben azzal a vulgáris tudománytörténeti minősítéssel, mely ebben az elméletben a hamis tudományos elmélet paradigmáját vagy a tudományos “melléfogás” - esetleg egyenesen az “áltudomány” - mintáját látja, Ptolemaiosz rendszerében nemcsak az ókori görög tudomány zseniális csúcsteljesítményét kell tisztelnünk, hanem egyben egy olyan művet is, mely az egyik kulcsfontosságú láncszemet jelenti a mai tudományhoz elvezető gondolkodástörténeti úton. Persze mindez nem csupán Ptolemaioszt dicséri: mint láthattuk, Ptolemaiosz csak az összegző és a beteljesítő volt, rendszere valójában a görög kultúra, a görög gondolkodástörténet gyümölcse, <<<(((mint a matematikában Euklidesz -FÁ)))>>> melynek kapcsán nemcsak annak szerzőjét kell méltatnunk, hanem vele együtt a püthagoreusokat, az eleatákat, Platónt, Arisztotelészt, Eudoxoszt, Kalüpposzt, Apollónioszt, Hipparkoszt, s még minden bizonnyal sokan másokat is, kiknek neve nem maradt fönn az utókor számára.

Ptolemaiosz elméletével kapcsolatosan még két dolgot kell röviden megemlítenünk.

Ezek közül az egyik a rendszerben szereplő matematikai entitásoknak - a defferenseknek, az epiciklus- és excenterközéppontoknak, az ekvánsoknak, a segédepiciklusoknak és segédexcentereknek - a realitásával kapcsolatos probléma. Általános az a tudománytörténeti fölfogás, amely szerint Ptolemaiosz rendszerét mind egészében, mind pedig részleteiben csupán matematikai eszköznek kell tekintenünk, s a görögök is csupán ilyennek tekintették. Ha ezt az állítást úgy kell értenünk, hogy a matematikai köröknek nem feleltek meg szférák, a matematikai pontoknak pedig fizikai pontok, illetve testek, akkor ezt az állítást természetesen helyesnek kell elfogadnunk. Sőt, ez az állítás nemcsak a rendszer előbbi mondatunkban jelzett tulajdonságaiból következik, hanem abból is, hogy a bolygópályák mérete és sorrendje Ptolemaiosz rendszerén belül gyakorlatilag közömbös, csak arra kell ügyelnünk, hogy e pályák ne keresztezzék egymást, illetve elég nagyok legyenek ahhoz, hogy a Föld felszínén való mozgás eredményeképpen föllépő parallaxiseffektusok elhanyagolhatóak legyenek.

Ám ha a Ptolemaiosz rendszerét jellemző matematikai entitások realitását oly módon vonjuk kétségbe, hogy azt állítjuk: a bolygók valójában nem epiciklusokon keringenek, s ezért ezen utóbbiak nem valóságos létezők, hanem csupán kalkulációs eszközök, akkor itt a “valóságos” és a “létező” szavak jelentésének függvényévé válik állításunk helyessége. Mai fölfogásunk szerint a bolygók fölbontás nélküli, térben leírt pályagörbéje a valóságos mozgás, e pályagörbe a létező, míg e mozgás, illetve pályagörbe fölbontása körökre, epiciklusokra stb. pusztán eszköz, csak matematikai kalkuláció. <<<(((ismeretes olyan mai felfogás is, hogy a vonatkoztatási rendszerek tetszés szerint választhatók meg. -FÁ)))>>>

Platón szellemében azonban a matematikai fölbontás során kapott, nem-tapasztalható, tökéletes körpályák a “valóságosak”, a “létezők” a tapasztalható, s megfigyelhető pályával szemben így értelmezve a dolgot, az epiciklusok és az excenterek, illetve a rajtuk mozgó matematikai pontok valóságosnak tekintendőek, s ezen még az sem változtat, hogy a Ptolemaioszt követő görögök pusztán matematikainak tekintették őket: Platón számára éppen a tisztán matematikai az, ami valóságos - vagy legalábbis ami “valóságosabb” - a látható létezőkkel szemben. <<<(((Platón számára a valóságos talán a biztonsággal, egyértelműséggel megragadhatót is jelentette …. S az ideáknak ilyen gondolati egyértelműséget tulajdonított, ahol a tapasztalati esetlegesség nem zavar bele -FÁ)))>>>

Viszont egészen más a helyzet, ha nem Platón, hanem Arisztotelész alapján közelítünk e problémához. Arisztoteliánus értelemben a valóságos a “fizikai”, azaz esetünkben a konkrét égitestek és szférák. Mivel Ptolemaiosz elméletében a köröknek nem felelnek meg szférák, a pontoknak testek, ezek az arisztoteliánus értelemben véve csak “matematikai”-ak, melyekkel szembeállítható a “fizikai” mint valóságos. Az arisztotelészi fogalmakat használva a matematikai és a fizikai szétválik egymástól, s ennek során a ptolemaioszi elmélet paradigmatikus példát szolgáltat egy olyan sikeres matematikai elméletre, mely nem föltétlenül írja le a valóságot. Az arisztoteliánus tradíció tisztában volt ezzel. Ennek nyomán tudatosan vetette föl a ptolemaioszi rendszer entitásainak realitásával kapcsolatos kérdést, s megalkotta e rendszer “szféraváltozatá”-t: egy olyan kozmológiát, melyben Ptolemaiosz köreinek reális fizikai szférák felelnek meg. (Pl. ilyen rendszer kapcsolódik alexandriai Theón63 nevéhez.)

63 Alexandriai Theón: görög matematikus és csillagász a hellenisztikus Alexandriából. Kommentárokat írt Prolemaioszhoz.

Természetesen ez a szférarendszer nem az eudoxoszi-kalüpposzi rendszer továbbfejlesztése volt, hiszen az epiciklusoknak és a defferenseknek fogalmukból következőleg nem feleltethetőek meg homocentrikus szférák.

A másik dolog, amit meg kell említenünk Ptolemaiosz elmélete kapcsán, a bolygópályák számítása során ma használt elmélet és a ptolemaioszi rendszer viszonyát érinti. Ezzel kapcsolatban egyrészt meg kell jegyeznünk azt, hogy a modem fizika gravitációelmélete, az einsteini általános relativitáselmélet szerint a vonatkoztatási rendszerek egyenértékűek, s így ugyanúgy jogosult a földközéppontú rendszert választanunk, mint a napközéppontút. Ami pedig a konkrét számításokat illeti: mivel a bolygómozgások ma általánosan használt és tanított Kepler-féle elmélete is periódusságot föltételez, **Fourier tételének segítségével bebizonyítható, hogy elegendő számú epiciklus bevezetésével Ptolemaiosz rendszere a mai rendszerrel azonos pontosságú rendszerré tehető.** Így nincsen értelme annak, hogy a Ptolemaiosz-féle és a mai rendszert igaz-hamis relációba állítsuk: az előbbi eredeti változatában pusztán pontatlanabb, mint a ma használatos, ám ugyanolyan pontossá tehető mint a mai rendszer, s az elvileg megalkotható pontosabb változat ugyanolyan “igaz” - csak éppen jóval bonyolultabb - lesz, mint a Kepler-féle napközéppontú rendszer.

Ugyanakkor a bolygók pályájának számításakor a ma használatos kepleri elmélet is csak közelítő, hiszen a bolygók mind Newton, mind Einstein elmélete szerint valójában nem periodikusan, hanem a Nap felé közelítő spirális mozgással haladnak, s

###### egyszer belezuhannak a Napba, keringésük örökre véget ér.

###### <<<(((mikor? -FÁ)))>>>

Ezt a Nap felé közelítő effektust azonban a bolygópályák számításakor jelenleg sem vesszük figyelembe, s így ebből a szempontból a napjainkban használatos Kepler-féle napközéppontú rendszer ugyanúgy “hamis”, mint a ptolemaioszi elmélet. <<<(((és ebből a hamisságból annyit ismerünk, amit mai fizikai elméleti és mérési ismereteinkhez viszonyítva tudhatunk … azaz lehetnek olyan további hamisságok, amik itt nincsenek megemlítve (például a Nap spirális mozgásai nagyobb csillagászati egységekhez képest) illetve amiről fizikai ismereteink mai állása szerint még nem tudhatunk. -FÁ)))>>>

###### <<<((( Az atomi mozgások menyire örök életűek mai tudásunk szerint? -FÁ)))>>>

#### B. A görög hellenisztikus csillagászat további eredményei

Ptolemaiosz “Szüntaxisz”-a nemcsak a bolygómozgások elmélete szempontjából jelentős. Találhatunk pl. benne egy csillagkatalógust, mely tudománytörténeti megfontolások alapján nagy valószínűséggel Hipparkosz listájának ptolemaioszi változata, s mint ilyen, a leggazdagabb ránk marad ókori katalógus. De tartalmazza a Szüntaxisz a korabeli csillagászati műszerek leírását is. Mivel Ptolemaiosz gyakran hivatkozik elődeire, s reprodukálja megfontolásaikat, a Szüntaxisz egyben csillagászattörténeti vonatkozásban is fontos forrásmű. <<<(((és ráadásul fentmaradt … érdekes lehet a sorsa évezredeken át -FÁ)))>>>

A görög hellenisztikus csillagászatnak tehát a bolygók mozgásáról alkotott elmélet mellett másik fontos teljesítménye a Ptolemaiosz közvetítésével fönnmaradt hipparkoszi csillagkatalógus. Mivel a csillagok pozíciójának szisztematikus megfigyelését és összegyűjtését nem Hipparkosz kezdte, megemlítendő itt még Timocharis és Arisztüllosz neve, kikről tudjuk, hogy már Hipparkosz előtt csillagkatalógusokat állítottak össze. A csillagok katalogizálásának foglalásának egyik motivációja minden bizonnyal az volt, hogy ily módon referencia-rendszert nyújtsanak a bolygómozgások megfigyeléséhez. Mint már említettük, az eudoxoszi rendszer pontosságán Kalüpposz korrekciója jelentősen javított, s e korrekció nyilván a bolygómozgások részletes ismeretén alapult. Arról nincsen biztos tudásunk, hogy milyen forrásból származtak ezek az ismeretek. Nem tudjuk, hogy rendelkezésre álltak-e már ekkor korábbi időszakok görög megfigyelésein alapuló anyagok, mint ahogyan azt sem, hogy maga Eudoxosz és Kalüpposz végzett-e, s ha igen mennyire behatóan és szisztematikusan, ilyen megfigyeléseket.

A hellenisztikus korszakról viszont már bizonyosan állíthatjuk, hogy fejlett megfigyelési csillagászat jellemezte, melynek részét képezte természetesen a bolygómozgások követése is: e tevékenység központja más természettudományos vizsgálatokhoz hasonlóan az Alexandriában alapított nevezetes Muszeon volt. De nemcsak itt folyt jelentős csillagászati tevékenység: Hipparkosz és Arisztarkhosz64 (i. e. III. század) Számoszban dolgozott. S bár a Hipparkosz és Ptolemaiosz között eltelt több mint kétszáz év csillagászatáról nincsenek forrásaink, a megfigyelések minden bizonnyal ezen idő alatt sem szüneteltek.

64kiváló görög csillagász az i. e. III. századból, a Nap-középpontú bolygórendszer lehetőségének első megfogalmazója. Kísérletet tett a Nap távolságának meghatározására.

Mindezek ellenére föl kell tennünk azt, hogy Ptolemaiosz rendszerének nemcsak görög - s igen nagy valószínűséggel nem elsősorban görög - megfigyelések szolgáltak alapul, hanem a babilóniai táblázatok is. A babilóniai szisztematikus megfigyelések ugyanis jóval régebbre nyúltak vissza-egészen az i. e. VII. századig- s folyamatosak voltak, így a görög eredmények nem pótolhatták őket. De tudjuk azt is, hogy a görög és a babilóniai csillagászok között eleven kapcsolat állt fenn, hiszen volt olyan babilóniai csillagász, aki áttelepült Görögországba csillagjóslást tanítani, s ekkor minden bizonnyal magával hozott megfigyelési táblázatokat is. Ennél közvetlenebb utalással szolgál számunkra a kapcsolatról maga Ptolemaiosz: a “Szüntaxisz” is utal ugyanis babilóniai forrásokra.

A bolygómozgások megfigyelése és a csillagok pozíciójának szisztematikus összegyűjtése tehát - akár a babilóniai megfigyelések átvételével, akár saját megfigyelések alapján - a hellenisztikus csillagászat lényeges összetevőjét képezte. E korszak megfigyelő csillagászatának csúcsteljesítményét azonban mégsem az ezekkel kapcsolatos eredmények jelentették, hanem a **precesszió** **Hipparkosz** általi fölfedezése. Mint ma közismert, a Föld tengelyforgása során búgócsigaszerű mozgást ír le, aminek következtében a forgástengely iránya az állócsillagok képzetes szféráján egy 26 000 éves körpályát rajzol végig, s az ekliptika és az égi egyenlítő metszéspontja évente 8 szögmásodpercet elmozdul. Hipparkosz a korábbi megfigyeléseknek és saját megfigyeléseinek összevetése alapján észrevette a nap- éj egyenlőségi pont ezen helyváltoztatását, s így mint látszó mozgást fölfedezte a precessziót.

Mint az előbb már utaltunk rá, a ptolemaioszi rendszerben a távolságoknak nem volt jelentősége. Ennek következtében az égitestek távolságával foglalkozó vizsgálódások és a bolygómozgások reprodukciójára irányuló kísérletek függetlenek voltak egymástól, ami természetesen nem jelenti azt, hogy nem kapcsolódhattak olykor azonos személyekhez.

A csillagászati távolságok meghatározására irányuló mérések és a velük kapcsolatos megfontolások közül a Föld kerületére vonatkozó próbálkozások voltak a legeredményesebbek. A legrégebbi adatot Arisztotelésznek az égről írt tanulmányában találhatjuk, ahol a Föld kerületét 400 000 stádiumban adja meg. Később Arkhimédésznél (i. e. 287-212) 300 000 stádium szerepel, majd alexandriai Eratoszthenész (kb. i. e. 276-194) 252 000 stádiumot számít ki a nyári napfordulókor különböző földrajzi szélességeken mért delelési Nap-magasság alapján, melyet azután a neves földrajztudós Sztrabón (kb. i. e. 64-24) és a római Plinius (i. sz. 61-114) is átvesz. A görög olimpiai stádium 185 méter volt, de egy Pliniusnál található adat alapján Eratoszthenész 157,2 méteres stádiummal számolt. Ptolemaiosznál 180 000 stádium szerepel ugyanezen értékként, ám ő minden valószínűség szerint az akkori hivatalos egyiptomi stádiumnak megfelelő 210 méteres stádiummal dolgozott. Ha ezen tényezők alapján számítjuk át a stádiumban megadott hosszakat méterre, láthatjuk, hogy azok jól megközelítették a mai, kb. 40.000 kilométernek megfelelő adatot.

Messze nem voltak ilyen jók a Nap távolságával kapcsolatos becslések. Eudoxosz úgy vélte, hogy a Nap kilencszer nagyobb és így kilencszer messzebb van, mint a Hold, Arkhimédész apja ezt az arányt 1:12-re, maga Arkhimédész pedig l:30-ra becsülte. Arról nem maradt fönn információ, hogy milyen megfontolások alapján adódtak ezek az értékek, Arisztarkhosz esetében azonban ránk maradt módszerének leírása, mely a holdfogyatkozások megfigyelésén alapult, s amely alapján ő 1:18 és 1:20 közöttire becsülte a Hold és a Nap Földtől való távolságának aranyát. Hasonló módszert alkalmazott Hipparkosz és Ptolemaiosz is, akik közül az előbbi szmirnai65 Theón szerint 0,29 Föld-átmérőre becsülte a Hold átmérőjét és 12 1/3-ra a Napét. Ugyancsak szmirnai Theón nyomán Hipparkosz 60,5 Föld-sugár távolságot kapott a Holdra, s 2550-et a Napra. Ptolemaiosznál ez a két utóbbi távolság 59 és 1210 Föld-sugár.66 A Hold ma számított távolsága kb. Föld-sugár, átmérője kb. 0,273 Föld-sugár. <<<(((?! Nem stimmel, mert Föld sugár 6371 km, Föld-Hold távolság 384.400 km és 384.000/6.371=60,335. Továbbá 1/60,335=0,0165, tehát a szövegben itt valami elírásra került. -FÁ)))>>> A Nap viszont több mint 20.000 Föld-sugárnyira van a Földtől.

65I. sz. II. századi platonikus filozófus. Könyvet írt Platón matematikai tanításáról, melyben részletesen foglalkozik az asztronómiai jelenségek “megmentésének” problémájával.

66Vö. pl.; Dreyer: A History ofAstronomy, 184-186. o.

### 9. A kaldeusok numerikus bolygóelmélete

Az emberiség történelme, s ennek részeként a kultúra, a gondolkodás és a tudomány története egyszeri, megismételhetetlen folyamat.

Láttuk azt, hogy a görög elméleti természettudomány csúcsteljesítménye67, a ptolemaioszi rendszer a matematikailag szerkesztett, s ilyen értelemben harmonikus kozmosz püthagoreus eszméjén alapul, melyen belül kitüntetett szerepet játszik az égitestek egyenletes körmozgásának tézise. A történelem egyedi volta és megismételhetetlensége következtében nem tudjuk, és soha meg nem tudhatjuk, hogy miképpen alakul a görög csillagászat története, s ezen belül megszületett volna-e - s ha igen, milyen lett volna - a bolygómozgások görög elmélete, ha nincs ez az eszme, illetve ha az nem nyer megerősítést Platón filozófiájában. Ha ennek ellenére mégis lehet bizonyos elképzelésünk erről, az annak köszönhető, hogy a hellenisztikus Babilóniában szintén kialakult egy olyan matematikai jellegű bolygóelmélet, mely nagy pontossággal képes volt a bolygók mozgásának előrejelzésére. Ebből a babilóniai elméletből ugyanis teljesen hiányzott a görög természettudományra és csillagászatra jellemző kozmológiai motiváció, s célja nem a “jelenségek megmentése” volt, hanem a bolygópozícióknak - elsősorban az asztrológia igényeit szolgáló – előrejelzése.

67Amikor így fogalmazunk, figyelembe vesszük azt, hogy a matematika és a geometria nem természettudomány, s így Eukleidész Elemekje nem természettudományos munka.

Milyen volt ez a babilóniai bolygóelmélet?

Elsőként az hangsúlyozandó, hogy semmiféle megkülönböztetés nem volt benne a “látszó” és a “valóságos” mozgás között, s a babilóniai csillagászok számára föl sem vetődött az a lehetőség, hogy a megfigyelhető mozgás más típusú, szabályos matematikai vagy fizikai mozgásoknak a vizuális megjelenése, szemben a görög elmélettel, mely ezt olykor fizikailag is, de geometriailag mindenképpen föltételezte. Az elmélet kiinduló előföltevése mindössze az a tapasztalatból származó fölismerés volt, hogy a megfigyelhető mozgások bizonyos periódusosságot, illetve közelítő szabályosságot mutatnak, melyek ezért matematikai eszközökkel közelítőleg reprodukálhatóak és előre kiszámíthatóak.

Mai kifejezésekkel a babilóniai csillagászok tevékenységét úgy jellemezhetjük, hogy ezt a föladatot - azaz a közelítő reprodukciót és az előrejelzést - oly módon oldották meg, hogy az ismert és az idő függvényében megadott pozícióadatok alapján közelítő függvényeket konstruáltak, melyeknek argumentumába az időpontot behelyettesítve megkaphatjuk az ismeretlen múltbeli és a jövőbeli pozíciókat.

Ez az eljárás részleteiben úgy néz ki, hogy elsőként bizonyos kitüntetett, nagy periódusokban viszonylag pontosan visszatérő és ezért előre kiszámítható jelenségeket, illetve pozíciókat adtak meg, s az e pozíciók közötti időszakokra alkalmazták a közelítő függvényeket, mely utóbbiak nem közvetlenül a pozícióra, hanem az égitestek mozgássebességére vonatkoztak. Nyilvánvaló, hogy ha egy ilyen kitüntetett pozíció időpontja ismert, s ismert a két ilyen pozíció közötti sebességfüggvény, akkor a T0 időpontú kitüntetett pozíció utáni T1 időpontra a bolygó pozíciója a sebességfüggvény ismeretében kiszámítható.

E módszer további részleteivel itt nem foglalkozhatunk.68 Pusztán arra térünk ki még, hogy megfelelő időmérő skála esetén a számítások alapjául szolgáló kitüntetett pontok kiválasztása végeredményben empirikus kérdéssé válik: elég hosszú időtartományt átfogó megfigyelési listák tanulmányozásával fölismerhetjük azokat a nagy periódusokban ismétlődő pontokat, melyek alkalmasak arra, hogy ilyen pontként jelöljük ki őket. A közelítő függvények ezután a rendelkezésre álló adatok fölhasználásával próbálkozásokkal adhatóak meg, majd számításokkal ellenőrizhetőek és korrigálhatóak. Mindehhez semmiféle előföltevésre nincs szükség a kozmosz vagy a bolygók mozgásának harmonikus voltáról, illetve semmiféle olyan fogalom nem szükséges hozzá, mely valamiképpen egy ilyen kozmosszal lenne kapcsolatban. Éppen ellenkezőleg: mivel a nagy periódusokon belül a látszó mozgások igen nagy szabálytalanságot mutatnak föl, minél részletesebben kidolgozottabb és pontosabb ez a módszer - azaz minél jobban megközelítik a mozgásokat a fölhasznált segédfüggvényeken alapuló számítások - annál szabálytalanabbak lesznek az alkalmazott sebességfüggvények, s annál távolabb fogunk kerülni egy matematikailag pontosan működő, szabályos, “harmonikus” kozmosz ideájától.

68 A hellenizmus kori mezopotámiai matematikai csillagászat kiváló és jól használható összefoglalását megtalálhatjuk Neugebauer sokszor idézett könyvének V. fejezetében (109-157. o).

Talán nem nehéz belátni, hogy egy ilyen csillagászat bármily nagy pontosságot is érjen el a bolygómozgások reprodukciójában, sohasem juthat el a törvényszerű szabályok szerint mozgó égitestek fogalmáig, vagy a “látszó” és a “valóságos” mozgás megkülönböztetéséig. A babilóniai elméleti csillagászat által definiált fejlődési pálya ezért sohasem vezethetett volna el a Nap-gyújtópontú ellipszis-pályák bevezetéséig, s így Newton gravitációelméletéhez. Nem erőltetett talán ennek nyomán azt föltételeznünk, hogy a püthagoreusok-Platón-Arisztotelész-Ptolemaiosz-Kopemikusz-Kepler-Newton gondolkodástörténeti vonal nem esetleges: csak a harmonikus kozmosz ideájától vezethetett út az újkori fizikához. A természet, a kozmosz matematikai harmóniáját eleve föltételezni kellett ahhoz, hogy a görög matematikai csillagászat, majd később az újkori fizika megszülessen: pusztán a tapasztalat alapján, a tapasztalati megfigyelések kalkulatív kezelésével, a tapasztalati adatokra alapozva konstruált előrejelzésekre alkalmas függvények segítségével egy harmonikus, matematikailag “működő” természet eszméjéig sohasem juthatott volna el az emberi gondolkodás.

Mindez természetesen nem jelenti azt, hogy a harmonikus kozmosz ideájának nem voltak tapasztalati motivációi. Egy ilyen eszmét már eleve csak egy olyan lény fogalmazhat meg, aki benne él egy világban, s élményként megélve ezt a világot, kérdéseket tesz föl vele kapcsolatban. Ezen túl a matematikailag harmonikus kozmosz gondolatához nem elég általában egy ilyen élmény a világról, hanem ennek az élménynek olyannak kell lennie, mely azt mutatja, hogy a világ eseményeit, a természet működését szabályosságok, ismétlődések jellemzik. Egy ilyen élmény nélkül sohasem juthatott volna el az emberiség a törvényszerű, matematikai kozmosz fogalmáig, ám nyilvánvaló az is, hogy ebből az élményből - mint amiképpen ezt többek között a milétoszi filozófusok is tanúsítják -, még egyáltalában nem következik szükségszerűen a matematikai jellegű törvények által uralt, harmonikus - és ezért történéseiben a matematika eszközeivel reprodukálható - világegyetem eszméje.

Azzal, hogy azt állítjuk, hogy a püthagoreus eszmevilág alapozta meg a görög matematikai csillagászat kibontakozását, s ezzel közvetve a modern matematikai természettudomány létrejöttét, nem állítjuk természetesen azt is, hogy a püthagoreusok és a görög matematikai csillagászat nélkül nem alakulhatott volna ki valahol, valamikor valami hasonló, ami megfelelne a világ mai fizikai leírásának, hiszen a matematikailag szerkesztett, s ebben az értelemben harmonikus kozmosz eszméje később máshol, más kultúrákban, más népeknél is megszülethetett volna. Pl. Indiában, ahol az örök körfogás mitikus tanának nagy ciklusait szintén szigorú matematikai összefüggések jellemzik. Igaz, ez a tan az emberi tapasztalaton túli világra, s időtartományokra vonatkozik, nem ösztönöz arra, hogy közte és az empíria között olyan közvetítési problémát megfogalmazzunk meg, mely a bolygók püthagoreusok által föltételezett körmozgása és a látszó bolygómozgások relációjában automatikusan adódott. Ám elvileg elképzelhető, hogy a mitikus tanban szereplő szigorú periódusok mintájára előbb vagy utóbb megjelent volna a matematikai periódusok szerint történő bolygómozgások ideája is.

Előbbi fejtegetéseink persze csupán föltevéseken alapulnak. Ha élnek más csillagrendszerekben hozzánk hasonló értelmes lények, akik a mi fizikánkhoz hasonló fizikával rendelkeznek, s egyszer sikerülne velük kapcsolatot teremteni, vizsgálhatjuk majd általánosságban azokat a lehetőségeket, ahogyan gondolkodástörténetileg a matematikai kozmosz ideája, s ennek nyomán egy mai típusú, matematikai fizika kialakulhat. Mindaddig azonban csak egyet állíthatunk bizonyosan: ez az idea itt a Földön csak egyszer és egy helyen, az ókori görögöknél, a püthagoreus iskolában fogalmazódott meg.

## D. A biológiai ismeretek önálló rendszerré szerveződésének kezdetei az antik korban (*Kiss János)*

#### <<<(((érdekes, de kevésbé elméleti, kevésbé összefogott a többinél -FÁ)))>>>

A közel-keleti népek, az egyiptomiak, a kínaiak és az indiaiak nagy mennyiségű és igen értékes biológiai ismeretet gyűjtöttek össze. E hatalmas mennyiségű ismerettel azonban másképpen bántak, mint a görögök, elsősorban azért, mert olyan világszemléletük volt, amely szerint a világot kiszámíthatatlan démonok, szellemek és istenek uralják. Ezért ezekben a korai kultúrákban a tanult emberek - a kialakuló értelmiség - a vizsgálódásaikat sokkal inkább a természetfölötti és nem annyira a valós természeti világ megismerésére és megértésére összpontosították. A boncolást például nem azért végezték, hogy az állatok, illetve az ember szervezetét megértsék, hanem azért tanulmányozták egyes szerveiket, hogy a segítségükkel megjósolják a jövőt.

A görögök tudományos teljesítménye nem annyira az egyes tapasztalati megfigyelések összegyűjtése és lerögzítése - azt már előttük más népek is megtették. Inkább arról van szó, hogy ennek a civilizációnak a kibontakozásával kezdett a misztikus-mágikus világszemlélet és világértelmezés megváltozni. Ők voltak az elsők abban, hogy a velük szomszédos népek ismereteinek javából feldolgozás útján megkísérelték a természeti jelenségek törvényszerűségeit feltárni.

A feltáró tevékenység összekapcsolódott azzal, hogy hozzákezdtek a tudományos módszertanok és eljárások kidolgozásához, amelyeknek a segítségével az esetlegesből, az egyes megfigyelésekből ki lehetett következtetni a törvényszerűt, az általánost. Ehhez jelentős **elvonatkoztató (absztrakciós) képesség** szükséges, ami viszont kellő kiindulópont is egy racionálisabb természetszemlélet létrejöttéhez, valamint majdan a tudományosnak mondható fogalmak megalkotásához is. Az elvonatkoztatás vezetett el az addig gondolatilag értelmesen meg sem ragadható problémák elgondolásához és az ezekkel történő spekulációkhoz is. A kialakulóban levő fogalmak és absztrakciós készség birtokában megfogalmazták a formális logika és a következtetés alapvető szabályait, megalkottak egy kezdeti, de használható szabályrendszert az absztrakt rendszerek és szimbólumok gondolati kezelésére is. Ráadásul eme logikai eljárásokat alkalmazni kezdték a természet megfigyelésének, leírásának és magyarázatának folyamatában is - így sikerült feltárniuk néhány fontos törvényszerűséget. Ennek aztán megörülve, a felfedezett törvényszerűségeket kezdték egyedül isteninek tartani. A logikai és a tudományos eljárások elemi kereteinek megteremtése után képesek lettek ez egyes dolgokat és természeti folyamatokat mindig új és újabb szempontokból is megvizsgálni és összehasonlítani; a már használhatónak bizonyult szempontokat és fogalmakat más összefüggésekben is használni kezdték, majd továbbfejlesztették; egyeseket azonban elvetettek, hogy majd később mégiscsak újra felhasználják.

A görögök polisz-demokráciájában a tudományos felé közelítő gondolkodás társadalmi szükségletté kezdett válni, mert közvetlen vonatkozásba került egyes emberi szükségletekkel. Ezért a megszülető elméletek és a gyakorlat között magától értődő - ha nem is a mai értelmű - kapcsolat volt, amit azonban sokszor még mitologikus köntös burkolta. Ez a demokrácia (ahol egyáltalán demokrácia van) a rabszolgatartók demokráciája, amely akadályozta az igazi alkalmazott tudományok kibontakozását, illetve fejlődését, mert a viszonylag olcsó rabszolga-munkaerő fölöslegessé tette a munkafolyamatok egyre könnyebbé tételére törekvést. <<<(((azt nem mondhatom, hogy már vártam ezt a bicsaklást. Mert ha nincsenek rabszolgáik, akkor rögtön mobiltelefonokat gyártottak volna? Kár ezért az anakronizmusért. -FÁ)))>>> Ezért az elméletek, spekulációk gyakorlatban történő vizsgáját elsősorban az újonnan és főleg általuk létrehozott deduktív logikai módon végezték, <<<(((a deduktív logikába bele kell rúgni szinte kötelezően akkor is, ha Brezsnyev, Sztalin stb már nincsen kéznél? -FÁ)))>>> bár logikailag dolgoztak induktív műveletekkel is. <<<(((le lett lőve az érdekesen indult bekezdés. Gondolatmenet megszakadva. -FÁ)))>>>

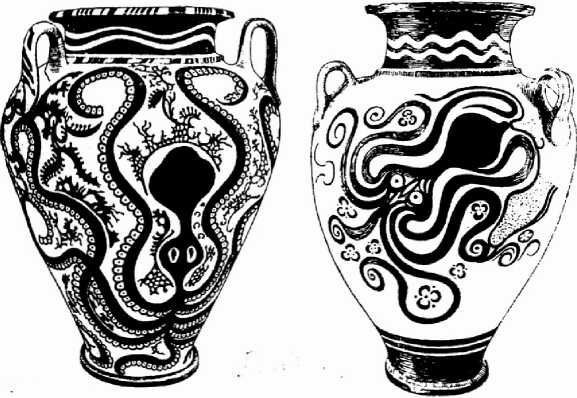
A biológiai ismeretek a görögöknél is a természetbölcseletbe ágyazva jelentek meg, és ez a természetfilozófia lett a kerete a tudománnyá válás első lépéseinek is. Az ismeretek persze itt is zömmel a mindennapi tapasztalásból eredtek, és a szerveződő tudást tükrözte az irodalom és a művészet is. A biológiai ismeretek fő forrásai továbbra is elsősorban az élelemtermeléssel kapcsolatosak (növény termesztés, állattenyésztés, halászat, vadászat), de ezek mellé sorakozott a hajós népnél elég gyakori háborúskodások során vagy a palaisztrában sportolás közben szerzett sérülések kezelése és gyógyítása terén szerzett orvosi jellegű ismeretek egyre gyorsabban növekvő mennyisége is. Megjelent azonban ezek mellett a - gyarmatosítással és a kereskedelemmel összefüggésben - más földrajzi régiók és országok növényeinek, állatainak és embereinek leírása, sőt, bizonyos - már-már ökológiai jellegűnek mondható - összefüggések megsejtése is.



Egy tál belső díszítésén Akhillész bekötözi Patroklosz karsérülését.

Az ókor más népeihez hasonlóan a mitikus világszemléletnek egy racionálisabb világképpel való felváltása a homéroszi korszak táján (i. e. IX-VII. század) kezdődött meg. A homéroszi eposzokban még mesés, mitikus lények is előfordulnak (pl. a hárpiák, szirének, a Szkülla és a Kharübdisz, Polüphémosz), de ezeket már csak Odüsszeusz meseszerűen kiszínezett élményeinek elmondásában találhatjuk meg; a mindennapi környezet és tevékenységek már nagyban és egészében józanul racionális képet mutatnak.

A későbbi évszázadokban a görög demokráciák létrejöttéig a tudományos jellegű spekulációkkal való foglalkozás - ellentétben az ókori keleti kultúrákkal - egyre kevésbé lett meghatározott társadalmi csoport kiváltsága; így a tudás megszerzése és továbbfejlesztése sokkal nagyobb számú embernek (elsősorban szabadnak és néha rabszolgának) vált lehetővé. Az uralkodó réteg pedig egyre inkább megtanulta, hogy a gazdasági hatalmát csak a logikai gondolkodás, a tények ésszerű felülvizsgálata, a törvényszerűségek értékelése és értékesítése segítségével tarthatja fenn - akármilyen mitikus leplekbe burkolja is azokat. Ezért a homéroszi-hésziodoszi vallásos-hősi világszemléletet lassan elvetette, és helyette új filozófiák kibontakozását segítette elő.



Polipábrázolások a knósszoszi palota amforáin.

I. e. kb. 600 táján bontakozott ki a kisázsiai ión természetbölcselők iskolája. Az itteni filozófusok már úgy gondolták, hogy minden eseménynek, jelenségnek megvan a maga oka, és hogy egy bizonyos ok egy bizonyos következményt idéz elő. Ez az okság (a kauzalitás) elve: később mély hatást gyakorolt a tudományok fejlődésére. A ión természetbölcselők feltételezték először az "örök (isteni) természeti törvények” létezését; szerintük e törvények kormányozzák az egész világegyetemet (a “kozmosz”-t), és ezeket az ember meg is ismerheti a megfigyelés és a helyes (logikai) következtetés ereje által. Fő érdemük tehát a racionális gondolkodás ereje általi valós megismerés lehetőségére való rátalálás volt; emellett ők hozták létre a biológiai tudományok alapvető koncepcióit is.

### 1. Az anyag és az élet mibenléte; az éltető erő és a lélek

Az új filozófiákban a görögök már az absztrakt fogalmak segítségével a kozmosz keletkezésének és összetételének, benne az élőlényeknek, az élet mibenlétének a kérdésére is megpróbáltak válaszolni. A rendszeresen gondolkodó kisázsiai ión bölcselők lényegében olyan magyarázatokat konstruáltak a világról, amelyek a természetet már önmagában, démonok, szellemek és istenek közreműködése nélkül, az anyag valamiféle fejlődésének elképzelése és törvényszerű működés alapján értelmezik. Továbbépítették a talán a perzsáktól átvett elgondolást a négy őselemről: a tűzről, a vízről, a levegőről (“pneumá”-ról) és a földről. A világ anyagi összetételére vonatkozóan kezdetben a materialisztikus vonásokat domborították ki. Új és speciálisan ión természetbölcseleti gondolat a négy őselemnek nem az állandó egyensúlya vagy annak felbomlása, hanem az állandóan változó mozgásának képzete. Az egyik őselemet a kezdeti elemnek ("arkhé") gondolták, és a többieket valami ősi evolúciós elképzelés alapján ebből vezették le. Szerintük a négy elem megszületése után ezek együtt az egymásba alakulásaikon keresztül minden létezőben - így az élőlényekben is - zajló folyamatok alapjait képezik, mégpedig az állandóan ellentétes mozgásaikkal. Ezt a dialektikus, dinamikus szemléletet alkalmazták az emberi társadalmi változásokra is; szerintük a természet törvényei értelemszerűen vonatkoznak a társadalomra, mint természeti képződményre is. Az istenit az anyag csodálatos sokféleségében és a változatos mozgásokban, az elemek végtelen kombinációiban, ezek törvényszerűségeiben ismerték el.

A materialisztikus dinamikus fejlődés gondolata vonatkozik az élőlényekre is.

A milétoszi Thalész (i. e. VII.-VI. század) úgy gondolta, hogy a világegyetem tartalmaz egy teremtő erőt, a "phüszisz”-t. Ő a nedvességet, a vizet gondolta arkhénak (ősanyagnak); szerinte az élet lényeges eleme is a víz; az élet keletkezésében is a víz játszotta a fő szerepet. (Talán azért jutott erre a felismerésre, mert úgy észlelte, hogy az élőlények tápláléka nedves, és mindennek csírája nedves természetű.)

Utána Anaximandrosz és az abderai Démokritosz is a nedvesség, a víz szerepét hangsúlyozták az élet keletkezésében, az első élőlények testének felépítésében.

**Anaximandrosz** (i. e. VII-VI. század) Thalész tanítványa a vízből magyarázta az élet keletkezését is, a halakhoz hasonló vízi élőlényekből pedig az ember létrejöttét. De úgy gondolta, hogy az élőlények a víz mellett még földből és valamiféle gázszerű "apeirón”-ból is állnak; ez aztán lehet meleg és hideg is. **A víznek, a földnek és az apeirónnak a keveredése a négy elemet hozta létre: a földet, a levegőt, a tüzet és a vizet.**

A víz és a nedvesség szerepét előtérbe állító elgondolások sem függetlenek azonban a már jóval korábban és számtalan helyen létrejött **ősnemződési tanoktól** sem. Anaximandrosz szerint a gömb alakú Földön az élet spontán jöhetett létre a mocsarakban, a tenger iszapjában; az élőlények általában a naptól elpárologtatott nedvességből képződnek. Az első szervezetek a vízben éltek, és a kialakuló állatok a halak lehettek, amelyeket tüskés bőr borított. E halak leszármazottai elhagyták a vizet, kikerültek a szárazföldre, és itt további állatokat hoztak létre átváltozással. (Ez az első ésszerű evolúciós elmélet.)

Anaximenész (i. e. VI. század) milétoszi természetfilozófus talán Anaximandrosz tanítványa volt. Az arkhé (az ősanyag) szerinte a “pneuma” (kb. levegő). A pneuma az életnek is oka, és gondolati erővel rendelkezik. A légzéssel a pneuma bejut a szervezetbe, így az agyba is. (Ezzel tulajdonképpen a világlélekről szóló orfikus hagyományt vitte bele a természetfilozófiába.) Szerinte az összehúzódó és sűrűsödő anyag hideg, míg viszont a ritka és a “laza” anyag meleg. Az ember a száján át hideget is és meleget is lehel. A lehelet ugyanis kihűl, ha az ajkak összeszorítják és sűrítik; de melegedik, ha a száj nyitva maradása következtében ritkul. Ragaszkodott ahhoz az ősnemződési elképzeléshez, hogy az élőlények a mocsaras iszapban keletkeztek a nap melege hatására.

Empedoklész (i. e. V. század) természetbölcselő és orvos volt. Egyiptom misztikus tudományának birtokában már 4 ősanyagot különböztetett meg: a tüzet, a vizet, a földet és a levegőt. A 4 ősanyag nem ellentétes egymással, hanem különböző. Az ősanyagok állandóan szétválnak és egyesülnek; ez az egyes dolgok ősoka (“rhizómata pánton”, a mindenség gyökerei). A kozmoszban dagályszerű és apályszerű állandó ciklusos mozgás van; ebből a szükségszerűség és a véletlen folytonos tökéletesedést hoz létre. (Tehát a fejlődést a szükségszerű és a véletlen egymásra hatásából magyarázta; a létrejövő létezők pedig egyre tökéletesebbek lesznek.) Szerinte az élők a földből keletkeztek. (Ez az a gondolatkör, amelyet a Biblia is átvesz a “porból lettél és porrá leszel” kijelentés tanúsága szerint.) <<<(((A Biblia ezen gondolat Krisztus előtt 400-nál nem régebbi? -FÁ)))>>> Az őselemek keveredése fölött uralkodik - természettörvény értelmében - a szeretet (“philotész”) vonzása és a gyűlölet (“neikosz”) taszítása. Az elegendő elemkeveredés és a szeretet túlsúlya esetében célszerű élőlények jönnek létre. A 4 őselemen kívül megkülönböztet 4 alapminőséget a hideget és a meleget, a nedvest és a szárazt.

Az epheszoszi Hérakleitosz (i. e. VI.-V. század) a tüzet tartotta ősanyagnak; az élet, a mozgás forrása is a tűz, részben a meleg, részben a folyton változó megfoghatatlan finomságú változása miatt. (Jól látható, hogy e korai materializmus is tulajdonképpen analógiás szimbólumokat használ fel a jelenségek értelmezésére; de már nem személyesíti meg a történéseket, és nem animisztikusan értelmezi többé a természet megnyilvánulásait.) Megállapította, hogy az ember testében életében és halálában is ugyanaz az anyag van, de ugyanaz található éber állapotban és alvás alatt is; nagyjából ugyanaz az anyag alkotja fiatalon, mint öregkorban. Tehát a testben az anyag lényegileg nem változik sem az élet, sem a halál során, sem az egyes életkorokban. A halott és az élő közötti fő különbség az, hogy a halottban már nincs meg az életet adó tűz. A tűz maga a változás, és ez minden lét lényege. Az egység mindig sokféleségből ered úgy, hogy a sokféleség ellentétekké rendeződik; az ellentétek pedig állandó küzdelemben vannak egymással, és így hozzák létre eredőül az egységet. Azt állítja, hogy az ember az érzékei és a gondolkodás útján felfoghatja a világban megnyilvánuló rendszerességeket, az anyag állapotváltozásainak menetét. (Tanításai közvetlen hatásokat gyakoroltak a görög orvostudományra.)

A materialisztikus elgondolások mellett létrejött (ill. a keleti filozófiák és vallások hatását folytatta) az orfikus mitikusok elképzelése a világról. Ezek a részben még misztikus “bölcselők” már i. e. 1000 körül kezdtek foglalkozni az emberi érzelmek és az ember lelki életének természetével (tehát nem elsősorban magával a körülöttünk levő világgal). Elgondolásaik az emberi lelki jelenségek kivetítéseiként értelmezhetők (vagyis animisztikusak). Szerintük a világ szüntelen mozgásban van, minden része működik. A szellemi és az anyagi világ között éles különbség nincsen; mindent átitat ugyanis a világlélek, ami mindent mozgat. <<<(((Hegel is ilyesmit mond? -FÁ)))>>> (Ez a világszemlélet az animizmusból eredő hülozoizmus.) Az ember a születése után a világ parányi részecskéjét fogadja a testébe a levegőből. A levegő ugyanis magának a világot átható aktív léleknek a megtestesítője. A világlélek légzéssel jut be az emberi testbe és lép kapcsolatba a test lelkével. A test ugyanis csak burka, hüvelye annak, ami benne lakik. A test halála után a lélek ismét egyesül a világlélekkel. Így részesülhet az ember a lélek és a szellemi erők különböző hatásaiban, tulajdonságaiban. (Ez a koncepció a világ szellemi egységét és állandóságát, a lélek folytonosságát hirdette. A kialakulására nyilván hatást gyakorolt az egyiptomiak lélekvándorlási képzete.)

Az orfikus hagyományok folytatója és továbbfejlesztője volt Püthagorasz (i. e. VL-V. század), a püthagoreus természetfilozófiai iskola alapítója, orvos. Polükratész elől menekülve bejárta Egyiptomot és Babilont, majd a dél- itáliai Krotónban telepedett le. Az orfikus elképzelések hatására a test és a lélek közti ellentéteket építette tovább, részletesen kifejtve az elme és a test elkülönítésének elképzelését. Dualista koncepciója szerint a lét lényege a számok és elveik által van meghatározva (számmisztika); magukat a számokat is létezőknek vélte, és szinte azonosította azokkal a jelenségekkel, amelyeket jelölni akart velük. A természetben megfigyelt jelenségeket általánosította, és a róluk alkotott elvont képet valóságos létezőnek gondolta. A létezők harmonikus kölcsönös viszonyait tíz ellentétpárral jellemezte (pl. egyenes - nem egyenes; korlátozott - nem korlátozott; hím - nőstény; jobb - bal; hideg - meleg stb.). Az ellentétek harcban állnak, de harmóniában képesek feloldódni.

Parmenidész (i. e. VI.-V. század) eleai filozófus már a megismerés problémáit is feszegette. Azt hirdette, hogy az anyagi világra az állandóság, az anyag változatlansága a jellemző; ezzel szemben az érzékszerveink éppen a változásokról adnak híreket a számunkra. Ennek következtében a gondolkodás a valósággal ellentétes eredményekre vezethet. Az érzékszervek tehát csak felületes jelenségeket tükröznek vissza; így arra nem alkalmasak, hogy a változatlan, örök törvényszerűségekbe belelássunk a segítségükkel, ezért elvetendők. Az ember csak a gondolkodása és az értelme segítségével juthat el az igazság felismeréséhez.

A materialisztikus természetbölcselet és az “őselemek” tanának képviselője volt Anaxagorasz (i. e. V. század) is. I. e. 432-ben a racionalizmusa miatt elűzték Athénból. Szerinte az anyag őselemei (“a dolgok magvai”) minőségileg végtelenek. Ezek egyesüléséből keletkezik valamennyi létező. <<<(((ez volna a forma és anyag kettőségnek korai előzménye? -FÁ)))>>>

A részek egyesülését és szétválását előidéző erő a “nousz” (az értelem, az ész). A nousz a legkönnyebb és legtisztább anyag; a többi anyagokkal nem keveredik. A nousz tulajdonképpen azonos a világban megnyilvánuló törvényszerűségekkel. Az élőlényekben az ész egyedi, egyre bonyolódó formákat ölthet: a növényeiben csupán az érzékelés, az állatokban emellett a mozgás, az emberben pedig még az értelem is belőle származik. Minden állatnak van valamiféle intelligenciája, de a legmagasabb fokú az emberé. Az emberi lélek a test szervezője és működési elve, maga is a nousz megnyilvánulása. <<<(((ez meglepő, és talán sok helyütt máig ható -FÁ)))>>> Az emberi értelem ezért megismerheti a természeti törvényeket, és ebben az ész mellett az érzékelésnek is fontos szerepe van.

Az eddig tárgyalt bölcseleti elgondolások mellett Szókratésszal jelentkezett egy újabb probléma. Ő nem magával a világgal foglalkozott, hanem a magatartás okaival. Szókratész (i. e. 469-399) athéni filozófus bölcseletében került előtérbe az emberi élet céljának, erkölcsi alapjának és a magatartásnak a vizsgálata. Szerinte a cselekvés okának kutatásában a szemlélődés és az önmegfigyelés a legjobb módszer. A vágyak okát az emberi ész fedezi fel, ez irányítja a célok helyes megválasztását is. Ő - Anaxagorasszal éppen ellentétesen - az emberi észből vezette le az észlelet törvényszerűségeket (és nem fordítva). <<<(((érdekes, mi a mai meggyőződés, hiszen az értelem és az érzelem hatnak egymásra, de az érzelem nem logika eredménye, az értelem legfeljebb figyelembe veheti az érzelmet. -FÁ)))>>>

A kortárs Démokritosz (i. e. 460 körül-370) abderai természetbölcselő érdeklődését ismét a való világ felé fordította. Leukipposz tanítványaként az atomista iskola fő képviselője. Szerinte is a kozmosz atomok nagy mennyiségéből áll, és ezek az üres térben mozognak. A világ és minden dolog keletkezését szigorúan mechanikai módon magyarázta, minden dualisztikus elv kizárásával. A szükségszerűség miatt az atomok kavarodó mozgásba kezdenek; ez az összekapcsolódásukhoz vezetett, és így jöttek létre az összetett testek. A testek tehát csak mennyiségileg különböznek egymástól. Ezért az ember is a nagy világegyetem kicsiben való visszatükröződése (a mikrokozmosz a makrokozmosz kicsinyített reprezentációja).

Philolaosz (i. e. 450 körül) fogalmazta meg a “három lélek ” tanát. Ennek az orfikus hagyományokon és Anaxagorasz nézetein alapuló tanításnak a lényege az, hogy az állatokban az “életfenntartó lélek” “székhelye” a köldök, a “mozgató állati lélek” székhelye a szív, míg az “értelmes ésszerű lélek” “tartózkodási helye” pedig az agy. Ez utóbbival szerinte csak az ember rendelkezik.

Ez eddigi - főleg a lélekre, az észre és az értelemre vonatkozó - filozófiai elgondolások felhasználásával Platón (i. e. 427-347) athéni filozófus alkotott egy nagyszabású bölcseleti rendszert. Felismerte ő is az életben az állandó változást, és a lényegét valamiféle ellentmondásban vélte megragadni. A szofistákkal együtt a világot egyes fogalmak szerint csoportosba mutatja be. Egy dolog elnevezése szerinte az “ideájá”-val van kapcsolatban; márpedig az “idea ” a dolgok lényege. Ezért próbálkozott a dolgoknak az őket jelölő fogalmak szerinti osztályozásával. Ilyen fogalmi csoportok: ég, istenek, föld, emberek, emberi teljesítmények (“tekhné”), állatok, növények. Filozófiai irányvonala - Szókratész nyomán is - elmélyíti az önmegfigyelés, a szellemi befelé fordulás programját. Hangsúlyozta az ész mindenható szerepét. (Az idealista jellegű filozófia ezzel eltávolodik a valódi külvilág kutatásától.) <<<(((önellentmondás a könyv szövegében, mert más szövghelyekkel úgy ütközik, hogy arra enm utal -FÁ)))>>> Mivel az emberi ész a nem érzékelhető lényegi (“ideális”) tulajdonságokat vizsgálja, ezért az érzékelés nem is játszhat lényeges szerepet az ész munkájában. Maga az ész az ember belsejéből aktívan irányítja az élettevékenységeket. A lélek két részből áll: az isteni eredetű, magasabb rendű és halhatatlan részből, valamint egy halandó részből. A halhatatlan lélek tartalmazza a gondolkodásképesség elemeit és felelős az észért; ez a testtől független, nem-anyagi, racionális irányító. A tűz, a víz, a levegő és a föld megfelelő arányú elegyítésével isten megalkotta a velőt, amelybe betelepítette az isteni halhatatlan lélek fajtát. A lélek isteni magvát befogadni képes velő teljesen gömbszerű; ez az agyvelő (mivel a gömb a legtökéletesebb idom a térben). A lélek halandó részét befogadó velők köré építette isten a testet. Az érzékelhető jelenségek léte és pláne a hasznossága viszont csakis az ideákból vezethetők le.

**(Ezzel a filozófiában elkülönítette az elvont fogalmakat és az érzékietek keltette benyomásokat, e különbözőséget először hangsúlyozta. A valóság megismeréséi azonban ezzel eleve deduktív útra terelte át.)**

Az ideák világa a lélek számára a belső szemlélődés, az önmegfigyelés (az introspekció) során jelenik meg. Platón úgy vélte, hogy az élővilág minden tagja és az ember is arra törekszik, hogy az ideák képét megszerezhesse. Ezért az ok-okozati összefüggések mellőzésével bevezette a célratörés, a célvezéreltség (a teleológiai elképzelését. Az ember célja szerinte nem más, mint az önmagában felfedezett tökéletes ideák és az erkölcsi fogalmak megvalósítása. (A teleológia innen fogva a természet vizsgálatában is és a világ folyamatainak értelmezésében is fontos szerepet kapott.)

Kezdetben Platón nyomdokain haladt, de aztán saját filozófiai elképzeléseket alakított ki (az élőkről is) Arisztotelész (i. e. 384-322). Ő volt az utolsó kiemelkedő antik görög filozófus; az első enciklopédista, aki a tudás minden ága iránt érdeklődött; szellemi képviselője a tudomány felé vezető útnak.

* A platóni filozófia alaptézisét elvetette: a dolgok lényege szerinte nem rajtuk kívüli ideákban, hanem magukban a dolgokban van.
* Kialakította a négy ok tanát, ami szerint a természetben négy ok létezik:
  + a) az anyagi ok - vagyis hogy az anyag a dolgok végső szubsztrátuma;
  + b) a formális ok - eszerint a dolgok lényege a forma (“eidosz”), az anyagot átalakító ok;
  + c) a létrehozó ok - ez a mozgás, ami a változást előidézi;
  + d) a cél-ok (“telosz”) - ami a dolgok létezésének végső oka.

Ezek közül dominál a formális ok és a cél-ok. A forma az anyagot (“hülé”) alakító tényező; a természet jelenségei nem mások, mint a passzív anyag formát öltése. Szerinte azonban a forma nem lett, hanem mindig is volt (ezzel azonban a formát elválasztotta az anyagtól). <<<(((mintegy az ideák helyébe tette -FÁ)))>>> Mivel a forma az anyag és a lények “cél”-ját, “értelmé”-t is megtestesíti, ezért az életfolyamatokat is a cél-okokkal magyarázta. Az “értelmes végső cél”-t (telosz) felállító elvet “entelekheiá”-nak nevezte, ami minden természeti jelenségnek egy benne létező és előre adott végcélt kölcsönöz. (Ezzel vitte be a jelenségek értelmezésébe a teleológiát.) A forma az anyag aktuális állapotát meg tudja változtatni, az entelekheiával új állapotot képes létrehozni.

Létezik tehát **fejlődés**, amelyben az alacsonyabb fejlődési fokozat a **potencialitás**, a magasabb a **megvalósulás**. <<<(((a formát feltételezi, de nem kérdezi honnan van? Talán akkor érthető, ha a forma egy gondolati konstrukció? -FÁ)))>>>

Erre alapozta elképzeléseit az élettelen és az élő természet közti kölcsönös viszonyról, másrészt az élő természet egyes formái közti kapcsolatról. Ez az elképzelés a “lények létrája”-nak elgondolásához vezette, <<<(((Már Arisztotelesznél a porfürioszi fa nyers változatban? És a porfürioszi fát a tankönyv nem is említi meg? -FÁ)))>>> amelyben

* a legalacsonyabb létrafokot az élettelen természet jelenti, amelynél az anyag még uralkodik a forma fölött;
* a magasabb fokokat az élő anyag jelképezi, ahol az anyagot már a forma különböző fokozatai uralják.
  + Az élőlényeket irányító forma szerinte a “lélek’ (“pszükhé”), ami az entelekheiájukat jeleníti meg; ez alakban, életműködésekben és testi változásokban nyilvánul meg. (Tehát a testet azonosította az anyaggal, a lelket a formával.)

Démokritosz materialista nézeteit fejlesztette tovább Epikurosz (i. e. 341-270). Szerinte a világon minden természetes módon megy végbe; mindennek, ami keletkezett, természetes oka van. Semmi nem lesz nemlétezőből, és semmi sem válik semmivé; tehát az atomok és az űr öröktől fogva léteznek. <<<(((számunkra legalábbis, akik az „örök” fogalmával gondolkodunk -FÁ)))>>> A nehézkedés az atomok mozgását lefelé irányítja, mégis eltérhetnek a függőleges esésvonaltól; ezért taszítások, csavarvonalak jöhetnek létre, és összeütközések következhetnek be. A folyamat összefonódásokhoz és tartós kapcsolatokhoz is vezethet, de előidézhet széthullást is. Így az összes dolgok és élőlények meghatározott idő múltán ismét alkotó atomjaikra fognak széthullani. (Ez a tan a biológiában is új magyarázatok létrejöttét engedi majd meg.)

A kitioni Zénón (i. e. 336-264) Athénban hirdette a sztoikus bölcseletet. A fizikája szerint a legfőbb elv az anyag és az erő (isten); ezeket dialektikus egységben kell felfogni: az isten az anyagra mint alkotó, formáló erő hat, átitat mindent a mindenütt jelenlevő “pneumá "-val (lélegzetével). E meleg levegő sűrűsödéséből és ritkulásából vezette le az egész világot (akárcsak régebben Anaximenész). Az orfikusokhoz hasonlóan úgy vélte, hogy a világot átitató pneuma a légzéssel kerül a megszületett új élőlénybe, és a légvételekkel indítja meg az életműködéseket. Háromféle pneumát kell megkülönböztetni: a legdurvább tartja össze a testeket, a finomabb felelős a növekedésért és a nemzésért, a legfinomabb hozza létre az érzékelést és a gondolkodást. Az ő nyomában a sztoikus filozófusok (az athéni Sztoa poikilé oszlopcsarnokában volt az iskolájuk; innen a nevük) a szellemet és az anyagot egyaránt a “pneumá ”-ra vezették vissza, sőt, gyakran azonosnak is tekintették azokat egymással. A pneumának - anyagi oldaláról tekintve lényegében levegőnek - különleges figyelmet szenteltek. <<<((( [Mohendzsodáróban](https://hu.wikipedia.org/wiki/Mohendzsod%C3%A1ro), az [Indus-völgyi civilizáció](https://hu.wikipedia.org/wiki/Indus-v%C3%B6lgyi_civiliz%C3%A1ci%C3%B3) romjai közül 4 ezer éves, meditáló [jógikat](https://hu.wikipedia.org/wiki/J%C3%B3gi) ábrázoló képek kerültek elő. <https://hu.wikipedia.org/wiki/J%C3%B3ga#Eredete> -FÁ)))>>> Feltételezték róla, hogy célszerűen hatva minden növekedés, fejlődés, illetve pusztulás okozója. Ők kezdték értelmezni a pneumát szellemi dologként is. A sztoikus filozófia utolsó nagy megújítója Poszeidóniosz (i. e. 135-50) enciklopedista görög tudós. Ő az egész kozmoszt eleven szervezetként (organizmusként) fogta fel, amelyben a harmónia uralkodik.

A materialisztikus tanok utolsó nagy megszólaltatója Lucretius Carus (i. e. 99-55) filozófus, költő, Epikurosz legnevesebb követője volt. “De rerum natúr a” (“A természetről”) c. tankölteményében költői formában fogalmazta meg az epikureus filozófiái.

Az i. e. II. századtól a filozófia egyre inkább elfordult a természet tanulmányozásától; természetbölcselet helyett lassan átalakult erkölcsfilozófiává. Ez megfigyelhető a filozófiai művekben és a természetről vagy az élőlényekről szóló munkákban is. A kereszténység megjelenésével és terjedésével a tendencia csak felgyorsult. Az élőlényekről írt fejtegetések is egyre inkább az erkölcstan alátámasztására, majd a vallások tanainak igazolására és illusztrálására kezdtek szolgálni. Végül az i. sz. III-V században az egyházatyák kezében a filozófiai és a biológiai jellegű munkák is lényegében már a vallási nézetek “tudományos” bizonyításának voltak alárendelve. Pl. Nemesziosz emesszai görög egyházatya (püspök) 400 körül a laikusok részére írt egy népszerű könyvet “Az ember természetéről". Ebben nézeteit fejtette ki az ember élettanáról is; megpróbálta összeegyeztetni a görög filozófiát a kereszténység elveivel.

### 2. A tudomány módszertana felé

Az ókori görögök már megpróbálkoztak a rendszeres megfigyelésből levonható következtetések módszerének kidolgozásával is. Ebben szerepet játszott, hogy ők voltak a logika tudományának megalapozói, de emellett meg kellett birkózniuk olyan problémákkal is, hogy az egyes megfigyelésekből hogyan lehet általánosabb érvényű összefüggést kihámozni. (Ezzel a feladattal még sokáig küszködött az európai gondolkodás. <<<(((vagy kétezer évig -FÁ)))>>> )

A kezdetet itt is az egyszerű leírás jelentette. Ez is hozott azonban olyan információkat, amelyeket aztán később lehetett hasznosítani. Ilyenek voltak pl. az ún. periplusz iratok, melyekben az i. e. 650 és 100 között keletkezett “tudományos” érdeklődésből lezajlott utazásokat írtak le úgy, ahogy a hajóról meg lehetett figyelni a tengerpartokat, a kikötőket, a folyótorkolatokat. Az leírások főleg a gyakorlat kívánta adatokat tartalmaztak, de beszámoltak mindenféle élményről is. Ilyenek pl. a karthágói Hanno leírásai, amelyek Nyugat-Afrika partjai mentén tett utazásairól szólnak. A benne leírt állatok között azonosítani lehet a gorillát. Az 50 tájt keletkezett “Periplus maris Erythraei” c. iratban először írták le az Indiai-óceán mindkét felét és a Kína felé vezető tengeri utat. Ez az irat említi elsőként a cukornádat.

Az első filozófus-orvosok “tudományos” módszere az volt, hogy rendszeresen boncoltak (állatokat), így az állatok belső részeit jól ismerték.

Szókratész (i. e. 469-399) erkölcsi vonatkozású filozófiája szerint a cselekvés okának kutatásában a szemlélődés és az önmegfigyelés a legjobb módszer. (Ezzel bevezette a szubjektív megfigyelést a saját cselekvések indítékainak feltárására.)

Az orvosok viszont továbbra is ragaszkodtak a való világ objektív megfigyeléséhez (mert nem a saját magatartást elemezték). Hippokratész (i. e. 460 körül-370 körül), illetve a körülötte szerveződött orvosi iskola választotta el az orvostudományt a filozófiától és a vallástól, ezzel elindította a tudományos orvoslást a maga önálló útján. (Ezért nevezték Hippokratészt “az orvostudomány atyjá”-nak.) Ő már minden betegséget természeti okokra vezetett vissza; kiiktatta a természetfölötti, misztikus erőket. A panaszosainak alapos megfigyelése útján felismerte a szervezet bonyolult kölcsönhatásait. Igyekezett a megfigyeléseit egységes - jóllehet spekulatív - rendszerbe foglalni; ezért átfogó elméletet dolgozott ki az egészség és a betegség mibenlétéről.

Platón (i. e. 427-347) athéni természetbölcselő viszont a szofistákkal együtt a világot egyes fogalmak szerint csoportosítva mutatta be. Iskolájában így formulázták meg a dolgok osztályozásával módszerét.

Eközben kimutatták, hogy tovahaladó osztással (“diairészisz”) az általánostól el lehet jutni az egyedihez, ami többé már nem osztható.

A tárgyak ismertetőjegyeit először kettős választás (dichotómia) szerint keresték (pl. “pirosak” vagy “nem-pirosak”); e kettéosztást az állítás és az ellentmondás elve szerint kell irányítani, és egy megfelelő eljárásban a tárgyat a hiányzó tulajdonságai szerint kell definiálni.

A legutolsó, tovább már oszthatatlan dolog az “eidosz” (“faj”); ezt rendszertani-logikai rendező fogalomnak fogták fel. A “faj”-jal szembehelyezték az alkalmanként még föléje rendelt “genosz” „nemzetség”) fogalmát. (Ez a fogalmi-logikai osztályozási rendszer minden természettudományos rendszertan számára hatalmas haladást jelentett, és minden egymásba skatulyázott rendszer alapja. Azonnal általánosan el is fogadták.)

Platón és iskolája mellett Arisztotelész dolgozott sokat a tudományos módszertan kimunkálásáért. Arisztotelész (i. e. 384-322) a növényekre és az állatokra vonatkozó vizsgálatai és adatgyűjtései során feltette a tudomány módszertanára vonatkozó egyik fontos kérdést: először minden fajban közös dolgokat kell-e kutatni és csak az után az egyedi különbözőségeket, vagy pedig minden egyes élőlényt magában kell vizsgáim? Az induktív eljárást tartotta helyesnek: a jelenségekből kiindulva lehet az okokra következtetni és a dolgok keletkezését tárgyalni. Az induktív kezdetet azonban sokszor mégis deduktív okoskodással, sőt, spekulációval folytatta. Hangsúlyozta azonban a megfigyelést és a kísérletet mint módszert. **A fejlődés gondolatát majdnem kizáró világnézeti kiindulópontja az volt, hogy feltételezte a természet előre adott harmóniáját**. (Ez a gondolat majd két évezreden át gátolta a szervezetek funkcióiról alkotott helyesebb elképzelések kibontakozását.) <<<(((lehet a továbblépés az, hogy vannak a természetben rendezettlen fertályok, ahol nem öltenek határozott alakot az alkotóelemek. -FÁ)))>>>

Az alexandriai orvos Hérophilosz (i. e. 335 v. 320-280 körül) világnézetében és orvosi szemléletében a hippokratészi és arisztotelészi tanok dogmatikája mellett egyre erősebb hatású az empirizmus: egyre jobban csak a tapasztalatban mert megbízni; alkalmazott már kísérletesnek, mondható módszereket és eljárásokat. Emberi testet is boncolt és összehasonlította a struktúráit a nagy állatokéival. Rendszeres anatómiai kutatómunkát is végzett, főleg kivégzettek tetemein. (Az egyiptomiak nem féltek a halottaktól; ez és az empirizmus nagyban segítette az anatómia fejlődését.) Megfigyelte halálraítéltek szervműködéseit is (ilyen irányú észleletei az élettan megalapozását is jelentik). Fiatalabb kortársa, az ugyancsak Alexandriában dolgozó orvos, Eraszisztratosz (i. e. 310 körül-245 körül) jelentősen továbbfejlesztette az anatómiai ismereteket és a szervek funkcióiról alkotott elképzeléseket. Rendszeres anatómiai kutatómunkát végzett, fejlesztette a bonctan technikáját is.

Az egyre inkább tudományos jellegűvé váló munkák mellett megjelentek természetesen nem éppen tudományos irományok is. Ilyenek voltak a paradoxografikus iratok, az i. e. 250 és i. sz. 150 között széles körben élterjedt írásművek, amelyekben az élő és az élettelen természet megmagyarázhatatlan és sajátos, furcsa jelenségeit gyűjtötték egybe. Főleg csodás történetekkel, eseményekkel és tulajdonságokkal foglalkoztak. Ilyen a III. századi karüsztoszi Antigonosz “Csodatörténetek” (“Históriáé mirabiles”) és a II. sz.-i Apollóniosz “Csodás események” (“Mirabilia”) c. műve. (Tudományos értékük csekély, igazságtartalmukat nem kell komolyan venni; de a jelentőségük mégis az, hogy néha elveszett művekről tudósítanak, sőt, leírják egyes állatok “csodálatosnak” vélt viselkedését.)

Az i. e. II. századtól egyre jelentősebbé válnak az enciklopédikus gyűjtemények, amelyek az addig felgyűlt anyagokat és ismereteket különféle rendszerek szerint osztályozva gyűjtötték egybe. Ezek célja tehát nem elsősorban új ismeretek szerzése, hanem a már megszerzett ismeretek valamiféle rendszerekbe szervezése, illetve egyszerűen csak leltározása volt.

Az egyik legismertebb enciklopédia szerzője idősebb Caius Plinius Secundus (i. sz. 23-79). Ő korának egész természettudományos ismeretrendszerét összefoglalta a 37 könyvet kitevő “História Naturális ”-ában Ez történetek, tények és megfigyelések hatalmas gyűjteménye, ami vagy száz görög és római szerző mintegy 2000 könyvén alapult (a szerző szerint) Arisztotelész műveinek mintájára. A műben tudományos és tisztán paradoxografikus leírás egyaránt megtalálható; saját megfigyelése ritka. Plinius a munkáját “tudományos”-nak gondolta, mert minden adatot “szavahihető” idézettel vagy szemtanúval “igazolt”; ritkán kétkedett a hagyományban. Elítélte a mágiát, mégis közölt mágikus recepteket; hangoztatta a megfigyelés, az “experimentum” értékét, de gyakran meséket adott elő megfigyelés gyanánt.

Az alexandriai orvosi hagyományt, Hippokratész orvosi és Arisztotelész biológiai szemléletét próbálta egybeötvözni az ókor utolsó nagy orvosa, Klaudiosz Galénosz (latinosán: Claudius Galenus; 130 körül - 200). Jelentősen továbbfejlesztette a kísérletes élettant: felismerte, hogy az életjelenségeket és a mögöttük rejlő törvényszerűségeket csakis élő állatokon végzett kísérletek segítségével tárhatjuk fel. Az anatómiai alapokon nyugvó vizsgálódási módszerek egyik legeredményesebb továbbfejlesztője volt.

### 3. A növénytani ismeretek fejlődése

A növénytani ismeretek a növénytermesztés és általában a mezőgazdaság gyakorlati teendői nyomán halmozódtak fel. Ezen a téren már a folyamvölgyi kultúrák nagy mennyiségű tudásra tettek szert.

A növényekről szóló ismeretek tudománnyá válásának útján talán Menesztoié a kezdeményező szerep (i. e. 450 körül). A szübariszi természetbölcselő (Empedoklész fiatalabb kortársa) volt talán az első, aki a növények életműködéseivel tudományosabban foglalkozott. A növényi életjelenségeket a püthagoreus eredetű hideg-meleg ellentétre vezette vissza (ezt Empedoklész az állattanban vezette be). Megkülönböztetett ui. meleg és hideg növényeket; a meleg növények szerinte hideg viszonyok között (pl. vízben) is tenyésznek. A növények meleg természete határozza meg a termékenységüket és örökzöld mivoltukat; a hideg természetű növények viszont szerinte terméketlenek és lehullatják a lombjukat. (Elmélete nagy hatású volt; kísérleteit ismételgették és átvitték a nedvkórtanba is. A később kidolgozott ellentétpárral - a szárazzal és a nedvessel - együtt ez jelentette az alapját a racionális táplálkozástani és gyógyszeres kezeléseknek.)

A botanika további fejlődése Arisztotelész érdeme. Megmaradt művei közül ugyan egyik sem foglalkozott növénytannal, pedig úgy vélik, hogy legalább két értekezést is írt a növényekről. Az akkor ismert mintegy 500 növényt fákra., füvekre, cserjékre és lágyszárúnkra osztotta. “A növények elmélet2” címen fejtegette a növény fogalmát: szerinte a növény az az élőlény, amelyek tökéletlen “tenyésző lélek”-kel rendelkezik (csak táplálkozni és szaporodni tud).

Arisztotelész művének folytatója, és különösen a növénytanban beteljesítője az ereszoszi Theophrasztosz athéni filozófus. Arisztotelész tanítványa és utóda a reá hagyott filozófiai iskolában. Mestere állattani műveinek hatására elemezni és osztályozni kezdte a növényeket. “Peri ta phütón isztoriai” (“História plantarum”, “A növények természetrajza”) c. 9 könyvből álló munkája az első tudományos növénytannak tekinthető; benne kb. 550 növényfaj természetrajzát, morfológiáját, gyógyászati felhasználhatóságát írta le. Külön könyvekben tárgyalta a fákat, a bokrokat, a cserjéket és a füveket. A csoportokon belül külön vizsgálta a vadon élő és a termesztett növényeket. Más csoportjai voltak: gyümölcshozó és gyümölcstelen, virágos és virágtalan, örökzöld és lombhullató növények. (Ő tehát a platóni dichotómiás felosztással különítette el a csoportokat.) Megalkotta a növényalaktan terminusait különbséget tett a külső részek (“szervek”) és a belső részek (“szövetek”) között. (Ez akkor igen jelentős teljesítmény volt, mert így lehetett ugyanarra a struktúrára egyértelműen hivatkozni.) Ugyanilyen nagy jelentőségű, hogy kidolgozott egy tudományos nevezéktant speciális jelentéssel ruházta fel a szavakat, amiket aztán többé-kevésbé egységesen használtak is (pl. a “gyümölcs”-öt “karposz”-nak nevezte, és a “perikarpion” volt a “magburok”). Nem akarta ugyan rendszerezni a növényeket, de sok fajt egyesített olyan csoportokba, amelyeket ma “nemzetség”-nek tartanak. (Mivel így elsőként csoportosította a növényeket, a növényrendszertan létrehozójának is tekinthető.) Másik botanikai műve “A növények okairól” (“De causis plantarum”) címmel jelent meg. Módszere az volt, hogy különbségeket állapított meg és azokat értékelte; különleges figyelmet fordított a növények egyes részeire és azok működésére (ezáltal a növényalaktan és a növényélettan megalapozóját is tisztelhetjük benne Menesztor mellett). Elsőként tárgyalta a szaporodás és az egyedfejlődés témáját. E részben írta le először részletesen a datolyapálma kézzel való beporzásának módszerét; kétségkívül először számolt be a virágos növények ivaros szaporodásáról; de közölt megfigyeléseket a növények csírázásáról és egyedfejlődéséről is. Aztán írt a hideg és a meleg, valamint a légkör hatásairól. A III. könyvben van szó a gyümölcsfa-kultúrákról és a gabonatermesztésről. A növények betegségeinek rendszeres ismertetésével (IV-V. kötet) megvetette a növénykórtan alapjait. Értékelte a Nagy Sándor hadjárataiban szerzett botanikai ismereteket is; az indiai növényzetről szóló részek már a növényföldrajz csírái. Ebben először bukkan fel az “oikészisz” fogalma, ami az élőlénynek a fizikai környezetével való kölcsönhatását fejezte ki. (Ebben már a modem ökológia megsejtése tűnik fel.) (A növénytanban a jelentősége Arisztotelész állattani jelentőségéhez mérhető; a művéhez hasonlítható munkát nem írtak a reneszánszig. Nem új növényeket akart felfedezni, hanem a célja sokkal inkább összegyűjteni, csoportosítani és megmagyarázni a már akkor is ismerteket. Ezt pedig igen magas fokon teljesítette is.)

A növénytan nagyon sok szállal kötődött a gyógyításhoz és a gyógyszerek ismeretéhez, Íriszen az akkor ismert gyógyító szerek zöme növényi eredetű volt. így nem véletlen, hogy a botanikusok nem határolhatok el élesen az orvosoktól és a gyógyszerészektől (nemcsak az antik korban, de még a középkorban és az újkorban sem). így a karüsztoszi Dioklész (i. e. 330 körül) orvos egyik munkája a gyógynövényekről szólt; ebben leírta magukat a növényeket a szinonimájukkal együtt, a gyógyító hatásaikat és a begyűjtésükre is adott tanácsokat.

Végzett növénytani kutatásokat az ereszoszi Phaniász (i. e. 300 körül) filozófus és természetbúvár (Arisztotelész tanítványa) is. írt egy nagy művet a növények magvairól és a szaporodásukról. (Csak töredékek maradtak ránk belőle.)

Theophrasztosz szellemében írt egy könyvet a fákról és a cserjékről, meg egy másikat a félcserjékről és a füvekről az alexandriai Hennipposz (i. e. 200 körül) természetbúvár, Kallimakhosz tanítványa. (Ezeket részben a saját gyűjtései alapján ismerhette, de az alapot a munkájához Theophrasztosz művei szolgáltatták.)

Hogy mennyire összefonódott a botanika a gyógyítással, arra bizonyíték, hogy a Hippokratész iskolája nézeteit tartalmazó “Hippokratészi Gyűjtemény” (“Corpus Hippocraticum”) is tartalmaz növényekkel foglalkozó részeket. (A gyűjteményt i. e. 200 körül kezdték az alexandriai orvosok összeállítani.) “A gyermek természetéről” c. irat szerzője tárgyalta pl. a növényi mag csírázását a palánta növekedését és a gyümölcs képződését. Úgy vélte, hogy minden növény a talajban találja meg a neki megfelelő tápnedvet. A növény növekedése és élete szerinte attól függ, hogy milyen a meleg és a hideg váltakozó befolyása a növény alsó vagy felső részeire, valamint hogy hogyan cserélődik a meleg a részek között.

III. Attalosz (i. e. 135 körül) pergamoni uralkodó pedig a különböző mérgek hatása iránt érdeklődött, ezért megalapított egy füvészkertet, ahol tanulmányozhatta a mérgező növényeket is.

A növénytan és a gyógyítás kölcsönhatásában a gyógyítás jelentett nagyobb súlyt Krateuász (i. e. 100 körül) orvos, pharmakopolosz munkásságában, aki VI. Mithridatész udvarában tevékenykedett. “Rhizotomikón” címmel hatalmas orvosbotanikai művet írt (alig foglalkozott benne magukkal a növényekkel, inkább gyógyszertannal). (Illusztrált műve lett az alapja Dioszkuridész gyógynövénykönyvének is.)

Theophrasztosz után a növények elterjedésével, növény földrajzzal Sztrabón (i. e. 63—i. sz. 19) görög földrajztudós és történetíró munkáiban találkozhatunk. Földrajzi leírásai tartalmaznak növényföldrajzi és állattani adatokat is, főleg a Római Birodalomból.

Nikolaosz Damaszkénosz (i. e. 40 körül-i. sz. 10 körül) görög tudós, történetíró írt kommentárokat Arisztotelész és Theophrasztosz munkáihoz. Neki tulajdonították az ál-arisztotelészi, arabból visszafordított művet, a “De Plantis” címűt. Ebben növényélettani kérdéseket tárgyal Arisztotelész és Theophrasztosz műveinek kivonatai nyomán.

Ugyancsak inkább a növények orvosi vonatkozásai érdekelték Sextius Quintus (vagy Sextius Niger) (50 körül) orvost. Ő Püthagorasz és Platón tanait próbálta átültetni az orvosi gyakorlatba. “Peri hülész iatrikész” (“De matéria medica”, Az orvosi anyagról”) c. gyógyszertani munkájában továbbfejlesztette Dioklész eljárását: először sorra vette egy-egy növény ismeretőjegyeit, aztán csatolta hozzá az orvosi és gyógyhatásait. (Műve Plinius és Dioszkuridész forrása volt; elveszett.)

Talán a legnagyobb késő antik kori orvos-botanikus volt az anazarboszi Dioszkuridész Pedaniosz (20 körül-80 körül) katonaorvos, természetbúvár. “Peri hülész iatrikész” (“De matéria medica”, “Az orvosi anyagról”) c. művének öt könyvében az egyszerű gyógyszereket és az összetettebb gyógyító szereket a természet mindhárom országából (növények, állatok, ásványok) rendszerbe foglalta a legfontosabb ismertetőjegyeikkel együtt. A mű bevezetése a gyógyszertan rövid történetét vázolta fel. A szer neve után következtek a szinonimái, aztán az ország és a lelőhely adatai, majd a leírása és orvosi hatásai. (A gyógyhatás megítélésében a saját tapasztalatait is hozzáadta a korábbi szerzőkéhez: Theophrasztoszéhoz, Krateuászéhoz, Sextius Nigeréhez.) A könyvekben tárgyalt több mint 500 gyógynövényt és egyéb növényt; a részletes leírásuk mellett megadta a termőhelyüket és gyógyászati felhasználásukat, olajaikat, aromás anyagaikat is. Az I. könyvben van szó az aromás olajat és kenőcsöket adó növényekről, a II.-ban az állati eredetű készítményekről, a III.-ban a fűfélékről, a IV-ben is ez folytatódik a gyógyhatású anyagaikat a gyökereikben hordozó növények tárgyalásával együtt. Az V. könyv legfőbb témája a szőlő és a szőlészet: de itt esik szó az ásványi eredetű gyógyszerekről is. (Orvosi füvészkönyve az antik világ legnagyobb ilyen műve. Az egész középkoron át a reneszánszig a füvészet és a gyógyszertan állandóan használt tankönyvévé vált.)



Üröm a Codex Vindobonensisben (VI. sz. eleji bizánci kódex Dioszkuridész műveivel és illusztrációival).

Említésre érdemes az I. században élt nagy enciklopédista, idősebb Caius Plinius Secundus (23-79) is. ‘‘História Naturális ”-ában a XII-XXVII. könyvekben tárgyalta a növényeket; az első tíz könyvben a külföldi, majd a hazai növényfajokat elemezte kereskedők elbeszélései alapján, illetve római szerzők műveiből merítve. Leírta az összes ismert növényi formákat és elősorolta az ember számára hasznos termékeiket (a XXIII-XXVII. könyvekben, főleg a gyógyszereket) - ezért itt-ott gyakorlati célokra is használták. A műben közel 1000 növényfajt tárgyalt gyógy hatásaik és a velük kapcsolatos hiedelmek szerint. (Az enciklopédiának ez a része egészen a XVIII. századig szinte kézikönyv maradt, a középkori füveskönyvek előfutára.)

Gargilius Martialis (230 körül) mezőgazdasági író agrártudományi művének egyik fejezetében (“De hortis”) Plinius nyomán felsorolt kertekben termesztett növényekből és gyümölcsökből származó gyógyszereket is.

A botanika hanyatlása mutatkozik abban, hogy a II. századtól sorra jelennek meg ún. “receptgyűjtemények”, amelyek az orvos-botanikai ismeretek népszerű kivonatai voltak. Ezeknek színvonala azonban lassan süllyedt, és egyre másra telítődött mindenféle áltudományos nézetekkel. Egyik ilyen receptgyűjtemény volt a “Herbarius 400 körül jelent meg. (A 150 körül élt Apuleius Platonicusnak tulajdonították.) Nem adott leírást a gyógyító növényekről, hanem csoportokba szedte azokat a betegségeket, amelyeket egy bizonyos növény gyógyít. Az utolsó fejezete szólt a hírhedt mandragóráról. (A műnek tudományos alapja nincs, sokkal inkább egyiptomi eredetű orvosi babonák - és nem valódi orvosi receptek - gyűjteménye.)

### 4. Az állattan kialakulása

Az állatokról szóló ismeretek szintén az őskor homályából erednek, de tudománnyá csak a görögök kezében kezdenek szerveződni. Ehhez sokféle állat rendszeres megfigyelésére, de még inkább boncolására volt szükség.

Már a krotóni püthagoreus iskolához tartozó Alkmaión is boncolt állatokat, de nem az állatok, hanem az ember megismerése céljából. Kifejezetten az állatok iránti érdeklődésből Démokritosz (i. e. 460 körül-370) boncolt, és megkísérelte az állatok rendszerezését. Az állatok országát két részre osztotta: vannak a vérrel bírók (“enaima”) és a vértelenek (“anaima”). Szerinte a vértelen állatoknak is vannak zsigeri szerveik, de azok kicsiségük miatt nem láthatók. Úgy vélte, hogy a pók fonala az állat testében képződik.

Az állattan igazi megalapítója Arisztotelész. Ő többféle állatot is boncolt, és talán első műveként megszerkesztett egy magyarázatokkal ellátott anatómiai atlaszt is (ezért az anatómia és a morfológia megalapozójának is tekinthető). Fő műve e téren a “Peri ta zóa isztoriai” (“História animalium”, “Az állatok természetrajza”) 9 könyve. Ebben a következő témák szerepelnek: I.: fülek, orr, nyelv; II.: az emberszabású és az alacsonyabb rendű majmok; III.: a szem pupillája; IV.: a hangokról és a hangadásról; V: a születésről és a nemzésről; VI.: a madarak és az emlősök szaporodásáról; VII.: a terhességről és a szülésről; VIII., IX.: az állatok leikéről. Állattani műveiben tárgyalta az állatok testrészeit a maguk összességében; elemezte mintegy 540 állatfaj életének sokféleségét, érintett viselkedési és ökológiai kérdéseket is; tárgyalta az egyes szerveket és funkcióikat, és úgy vélte (Platón iskolája hatására), hogy a szervek a működés céljából alakultak ki (ezért a biológiai élettan megalapozójának is tartható, hiszen a szerveket önmagukért próbálta megismerni és nem a gyógyítás céljából). (A leírásai részben saját megfigyelésből erednek, részben más emberek elbeszéléseiből. A mű szemléletes, élvezetes leírásokat tartalmazott, amelyek Arisztotelész kitűnő megfigyelőképességét, jó biológiai érzékét, jó néhány helyen azonban a hiszékenységét bizonyítják.) Ebben tett kísérletet az állatok osztályozására is; változó kategóriák szerint állított fel csoportokat, szakítva a meghatározásban a platóni dichotómiával. Felhívta a figyelmet a platóni “diairészisz” hibáira: ott csak kétfelé osztással (dichotómiával) határozták meg egy bizonyos élőlény rendszertani helyét, pedig az az osztályozás nem az élőlények reális megfigyeléséből született, nem az illető lény saját belső sajátosságain alapult, hanem a meghatározásban a külső körülményeket vették döntőnek (pl. a szárazföldi, légi és vízi állatok csoportjai a természet szerint egységes “madarak” csoportját így szétszabdalták). Az állatokat életmódjuk, működésük, szokásaik és részeik szerint lehet - Arisztotelész szerint - csoportokba sorolni. 8 csoportba sorolásukkor először hozta létre (Démokritosz gondolatai nyomán) a vértelenek (“anaima”) és a vérrel bírók (“enaima”; tkp. a gerinctelenek és a gerincesek) nagy csoportjait. A csoportok a “lények létrájá”-n helyezkednek el: legalul az élettelen anyag, följebb a növények, még följebb a vértelen, aztán a vérrel bíró állatok, aztán a társas állatként (“zoón pohtikón”) meghatározott ember. A tökéletesedés eme skálája azonban Arisztotelésznél az emberen túl is terjed. A vérrel bírók közé sorolta az emlősöket (kivéve a ceteket, amelyeket külön csoportnak vélt), a madarakat, a kétéltűeket, a hüllőket és a halakat. A vértelen állatok osztályai voltak nála: a puha fejlábúak (mint pl. a “theuthosz”, a tintahal), a magasabb rendű (kemény héjú) rákok, a rovarok, a teknősök, és végül az összes többi alacsonyabb rendű állat (pl. a héjas állatok vagy kagylók, a puha héjú alacsonyabb rendű rákok). (Ez az osztályozási elképzelés a XVII. századig határozta meg az embernek a természetben levő helyéről és az állatok kategóriáiról alkotott elgondolásokat Európában és még a keleti gondolkodásban is.) Vizsgálatai alapján rájött, hogy az emlősöknek van tüdeje, levegőt lélegeznek, melegvérűek és a kicsinyeiket szoptatják. Ő volt talán az első, aki megértette az általános és rendszeres osztályozás (taxonómia) jelentőségét, és a rendszerén belül különböző fokú egységeket állított föl. A tökéletességi létrán e beosztást elsősorban a “pszükhé” (“lélek”) milyensége alapján alkotta meg. Az embert az állatoktól szerinte megkülönbözteti:

1. az agyvelő nagysága a teste tömegéhez képest,

2. a két lábon járás,

3. a logikus gondolkodás és

4. a tagolt beszéd.

Arisztotelész állattani művei kapcsán érdemes megemlékezni általános biológiai értékeléséről is, mert a sokféle állat leírása és tárgyalása láttatta vele az élőlényeket és világukat olyan összehasonlító módon, ahogy a csak emlősöket tanulmányozó (főleg orvosok) sohasem láthatják. Csakis e széles körben elvégzett összehasonlítással lehetett eljutni olyan általános törvényszerűségek felismerésére, amikre Arisztotelész rájött. Írásaiban felbukkanó néhány elképzelés lett az alapja sok későbbi biológiai elgondolásnak és elméletnek is (némelyikük még ma is befolyásolja a gondolkodásunkat). Ilyen

a) a “lélek” és székhelye koncepciója (főleg az érzelmek vonatkozásában);

b) a megtermékenyítésben a spermasejtek aktívabb szerepének feltételezése;

c) a vér szerepének tételezése az öröklődésben;

d) a “lények létrája” és az ember, mint a legtökéletesebb élőlény feltételezése stb.

Számos jelentős tudományos elvet fedezett fel. Ezek közül talán a leginkább fontosak a következők:

1. Minden szervezet funkcionálisan és szervezetileg alkalmazkodik a környezetéhez, az élőhelyéhez.

2. A természet nagyon takarékos: nem költ fölöslegesen anyagot és energiákat semmire; abból szerkeszt, ami a rendelkezésére áll.

3. Az állatok osztályozásakor nemcsak a külső struktúrákat vette figyelembe, hanem felismerte a különféle szervezetekben közös alapvető szerveződési egységeket. Hite szerint az egész élővilág leírható lett volna a szerveződés egységes elve szerint; az élővilág tehát nem a különböző életformák egyszerű gyűjteménye.

4. Megfigyelései és értesüléseinek értelmezése szerint felismerte a szerkezeti homológia fontosságát, tehát az alapszabásában hasonló organizációjú szervek jelenlétét a különbözőnek látszó élőlényekben, és a funkcionális homológiát vagy analógiát, azaz azt, hogy a különböző szerkezetű szervek valami módon ugyanazt a funkciót szolgálhatják: pl. a kéz, a mancs és a pata analóg struktúrák. (Ezek az elvek jelentik az alapját a modem összehasonlító anatómiának is.)

5. Az adatainak feldolgozása nyomán rájött arra is, hogy az általános struktúrák a specializáltabbak előtt jelentek és jelennek meg, és hogy a szövetek a szervek előtt differenciálódnak. Arisztotelész hatása óriási volt; bár sokszor félremagyarázták, mégis több mint másfélezer éven át elsődleges tekintélynek számított sok biológiai témában is (ezért kapta a “biológia atyja” megtisztelő címet). Írásait az arab birodalom tudósai fordították le arab nyelvre és közvetítették az európai kultúrába. Azok közzétételét azonban évszázadokon át tiltották. Először IX. Gergely pápa engedélyezte a megjelenésüket 1231-ben. Ettől kezdve a katolikus teológia próbálta meg egyeztetni a saját felfogásával (főleg Aquinói Szent Tamás munkáiban).

Alexandriában, a nagy ókori tudományos központban nyílt volna lehetőség komoly biológiai felfedezésekre. Az ember anatómiája és élettana vonatkozásában ez meg is történt. Az állattan nem volt ilyen szerencsés. Az alexandriai Muszeion könyvtárosa, a költő kürénéi Kallimakhosz (i. e. 320-240) két állattani művet írt: "A halak megnevezéséről” (“De piscium appellatione”) és “A madarakról” (“De avibus”). Az utóbbi műve alapján ő a görögök első tudományos ornitológusa. (A munkája elveszett.)

Az alexandriai Muszeion egy későbbi könyvtárosa, a büzantioni Arisztophanész (i. e. 257-180) az antik görögök irodalmi műveinek kiadása mellett kivonatolta a még Arisztotelésztől elkezdett, majd főleg Theophrasztosz által kiegészített állatleírásokat; ezeket egyetlen iratban egyesítette “Az állatokról” (“De animalibus”) címmel.

Az Arisztotelész megkezdte úton járt a troászi Lükón (i. e. 250 körül), aki filozófus és természetbúvár volt; a peripatetikus iskola vezetője. Vizsgálatokat végzett az állatok keletkezéséről, a testrészeikről, a fajspecifikus különbségeikről Arisztotelész szellemében (de nem a korai mester minőségében).

A sztoikus és főleg a cinikus filozófusokkal megkezdődött az állatok viselkedésének erkölcsi példázatokká válása.

A cinikus filozófusok szerint az állatok magasabb rendűek az embernél, mert egyszerűbbek és nem rendelkeznek vagyonnal.

Az ésszerűség hiányát náluk más erények kompenzálják. (Nézeteik tehát nem természetismeretiek, hanem erkölcsi célzatúak.)

A i. e. II. századtól az állattani ismeretek hanyatlásnak indultak (akárcsak a többi természettudomány is). Még megjelennek zoológiái művek, de ezek már egyre kevésbé alapszanak a szerző saját megfigyelésein, inkább csak korábbi szerzők műveiből kompilált - sokszor azért mégis értékes - alkotások. így pl. a veronai Aemilius Macer (meghalt i. sz. 16) római költő írt egy tankölteményt “Ornithogonia” (“A madarak keletkezése”) címmel. Nagyra tartották a mündoszi Alekszandrosz (i. e. 50 körül) állattani munkáit, pedig azokban a zoológia már csak könyvből merített tudás volt. Ugyanebben az időben Dorion természetbúvár írt egy nagy és alapos kompilált művet “A halakról” (“De piscibus”) címmel. I. e. 10 tájt II. Iuba, Mauretania királya írt egy görög nyelvű munkát Észak-Afrika állatvilágáról (műve elveszett, azonban adatait Plinius felhasználta enciklopédiájában).

A kompilált[[4]](#footnote-4) munkák között talán a legértékesebb volt id. Caius Plinius Secundus enciklopédiája. Az ő “História Naturális”-ában a VIII-XI. könyvek foglalkoznak az állatokkal. VIII.: Animalia tenestria (szárazföldi állatok); ebben a rendszertani részek keverednek az állatföldrajzival. IX.: Aquatilia (halak és vízi lények); X.: Volucres (szárnyas, repülő lények és madarak); ebben megpróbálkozott a madárvilág rendszertani felosztásával úgy, hogy elsősorban a lábuk alapján csoportosította azokat (hajlított körműek, ujjas lábúak, úszólábúak). XI.: Insecta (rovarok). Elfogadta Arisztotelész nagy állatcsoportjait, de nem akarta azokat rendszerezni. Elsőként vette észre, hogy a szivacsok és az Actinidiák különleges lények a növény- és az állatvilág határán, ezért külön, a “Növényállatok” csoportjába sorolta őket. Ismertet olyan állatokat is, amelyeket a peripatetikus állattan még nem ismert, elsősorban Afrika és Ázsia emlőseit. (Némely, Arisztotelész által említett állatot viszont kihagyott.) A méhek szaporodását rejtélyesnek tartotta (jóllehet ezt Arisztotelész már kielégítően megfejtette); a királynőt hímnek vélte. Saját megfigyelése pl., hogy a halódó hattyú nem énekel. Említést tett a barátságos delfinekről. (A műnek ez a része számos középkori és kora újkori munka alapja lett.)

A viszonylag késői zoológiai munkák közé tartozott Lucius Apuleius (150 körül) római író műve a halakról, amiben sok elnevezést maga alkotott.

Jóval teijedelmesebb a római Claudius Aelianus (1757-235) 220 körül írt műve görög nyelven “Peri zoón idiotétosz” (“De natura animalium”, “Az állatok természetéről”) címmel. Legfontosabb forrásai: Homérosz, Démokritosz, Arisztotelész, Megaszthenész, a mündoszi Alekszandrosz, II. Iuba, Plinius és a saját (kevés) tapasztalata. A 17 könyv fejezetei egy-egy állatfaj viselkedését tárgyalják. A közel 1000 állatot említő mű megfigyelések, történetek és anekdoták gyűjteménye, gyakran erkölcsi célzattal.

Az ókor végi “zoológia” állapotát illusztrálja a talán 180 táján feltehetőleg Alexandriában keletkezett “Phüsziologosz” (“Physiologus”) című alkotás, ami voltaképpen épületes és fantasztikus állattörténet- és leírásgyűjtemény. (Tartalmának jó része visszavezethető Hérodotoszra, illetve a népi szájhagyományokra.) 48 történetből áll valódi vagy mitikus állatokról, növényekről, kövekről, amelyeknek csodálatos, nagyrészt meseszerű tulajdonságait az egyes történetkék végén Krisztussal, az ördöggel, az egyházzal, az emberrel, stb. hozták valahogyan összefüggésbe, illetve az allegorikus történetkékhez erkölcsi tanulságokat illesztettek. (Az egész mű tükrözte az akkori szemléletet, hogy a valódi dolgok megismerése feltárja az isteni láthatatlan dolgokat. A mű nem olyan természettörténet, mint Plinius munkája, hanem egy folklorisztikus népszerű könyv. A történetek latin fordítását átvették az egyházatyák és nyomukban az egész keresztény középkor, mert a mesék alkalmasnak tűntek a keresztény szimbólumok illusztrálására, erkölcsi tanulságok levonására. A mű lett tehát a keresztény természetszimbolika fő forrása. Erkölcsi tanításokat is rejtő meséi a bestiárumokban, majd az állatmesékben éltek tovább, eléggé súlyos tévedéseket hirdetve, és akadályozva ezzel a valóság tényleges feltárását. Tévedései mai tévhiteinkben, szólásainkban és meséinkben is élnek.)

A IV. században élt természetbúvár, aburdigalai (azaz bordeaux-i) Ausonius (310-382), Gratianus császár nevelője, Ovidius és a kilikiai Oppianosz műveit követve leírta a Rajnába ömlő Mosel halait.

Már kifejezetten a keresztény hittételek igazolására íródott - a természettudományokból kölcsönzött érveket csak felhasználva - Baszileiosz (Nagy Szent Vazul; 330 körül-379) “Hexahéméron” c. műve, amelyben a Biblia teremtéstörténete által leírt sorrendben tárgyalta az élettelen és az élő világot. Az állatcsoportok leírásánál az antik tudomány eredményeit közölte. Megkülönböztette az elevenszülő vízi állatokat (delfin, fóka) az ikrarakó halaktól. A négylábúakról alig szólt valamit, de nagyon érdekelték a madarak.

Az enciklopédikus összefoglalások utóda akart lenni a 450 körül élt Polemius Silvius, egy nagy “katalógus” kompilátora. A “Laterculus" című szójegyzékszerű enciklopédikus műben a levegőt lélegző, a négylábú és a vízi élőlényekről is készített jegyzéket. A munkában foglalkozott 130 madár-, 26 kígyófajjal, majdnem 60 ízeltlábúval (de közéjük sorolta a szalamandrát is!); a mintegy 150 vízben élő állat jó része hal (de közéjük került a delfin és egyes lábasfejűek is!). (Ez a mű a római kor legteljesebb állatkatalógusa, jóllehet nem minden tárgyalt állata azonosítható. Az állatok csoportosítási rendszere és a csoportképzés módja nagyon zavaros.)

### 5. A(z emberi, állati) szervezet struktúrája és működése

Az antik görögök - elsősorban az orvosok - az állati és az emberi egyedeket egységes szervezetnek gondolták. Részeiket boncolással feltárták ugyan, de csakis az egész szervezetet gondolták szervezett mikrokozmosznak. Náluk még nem alakult ki az egyes szervek külön tanulmányozása, és nem voltak még fogalmaik a szervezet egyes részműködéseinek (pl. anyagcsere, keringés, kiválasztás stb.) elkülönülő vizsgálatára sem.

Már a legelső ismert görög orvosi iskolákban is boncoltak állatokat. Az i. e. 550 táján élt knidoszi természetbölcselő és orvos Eurüphón, a knidoszi orvosi iskola megalapítója, az állatok belső részeit is jól ismerte. Ám ő ezt az ismeretet már nem jóslásra, hanem gyógyításra próbálta felhasználni.

A vele majdnem egy időben élt Alkmaión (i. e. 510 körül) krotóni orvos, a püthagoreusokhoz közel álló természetbölcselő, a krotóni orvosi iskola megteremtője volt. Ismeretei még inkább filozófiai jellegűek, de az emberi életjelenségeket már annyira részletesen tárgyalta, hogy iskolája fejlesztette az orvosi tudást elsőként a tudomány színvonalára. A szervezet elemzésére ő is állatokat boncolt. A boncoláskor a vérereket hol vérrel teltnek, hol meg üresnek találta. Ezért úgy gondolta, hogy a vérrel telt erek a "vércsövek”, a vért nem tartalmazó erek pedig nyilván “levegőcsövek". (Ez a tévedés majd hétszáz évig tartotta magát.) Kecskék boncolása közben fedezte fel a fülkürtöt; ám ebből arra következtetett, hogy a kecskék a fülükön keresztül lélegeznek. Boncolásai alapján felfedezte, hogy a szem összeköttetésben áll az aggyal (vagyis felfedezte a látóideget). Úgy gondolta, hogy ezen a csatornán áramlanak az érzéki benyomások. A püthagoreusok elképzelései szerint ő is az agyvelőt tartotta az értelem székhelyének. Ugyanis az agy alapján levő verőereket a világmindenséget betöltő és éltető “pneuma” szállítócsövecskéinek vélte, amelyeken keresztül a “mikrokoszmosz” (az ember) érintkezésben van a “makrokoszmosz" - szal” (a világmindenséggel). Az álom oka szerinte a vérnek a “vért vezető erek”-be való visszahúzódása. Ha a vér túlságosan lehűl, akkor az alvás átmegy a halálba. Megfigyelte a különbségeket a verőerek és a gyűjtőerek között. A testben elgondolásai szerint különféle ellentétes nedvpárok vannak; ha ezek egymással harmóniában vannak, akkor az egyén egészséges (az egészség tehát izonómia).

A klazomenai Anaxagorasz (i. e. 500-428) természetfilozófus szintén boncolt; a boncolás alapján leírta az agy oldalkamráit. Ismerte a halak légzését is.

Az élő szervezet működéséről az első összefüggőnek mondható “elméletet” az akragaszi Empedoklész (i. e. 495 körül-435 körül) alakította ki. Ő a filozófiájában kifejtett elemek keveredésére, valamint a szeretet és a gyűlölet ellentétpáijára - mint kölcsönhatásra - építette elgondolását az élő szervezetről. Az elegendő elemkeveredés és a szeretet túlsúlya esetében célszerű élőlények jönnek létre, és ekkor a test egészséges; vagyis az egészség e négy elem harmonikus, egyenletes elkeveredése a szeretet uralma mellett. Pl. a csontokat 4:2:1 arányban alkotja a föld, a tűz és a víz. A vérben viszont a négy elem egyenlő és harmonikus arányban van képviselve. A táplálkozás nedves anyagok felvételét jelenti, a növekedés oka a meleg; az álom oka a vér lehűlése, míg a vér teljes lehűlése a halál. A halál azonban csak az anyagok átrendeződése, amit a ciklusos mozgásnak megfelelően megint újabb életre kelés követ. A légzést a vízóra (klepszidra) mechanizmusához hasonlította: a vér lefelé történő mozgása (talán a diasztolé) során a levegő beáramlik bizonyos kicsiny erecskékbe, és ezzel létrejön a belégzés; amikor a vér felfelé tart (talán szisztolékor?), akkor a levegő az erecskékből kiszorul, és létrejön a kilégzés. (Ezek szerint már az i. e. V. században megkezdődött az élő szervezet folyamatainak összehasonlítása az ismert természetes vagy mesterséges fizikai szerkezetekével.) De nemcsak a tüdővel hozta kapcsolatba, hanem a bőr ereivel is: amikor a vér a test belseje felé távozik, akkor a bőr pórusain át betódul a levegő.

Leukipposz tanítványa, Démokritosz (i. e. 460 körül-370) az atomelmélete segítségével magyarázta a legfontosabbnak vélt életfolyamatot, a légzést. Légzéskor a lélek atomjait a levegőből vesszük fel, illetve adjuk le; az élet ezért van a légzéshez kapcsolva. A levegőből felvett lélekatomok teszik a test részeit érzésre és mozgásra képessé. Ha a lélekatomok kiszorulnak a testből, az jelenti a halált. Alváskor megváltozik a légzés; ezért ilyenkor a lélek elernyed.

A már említett Hippokratész szerint az egészség a legfontosabb 4 testnedv - a vér (haima), a sárga (kholé) és a (nem létező) fekete epe (melaina kholé), valamint a nyák (phlegma) - arányos, harmonikus keveredése (“eukrászisz”) a megfelelő helyeken. Ezt meghatározza az öröklés, az éghajlat, az évszakok, a táplálék. (A valóságban a három nedv sohasem keveredik egymással ténylegesen. Ez a nedvkórtani (humorálpatológiai) szemlélet a püthagoreusok és Empedoklész befolyását tükrözi; valójában élettani alapja nincsen. Mégis ez dominálta az orvoslás elméleteit Hippokratész után néhány évszázadon át, mert akkor hasznos munkahipotézis volt: a leggyakrabban látható tünetek valóban nedvekkel vagy éppen a hiányukkal kapcsolatosak, pl. vérzés, hurutos nyák, hányás, hasmenés, genny, vizelet, illetve kiszáradás, száraz köhögés, székrekedés, sorvadás, bélelzáródás, kőbetegségek stb. Hatásai ma is érezhetők.) Munkássága nem különíthető el tisztán a “Hippokratészi Gyűjtemény”-ben megmaradt művekből, amit azonban később kezdtek összeállítani. (Ezért később tárgyaljuk.)

Elsőként a filozófus Platón ismerte fel a szív pumpáló működését: szerinte a szív úgy pumpálja a részecskéket a gyűjtőerek csatornáiba, mintha kútból lökné fel; a gyűjtőerekben a véráramlás keresztülfolyik az egész testen.

Arisztotelész a lelki működések középpontjának a szívet gondolta: végső soron a szív a felelős szerinte a mozgásért, a táplálkozásért, az érzékelésért, az észlelésért, a gondolkodásért. De itt zajlik szerinte a vérképzés is, meg a hőtermelés; a testmeleg a szívből áramlik széjjel a testbe. A vér a test tápláléka; azért meleg, mert a szív azt “főzi”; a forrását érezzük szívdobogásnak. Ismerte a vér megalvadását és annak néhány zavarát. Úgy vélte, hogy a genny megrohadt vér. A szívből indulnak ki az erek. amelyek a készített táplálékot szétviszik a testbe. Az agyat csak vérhűtő szerepűnek vélte, így ez lenne a szervezet leghidegebb helye (ez jelentős visszalépés Alkmaión, a hippokratészi iskola, de még Platón egyik-másik korábbi nézetéhez képest is); a hűtés közben keletkezik a nyák (phlegma), ami a rostacsonton átjut ki az agyból az orrba. Ebben a munkájában úgy vélte, hogy az agy nincsen összeköttetésben az érzékszervekkel (holott már Alkmaión észrevette az összeköttetést). A tüdő fújtatóként működik és szintén hűtő funkciójú. A tápcsatorna szervei az ételeket a meleg segítségével elfolyósítják; a feldolgozott tápanyagok gőzei jutnak be az erekbe. Egy részük azokon át kerül a szívhez (ami aztán vérré “főzi” azokat), másik részüket az izmok és az érzékszervek értékesítik, míg a maradék a többi testrésznek jut. A máj és a lép pótlólagos vérképzők a szív mellett.

Az atomista materialista Epikurosz (i. e. 341-270) fejtette ki azt az érdekes gondolatot, hogy a szerveket a gyakorlás fejleszti és a nemhasználat (nyugalom) pedig gyengíti. (Ezzel útjára indította azt az elképzelést, hogy az élők szerkezetét a működés befolyásolja, sőt, esetleg meg is határozza.)

A karüsztoszi Dioklész (i. e. 330 körül) orvos Arisztotelész tanítványa volt. Átvette a hippokratészi nedvek tanát, az empedoklészi elemeket, és hangsúlyozta a pneuma szerepét is. Athénban rendszeresen boncolt, ő használta először a bonctanra az “anatómia” kifejezést. O írta meg az első anatómiakönyvet. Szerinte a szív a véráramlás forrása. A meleg vér a “pneuma” hordozója; a nyák és az epe csak megrontja a pneumát.

A kószi Praxagorász (i. e. 320 körül) orvos elsőként különböztette meg a verőereket (artériákat) a visszerektől (vénáktól). Lehet, hogy ő fogalmazta meg először azt a nézetet, hogy az erek közül csak a visszerekben folyik vér, míg a verőerek a “pneuma” szállítói. Ez a pneuma a szívbői kiindulóan irányít minden tudatos mozgást és minden lelki tevékenységet. Ő már 11-12-féle testnedvről beszélt; ezek szerinte mind a táplálékból keletkeznek. Kidolgozta az érverés (pulzus) megfigyelésének jelentőségét a betegségek felismerésében. Úgy gondolta, hogy a test melege szerzett és nem veleszületett. Szerinte az érzékelés szervei az idegek. Észrevette, hogy a gerincvelő és az agy egymással összefüggésben vannak. Számos könyvet írt anatómiai és diagnosztikai témákról.

A kitioni származású filozófus, Zénón (i. e. 336-264) az orfikusokhoz hasonlóan úgy vélte, hogy a világot átitató pneuma a légzéssel kerül a megszületett új élőlénybe, és a légvételekkel indítja meg az életműködéseket.

Az orvosi (emberi, gyógyításra irányuló) élettan nagy minőségi fejlődése már Arisztotelész munkássága után, a hellenisztikus korszak elején az egyiptomi, Nagy Sándor alapította Alexandriában következett be. Ezt a korszakot két nagy név fémjelzi: Hérophiloszé és Eraszisztratoszé; körülöttük azonban dolgoztak más neves orvosok is.

Hérophilosz (i. e. 330 körül-280 körül) nemcsak állatokat, hanem emberi testet is boncolt és struktúráit összehasonlította a nagy állatokéival. Szerinte a szervezet működését négy erő (“dünamisz”) irányítja: a táplálót a máj, a melegítőt a szív, a gondolkodót az agy és az érző erőt az idegek hozzák létre. Rendszeres anatómiai kutatómunkát is végzett, főleg kivégzettek tetemein. Megfigyelte halálraítéltek szervműködéseit is (ilyen irányú észleletei az élettan megalapozását is jelentik). Felismerte az agy funkcióját: az érzékelés és a mozgás, a lelki élet mind összefüggésben van az agy tevékenységével. Részletesen leírta az idegrendszer anatómiáját; az agyat beosztotta nagy- és kisagyvelőre. Megtalálta az agykamrákat, leírta az őket összekötő járatokat, az agyhártyákat és az agy ereit. A homlok közelébe eső első agy kamráról úgy vélte, hogy a szemmel áll összefüggésben; a leghátsó agykamrát pedig a gerincvelővel hozta kapcsolatba. Ő fedezte fel az agykamrákba vezető érfonatokat (plexus choroideusokat). Sertésekben, marhákban a koponya alapján hátul látható gazdag érhálózatot ő nevezte el "csodarecé77-nek (rete mirabile). Először különböztette meg világosan az idegeket (ő már az idegeket nevezte " neuron77-mk), az inakat és a vérereket; ismerte az erek burkait. Rájött, hogy az inak az izmok végződései, amelyek a csontokhoz rögzítik azokat. Felismerte, hogy kapcsolat van az agy és az idegek között. Úgy vélte, hogy vannak érző- és vannak mozgatóidegek, mert az előbbiek sérülése csak az érzékelés károsodását vagy elvesztését okozza, míg az utóbbiaké meg csak a mozgásét. Pontos ismereteket közölt a szem szerkezetéről. A vékonybél első részét ő nevezte el 12 ujjnyi bélnek (“dodekadaktülosz”-nak, “duodenum”-nak). Pontosan és természetimen írta le a férfi és a női nemi szenteket. Megkülönböztette a heréket, a mellékheréket és az ondóvezetéket. Részletesen leírta a petevezetéket, és felfedezte a petefészket is. Úgy gondolta, hogy ezek az ondóvezeték és a herék analógjai: tehát a női magot hozzák létre. Úgy vélte (tévesen), hogy a petevezeték a húgyhólyagba szájadzik, tehát hogy a női mag a húgyhólyagon át kerül kiürítésre. Megfigyelte a szív szerkezetét és működését; az árverést a szívműködés eredményének tartotta, és felismerte a klinikai jelentőségét. A pulzusszámot vízórával mérte. Rájött, hogy a nyaki erek leszorítása eszméletvesztést vonhat maga után. Szerinte a légzés csak mechanikai folyamat: összehúzódásból (“szisztolé”) és kitágulásból (“diasztolé”) áll. Anatómia alapokon magyarázta a régi "pneuma"-tant. Eszerint a szervezet a “pneumá”-t a légcsövem át szívja magába. A pneuma innen a szívbe, majd a verőerekbe kerül. A szívben összekeveredik a vérrel, itt megtisztul, átszűrődik, és úgy jut az agy felé. A csodarecében újabb szűrése történik, ezután a pneuma az agyi érfonatokon át behatol az agykamiákba.

Hérophilosz fiatalabb kortársa volt az ugyancsak Alexandriában dolgozó és Khioszból származó Eraszisztratosz (i. e. 310 körül-245 körül). Jelentősen továbbfejlesztette az anatómiai ismereteket és a szervek funkcióiról alkotott elképzeléseket. Ő már majdnem rendszeres anatómiai kutatómunkát végzett, továbbfejlesztette a bonctan technikáját is. Úgy gondolta, hogy a test szövetei idegekből, gyűjtő- és verőerekből vannak összetéve, a megmaradó üregeket a kiáradó vér alvadéka tölti ki, ezt nevezte "parenchimá”-nak (legalábbis a máj esetében). A szövetek végső alkotórészei az atomok, amelyek a táplálékból képződnek, és a már ott levő atomokat kiegészítik, azok a táplálkozás és a légzés útján folyamatosan megújulnak. (Ez volt az első kísérlet arra, hogy a spekulatív nedvelméletet egy olyan másik elképzeléssel helyettesítse, amely a test szilárd alkotórészeinek nagyobb szerepet tulajdonít.) A szövetek atomjainak kicserélődéséhez az új atomokat három csőrendszer szállítja:

1. a verőerek (artériák) szállítják a pneumát,

2. a visszerek vagy gyűjtőerek (vénák) a táplálékot,

3. az idegek pedig az agyvelő utasításait.

Szerinte az energiát az élethez a “pneuma” adja. A táplálék a gyomorban megőrlődik, majd valamilyen “pneuma”-szerű anyaggá alakul át, az felszívódik, és a májban dolgozódik fel vérré. A légzést a táguló mellkas idézi elő a “légüres tértől való irtózás” (a “horror vacui”) elve alapján: mivel a tágulás űrt hozna létre, a mellkasban levő tüdőbe beáramlik a pneuma. A mellkas által összenyomott levegő azután a “vénaszerű artérián” (artéria phlebotes) átpréselődik a szívbe, ahol a bal kamra “magába szippantja” (ismét az “űrtől való irtózás” miatt). A szívkamra összehúzódásakor a pneuma egy része a szervezetbe, másik része az agyba áramlik, a visszaáramlását a záródó billentyűk megakadályozzák; ezeket elnevezte (ma is így hívják őket). A billentyűk átfordulását pedig a szív ínhúrjai gátolják meg. A táplálékot a máj alakítja át vérré; a vért aztán a jobb oldali szívkamra fogadja be és árasztja szét a testben (boncoláskor ugyanis ő is csak a vénákban és a szív jobb oldalán talált vért, míg a verőerekben és a szív bal oldalán csak levegőt észlelt). Megsejtette azt is, hogy a verőerek és a visszerek valami módon kapcsolatban vannak; néha ugyanis a verőerekből is vér szökik ki. Ezeket a feltételezett kapcsolatokat “szünanasztomószisz”-oknak nevezte. A szünanasztomósziszok normális körülmények között zárva vannak (hiszen a verőerekben levegő van), de a verőerek sérülésével egyidejűleg megnyílnak, és hogy ne maradjon üres tér (amitől a “természet irtózik” - hirdette ő is Arisztotelész nyomán), az artériákból kiszökött levegő helyébe a vénákból tódul a vér. A máj a táplálékból a vér mellett még epét is készít, ez az emésztőrendszerbe kerül, de bejuthat a vérbe is, létrehozva az “epés” (kolerikus) lelki alkatot. (Nagyvonalú élettani rendszerét Galénosz fejlesztette tovább.) Leírta és összehasonlította a nyúl, a szarvas és az ember agyának felszínét, az agytekervényeket és a barázdákat. Szerinte a nagyagy azért tekervényezettebb, mint a kisagy, mert a gondolkodás rendkívül sokrétű; a kisagy meg kevésbé barázdált, mert az általa irányított mozgások kevésbé változatosak. Az agyfelszín tekervényezettségének különbségei alapján az értelem fejlettségét az agyvelő barázdáltságával hozta összefüggésbe. Megsejtette, hogy az agy az egész szervezettel kapcsolatban van. Szabad szemmel látható, tapintással ellenőrizhető különbségeket észlelt a gerincvelői idegek között; egyes idegekről úgy látta, hogy a gerincvelő lágyabb állományából erednek és puhábbak, másokat keményebbnek tapintott, és a gerincvelő kemény burkoló rétegéből származtatta őket. A puhábbakat érző-, a keményebbeket pedig mozgatóidegeknek tartotta. (Ez az eredeztetés és a tapintásbeli eltérés nem valós, de a kétféle funkció elválasztása nagyszerű megsejtés volt. Az utóbbi elv azonban hamarosan elveszett.) Az egészség fennállásának és a betegség kialakulásának magyarázatára nem tartotta kielégítőnek a hippokratészi iskola nedvkórtanát: a nedveken kívül a szilárd részeknek (az atomoknak) és a pneumának is fontos szerepet tulajdonított. A testnedvek között nem említette a (nem is létező) “fekete epé”-t.

A “Hippokratészi Gyűjtemény”-t (“Corpus Hippocraticum”-ot) is az alexandriai orvosok és tudósok kezdték összeállítani i. e. 250 tájától kezdődően. Benne egészen ősi, még Hippokratészt is jóval megelőző, de Hippokratésznél sokkal későbbi írások is szerepelnek. Az egyik szerint az állatok és az ember üreges szerveinek valamiféle vonzóereje van, és minden laza szövetnek valamifajta felszívóképessége. A vér a táplálkozással felvett anyagokból képződik a májban. A “pneuma” a tüdőkön át a vérbe jut; innen egy része az agyba, másik része a belekbe kerül, a harmadik rész a szívbe a vérereken át. A meleg pedig a bal oldali szívfélből ered; a bal szívkamra azért vastagabb, hogy ezt a meleget megtartsa. A vér mozgásának motorja a jobb szívkamra, itt a hideg vér a tüdőverőéren át a pneumával keveredik. A vért a bal kamra melege hevíti fel. Mozgásának jele az érlöket (pulzus). A mirigyek működése a fölösleges nedvek kiválasztása. A Gyűjteményen végig vonul az az elképzelés, hogy a mirigyszerű felépítésű agy a lélek székhelye; a vérnek és a pneumának két edényen át kell ide eljutnia. Az agy sérüléseinél megfigyelték a keresztezett bénulást, és azt, hogy a nyitott koponyán át az agyfelszín izgatása a test ellenkező oldalán mozgásokat idézhet elő. A vizelet a vese által készített szűrlet. Egyik legfontosabb irat Polübiosz (Hippokratész veje) könyve “Az emberi természetről” (“De natura hominis”). Ebben összekapcsolja a négy nedv tanát a négy alapminőséggel: a vérhez rendeli a meleg és a nedves, a sárga epéhez a meleg és a száraz, a “fekete épé”-hez a hideg és a száraz, a nyákhoz pedig a hideg és a nedves sajátosságot. A négyes szkémájában a vérnek megfelel a tavasz, a sárga epének a nyár, a “fekete epé”-nek az ősz, a nyáknak pedig a tél. Ezért a klimatikus és az évszakos változások képesek befolyásolni a szervezet állapotát; ezt ki lehet használni a gyógyulás elősegítése érdekében. (Megértettek tehát valamit abból, hogy a környezet befolyásolni képes az élők működéseit.)

A többi tudományhoz hasonlóan, az életműködésekről alkotott ismeretek is halványultak, a megjelenő művek egyre gyengébbek lettek az i. e. II. századtól. Alig vagy egyáltalán nem foglaltak magukba olyan elméleti rendszert, mint az alexandriai nagy orvosoké volt. A régebbiek írásaiból kompilált művek tartalmaztak ugyan új felfedezéseket is, de egyre jellemzőbb lett babonákkal, misztikus tanokkal keveredésük. A rómaiak orvostudománya pedig csak a legszorosabb értelemben vett gyógykezelésre szorítkozott, elméleteket nem termelt. Még az orvosi mesterséget is inkább görögökre bízták (akiknek tevékenységét aztán nem nézték túlságosan jó szemmel).

Az i. e. 130 körül élt Marinosz orvos felfedezett és leírt hét agyideget és néhány mirigyet a tápcsatornában.

A rómaiak idegenkedése a görög orvosoktól csak Aszklépiadész színrelépésével változott meg. A bithüniai Pruszából származó Aszklépiadész (i. e. 124 körül-56 körül) tevékenysége azonban más szempontból volt sokkal fontosabb. Ő a démokritoszi-epikuroszi atomelméletre alapozva kialakított egy olyan elméletet, amely elvetette a hippokratészi nedvelméletet, és helyette a szervezet szilárd alkotórészeire és azok működéseire helyezte a fő hangsúlyt (ezért szolidáris elméletnek nevezhető). Szerinte az emberi szervezet állandóan áramló atomokból áll, és ezek mozgása hol sűrűsödést, hol meg ritkulást, “csatornák”-at és “pórusok”-at hoz létre. Az áramlás “pórusok”-on keresztül történik, és ettől függ minden életműködés; az egészség, illetve a betegség is. Az emésztés a táplálék atomjaira szétesése és a létrejött részecskék megfelelő elosztódása a nekik megfelelő pórusokba. (Tehát a gyomorban és a belekben nem emésztődik meg semmi, hanem a táplálék atomjai egyszerűen szétáradnak a testben.) A vér lüktetését (a pulzust) az okozza, hogy a levegő atomjai beáramláskor tágulást idéznek elő.

Inkább antropológiának, mint élettannak nevezhető az enciklopédista idősebb C. Plinius Secundus nagy művében az emberről szóló rész: a VII. könyv. Úgy vélte ő is, hogy az egész élővilágból joggal kell kiemelni az embert a szellemi teljesítménye alapján, de azt is észrevette, hogy az egész élővilágból éppen az ember szorul a legtöbb segítségre: nincs saját meleg bundája (mások bőrét veszi kölcsön), nincs saját bezáró-védő héja vagy háza (úgy kell ilyet külön építenie magának), csupaszon és tehetetlenül születik stb. Felsorolta az egyes emberfajták különbségeit, de nem próbálta meg magyarázni őket.

Az attaliai Athénaiosz (50 körül) orvos Rómában megalapította a pneumatikus orvosi iskolát a sztoikusok filozófiájában szereplő “pneuma” alapján. Szerinte van meleg-száraz és hideg-nedves pneuma. A pneuma alkotja az érzékeket, a lelket, a testmeleget és általában a kézzel meg nem fogható testi összetevőket.

Kortársa, az epheszoszi Ruphosz (latinosan Rufus; 50 körül) orvos majmokat is boncolt. Elsőnek ismerte fel a látóidegek kereszteződéséi (a chiasma opticumot) az agy alapján, valamint a szemlencse tokját. Pontosan leírta a női nemi szervek anatómiáját. Úgy vélte, hogy az ember minden tevékenységét az idegek irányítják. Írt a veséről, a húgyhólyagról, a pulzusról, a hashajtásról és a köszvényről; foglalkozott az elmebajokkal is. A lázat annyira hasznosnak vélte, hogy szerinte mesterségesen is elő kell idézni. Foglalkozott a többes magzatképződéssel és a női meddőséggel is.

A 100 körül élt kappadókiai Aretaiosz az eklektikus orvosi iskola híve: az egészség és a betegség magyarázatába a metodikusok atomos-szilárd alkotórészeket előtérbe helyező elképzelése mellett a “pneumá”-t is bevonja, de az élettanban helyet ad a hippokratészi “phüszisz”-nek is. Feltételezett a szervezetben egy új tényezőt, a tónust, ami - mint valami szalag - összetartja a szilárd részeket. A koponyasérülések következtében néha fellépő és ellenkező oldali (keresztezett) bénulások okaként azt tartotta, hogy az idegek nem haladnak azonos oldalon egészen a végződésükig, hanem mindegyikük átkereszteződik a másik testfélre, tehát az éledésükhöz képest X alakban keresztezik egymást. Azt gondolta, hogy a gerincvelő csupán az agy nyúlványa. Felismerte a májkapuér jelentőségét.

Az ókor végének egyik legnagyobb orvosa lehetett a Rómában dolgozó epheszoszi Szóranosz (85?-145 körül). A metodikus orvos mintegy húsz művet írt (ezek közül csak kevés maradt ránk). Állatokat boncolt; ezért a női szervezet anatómiai leírása nála nem tökéletes, bár a nemiszervek tekintetében igen fontos.



Sertésboncolás Galenosz könyve 1565-ös kiadásának címlapján.

Majdnem egy nemzedékkel később élt és működött viszont az ókorvég valóban legnagyobb orvosa, a Pergamonból származó Klaudiosz **Galénosz** (latinosán: Claudius Galenus; 130 körül-200). Megalapozta a kísérletes élettant: a teljes antik orvosi tudást egységes, de eklektikus filozófiai gondolati vázra támaszkodva elméleti szempontok szerint összefoglalta. A boncolás módszerével azonban gyakran a legfontosabb életműködések lezajlását akarta megfigyelni. Feltehetőleg ő végezte az első élettani kísérletet. Céltudatosan alkalmazott ugyanis olyan kísérletes eljárásokat, amelyek a legfontosabb idegélettani vizsgálati módszerekké váltak, ilyen pl. a szervek idegeinek átvágása, majd a beidegzéstől megfosztod szerv működésváltozásának megfigyelése, vagy a központi idegrendszer bizonyos területeinek át- vagy bemetszése, majd annak a megfigyelése, hogy mi történik azokkal a testrészekkel, amelyek az átvágás vagy bemetszés szintje alatt helyezkednek el. Az afrikai majmok boncolásából az ember anatómiájára következteted. (Ekkor ugyanis már kezdték tisztátalannak tartani az emberi test boncolását.) A következtetései az emberre vonatkoztatva helyenként hibásak voltak. Pontosan leírta az izmokat és a csontokat, csonthártyákat és porcokat, ízületeket és szalagokat. Hét pár agyideget különböztetett meg (a szaglóideget és a szemtávolító ideget nem ismerte). A nervus laryngealis recunens elkötésével és a viselkedés megfigyelésével igazolta azt, hogy az agy irányítja a hangadást: amikor az ideget az élő állatban átmetszette, megszűnt annak visítása. (Ezzel először alkalmazta a struktúra és a funkció együttes kutatásának azt a módszertani szintézisét, amin az élővilág megismerése ma is alapszik.) A gerincvelőt több helyen átmetszve tanulmányozta a mozgás szabályozását. Leírta a szívbillentyűket, megfigyelte a strukturális különbségeket a verőerek és a visszerek között. Elkötötte a húgyvezetéket, hogy kimutathassa a vesék és a húgyhólyag működését. Ennek alapján tudta (az is lehet, hogy ő fedezte föl), hogy a vizeletet a vesék termelik. Nagyon nagy jelentőségű annak kimutatása, hogy a verőerek vért és nem levegőt szállítanak (mint ahogy azt már több mint 400 éve tanították). Az idegrendszer működését Hérophilosz és a sztoikusok elméletei alapján vázolta. Hérophiloszt kijavítva felfedezte, hogy a petevezeték a méhbe szájadzik. A férfi és a női nemi szerveket analógoknak gondolta; szerinte a petefészek a női here.

A “pneuma ” lélegzéssel kerül a szervezetbe. Megállapította, hogy a mellkas mozgatását a rekeszizom és a bordaközti izmok végzik; megtalálta az őket ellátó idegeket is; gerincvelő-átmetszéssel arra is rájött, hogy a légzés megáll, és bekövetkezik a halál, ha ezt a nyakszirti régióban teszi. Elsőként gondolta úgy, hogy a légzés nemcsak ad valamit a vérhez (a “pneuma phüszikón”-t), hanem el is távolít belőle valamit (a “fuliginózus gőzök”-et) a kilégzés során. A beszívott pneuma a szív üregeiben elegyedik a vérből származó állati meleggel. Így jön létre az “állati pneuma ” (“pneuma zootikon” vagy “spiritus animalis”, vagy vitális), az élet alapereje. Ez a folyamat olyan teljes átalakulás, mint a főzés. Az állati pneumát a verőerek viszik széjjel a testbe. A gyomorban zajló főzés alakítja át a táplálékot, mégpedig a “peptiké dünamisz” hatására; ez tisztítja meg a tápanyagokat, és készíti elő a beépülésüket a szervezetbe. A massza a vékonybélben alakul át nyirokká, ez pedig a májkapuéren keresztül a négylebenyű májba kerül. A hasnyálmirigy (a “pankreász”) a gyomor és a gerincoszlop közöd a gyomor párnája lehet szerinte. A “természetes vagy vegetatív pneuma” (“pneuma phüszikón” vagy “spiritus naturális”) a májban hozza létre a nyirokból a vért, így a visszerek szállítják tova a vérrel. Vagyis az érrendszer legfontosabb szerve a máj. A vérerek (a vénák) a vért és a természetes pneumát főleg a szív jobb kamrájába szállítják, a kisebb vénák pedig az izmokhoz is, ahol a vér anyagai átalakulnak hússá, illetve a zsigerekhez, ahol azok anyagaivá alakul. Magyarázatot adott a főverőérben (az aortában) levő nagy vérmennyiségre is: szerinte a jobb szívkamrából a bal kamrába átjut a vér a kamrafal parányi pórusain át; kis mennyiségű vér jut a tüdőn át a tüdőartéria és a tüdővénák között, valamint a vénák és az artériák közöd feltételezett “szünanasztomószisz”-kon át. Megfigyelte, hogy a szív mozgását sem a hozzá vezető bolygóideg (nervus vagus), sem a gerincvelő átvágása nem szünteti meg. Ő nevezte el a szív saját ütőereit koszorúsartériáknak. A májban létrejött természetes pneuma már a lélek egyik része: az alacsonyabb rendű testi szükségletek és vágyak hordozója. A felnyitott koponyákban az agy mozgását látva arra következteted, hogy ezt a pneuma ritmusos áramlása idézi elő. Ennek az anyagnak a kialakulása során az agykamrákban bomlástermékek keletkeznek, melyek egy része az orron át távozik nyálkaként, más része gázalakban hagyja el a koponyát gyermekkorban a még tág koponyavarratokon át, felnőttkorban pedig a csontok likacsain. A “pneuma pszükhikón” az idegeken át járja át a szervezetet. (Eme hit alapján vélték úgy egészen a XVIII. sz.-ig, hogy az idegszövet mirigyszerű, elválasztó működésű.) Az agy tehát az érzékelés székhelye, a mozgás irányítója és a gondolkodás végrehajtója. Leírta a köztiagy alján található nyelet (az “infundibulum”-ot), az agyalapi mirigyet (a “hüpophüszisz”- t), a tobozmirigyet (az “epiphüszisz”-t, afornixot és a kisagyi középső lebenyt (a “vermis”-t), a vago-szimpatikus idegtörzset, a szimpatikus határláncot, a szimpatikus idegdúcokat és idegi elágazásokat, külön a zsigerek (splanchnikus) idegeit. Szerinte az érzőidegek “lágyak” és az agy elülső részéből erednek, átvágva őket megszűnik az érzékelés, míg a mozgatóidegek “kemények” és az agy hátsó részeiből származnak, elsősorban a kisagyból. Ismert hét agyideget; a szaglóideget nem idegnek, hanem az agy előretolt részének tekintette. A gerincvelőt a test agyának, az agyvelőt pedig a fej agyának tartotta. A szennyező anyagokat a lép szűri ki a gyűjtőeres vérből, a beleken keresztül eltávolítva ezek az anyagok alkotják a “fekete epé”-t. Az egészség nála is a négy testnedv közötti megfelelő egyensúlyból (“eukrászisz”) eredő ideális állapot. Az egészség és a betegség közöd éles határ nincs; egészségesnek addig véljük a szervezetet, amíg a diszharmóniát (“diszkrászisz”-t) fel nem fedezzük.

Galénoszt követően hosszú időn át nem látható komolyabb fejlődés a biológiai és az élettani tudományokban. Az életműködésekről alkotott elképzelések egy jó része elveszett, a megmaradt részt majd az arabok mentik át az európai tudományosság számára. A III. és a IV. századtól kezdve az egyházatyák is foglalkoztak az emberrel, de már kifejezetten a hittételek igazolása és alátámasztása céljával. így Caecilius Firmianus Lactantius (250 körül-317 után) latin egyházatya “De opificio Dér (“Isten alkotása”) c. művében leírta az ember teljes anatómiáját, élet- és lélektanát. A nyssai Gregorius (3357-394 után) görög egyházatya, Nagy Baszileosz testvére, Nyssa püspöke, “De hominis opificicT (“Az ember felépítéséről”) c. alapvetően teológiai művében az ember anatómiájának és élettanának egy sor problémáját tárgyalta.

### 6. Viselkedés: érzékelés, mozgás, gondolkodás, értelem

Az antik világban a görögök nagyon hamar kezdtek el foglalkozni a viselkedés egyes problémáival: az érzékelés és észlelés mibenlétével (ebből következően filozófiai szinten a világ megismerhetőségével), a “magasabb rendű” idegi működésekkel, a gondolkodás és az értelem lényegével. Az ősi animisztikus elgondolások nyomán még részben összekapcsolták ezt a problémakört a magasabb rendű, természetfölötti világ hatásaival - úgy, hogy az élőket működtető “pneumát” a világlélekből eredeztették. Ebből aztán kialakult az az elképzelés, hogy az ész, az értelem is a világész egy darabja, annak ajándékaként kerül az emberbe. A materialisztikus világszemléletben viszont az emberre jellemző gondolkodás és az emberi értelem az emberi test működésének a következménye, amihez nem szükséges feltételezni természetfölötti hatalmakat.

Püthagorasz a már említett orfikus elképzelések hatására a test és a lélek közti ellentéteket építette tovább, részletesen kifejtve az elme és a test elkülönítésének elképzelését. A gondolkodás központi szervének a gömbszerű fejben elhelyezkedő agyat tartotta. (A hagyomány szerint ő volt az első, aki ezt így gondolta.) A jelenségek és történések mennyiségi vizsgálatai alapján észrevette, hogy az emberi érzékelés mennyiségileg kifejezhető fizikai jelenségekkel lehet összefüggésben. Pl. megállapította a tanítványaival, hogy a rezgő húr hossza befolyásolja az érzékelt hang magasságát a megpendített húr egy bizonyos hangot ad, és a fele olyan hosszú húr hangja egy oktávval magasabb. (Az érzékelésnek ez a matematikailag kifejezhető volta vezette el a világegyetem harmóniájának, a “szférák zenéjének” elképzeléséhez.)

Az ión természetbölcselőkhöz tartozó epheszoszi Hérakleitosz (i. e. 540 körül-480 körül) szerint a gondolkodás feltétele az érzékszervek működése és az általuk nyert adatok összesítése. Csakhogy az érzékelés magában megbízhatatlan; a valóság próbaköve az értelem. Alváskor bezárulnak az érzékszerveink nyílásai, és a szellem elválasztódik attól, ami körülvesz minket; egyedül a légzés útján marad némi kapcsolat, és ezért csak az öntudatlan gondolkodás képessége marad meg ilyenkor. Ébrenlétkor a szellem újra kihajol az érzékszerveink nyílásain, és így újra kapcsolatba kerül a bennünket körülvevő világgal.

A krotóni orvos, Alkmaión a püthagoreusok elképzelései szerint az agyvelőt tartotta az értelem székhelyének. Ugyanis az agy alapján levő verőereket a világmindenséget betöltő és éltető “pneuma” szállítócsövecskéinek vélte, amelyeken keresztül a “mikrokoszmosz” (az ember) érintkezésben van a “makrokoszmosz”-szal (a világmindenséggel). Az agy a felelős az érzékelésért (tehát az érzékelés az agy működése) és a mozgásért is. Ha az agy megrázkódik vagy a helyzetét változtatja, akkor az érzékelés is sérül. Az érzékelésekből valamiféle szintézissel származtatta az emlékezetet, a képzeletet, a képzelet megszilárdulásából pedig a tudást. Szerinte az agyban minden érzékelésnek saját külön területe van. (Ez az agyi lokalizáció tanának ősi formája.) A lélek halhatatlan és állandó mozgásban van, ez a mozgás tartja életben a testet is. (A lélek tehát nála is még tkp. életerő. )

A i. e. 500 körül élt Anaxagorasz már megfordította a valóságban érvényesülő törvényszerűségek és a gondolkodás viszonyát, mivel a gondolkodás képes megismerni a világ törvényszerűségeit, a valóságban érvényesülő törvényszerűségek az egyetemes ész (“nousz”) megnyilvánulásai.

Az élőlényekben az ész egyedi, egyre bonyolódó formákat ölthet: a növényekben csupán az érzékelés, az állatokban emellett a mozgás, az emberben pedig még az értelem is belőle származik. Minden állatnak van valamiféle intelligenciája, de a legmagasabb fokú az emberé. (Nála tehát az ész fogalma egyszerre életerő és a majdani szellem, értelem.) Szerinte az érzékelés alapja az érzékszervek elemei és a hozzájuk érkező hatások ellentétes volta; mindent arról ismerünk fel, ami ellentétes vele. Úgy hitte, hogy látáskor a tárgyak a szem pupilláján tükröződnek.

Az akragaszi Empedoklész (i. e. 490 körül-430 körül) szeretet és gyűlölet vezérelte elemkeveredési elmélete szerint a legharmonikusabb összetételű alkotórész a testünkben a vér, mert benne a négy elem egyenlő és harmonikus arányban van képviselve. A gondolatot is ezért a vérnek kell szállítania. Mivel a vér mozgásának központja a szív, tehát a gondolkodásé is a szív kell legyen. Továbbfejlesztette Hérakleitosz érzékeléselméletét. Szerinte az érzékszervek működésének alapja a pórusos szerkezetük. Egyik érzet azért nem lehet valamelyik másik érzékszerv tárgya, mert nem egyformák a pórusaik, így nem ugyanazt az érzetet fogadhatják be. Ezért minden egyes érzékszerv specifikus tulajdonságokkal rendelkezik. A természet tárgyairól áramlatok sugárzódnak ki, és ezek behatolnak az érzékszervek megfelelő méretű pórusaiba; a pontos illeszkedés hozza létre a hibátlan érzékelési. A hallószerv hasonlít a harang nyelvéhez, amelyet a levegő mozgásba hoz; a fülkagyló a hang felerősítésére szolgál. Az érzékszervek pórusaira ható anyagok lehetnek az érzékszervhez hasonlók vagy vele ellentétesek. A gyönyör érzésekor a hasonló, a fájdalom érzésekor viszont az ellenkező tulajdonságú anyagok találkozását tételezte fel. Mivel az egyes érzékszervek csak részjelenségekről tudósítanak, ezért egyetlen érzékszervet sem szabad alábecsülni, és a külvilág jelenségeit minden érzékszervvel meg kell figyelni; egyik érzékszervünknek sem hihetünk jobban, mint a másiknak. A lelki működések székhelyéül a vért és a szívet jelölte meg.

A materialista atomista Démokritosz szerint a lélek rendkívül kicsi, végtelenül finom, sima és kerek atomokból áll (akárcsak a meleg), amelyek az egész testben mindenütt megtalálhatók. Az agyban “székelő” lélekatomok a gondolkodásképesség okai, a szívben levők a bátorságéi, a májban levők a vágyakozáséi (tehát viselkedési jellegzetességeket az egyes szervek atomjainak tulajdonított). Az érzékelés lényege az, hogy a tárgyak kisugárzásait hordozó atomok beleilleszkednek az érzékszervek pórusaiba. Az így beilleszkedett atomok alakja és konfigurációja határozza meg az érzéki benyomást. Az érzékszervek érintkezése bizonyos atomokkal különleges, látszólagos tulajdonságokat is létrehozhat, a tárgyakat különböző minőségűeknek mutathatja; ezeket szerinte csak az ember érzékeli, tehát az érzékleti minőségek csak szubjektív benyomások. Az ízt pl. az hozza létre, hogy a nyelv kerek atomokkal érintkezik, a savanyút meg az egyenetlen felszínű atomokkal való érintkezés váltja ki bennünk. A közvetlenül érzékelt valóság az atomok csoportosulásainak felfogása (mivel maguk az egyes atomok nem érzékelhetők). Pl. látáskor a tárgyakról hártya alakú atomcsoportok hatolnak a szem pórusain át a testbe. Maga a kép pedig a szem és a tárgy között helyezkedik el. A színek az atomok változatos elrendeződéséből adódnak. A hang meg nem más, mint a fül pórusaival érintkező levegőatomok bizonyos csoportosulása. Az érzékeléssel azonban nem tudunk a dolgok mélyére hatolni, erre csak az emberi értelem képes. Az érzékszerveinkben keletkezik a tapasztalat, de ez nem azonos az érzékeléssel, mert a tapasztalat létrejöttéhez az érzékelésen túl már az értelem közreműködése is szükséges. Szerinte az emberek a legfontosabb dolgokban az “állatok tanítványai” (vagyis felfogása szerint az ember cselekvésének legnagyobb része állati eredetű). A fizikai és az elmebeli események lényegi hasonlósága miatt úgy gondolta, hogy az “állati szenvedélyek” gyakorlásából eredő élvezetek nem alacsonyabb rendűek a szellemi eredetű élvezeteknél. Minden élvezet egyformán jó; az embereknek tehát úgy kell szabályozniuk az életüket, hogy elérjék a lehető legnagyobb élvezeteket. Felismerte azonban, hogy a fizikai élvezetek veszélyeket is jelenthetnek, ezért e tekintetben mérsékletet tanácsolt.

Az apollóniai Diogenész (i. e. 450 körül) szerint a világ lényege a “pneuma”, voltaképpen levegő, így levegő az ész is. <<<(((meg a pénz némely fajtája is Drábikék szerint -FÁ)))>>> A szaglást is az agyvelőt körülvevő levegő idézi elő. A látás pedig úgy jön létre, hogy a pupilla érintkezik a belső levegővel.

Az idealista filozófus, **Platón** tanítása szerint a lélek két részből áll: az isteni eredetű, magasabb rendű és halhatatlan részből, valamint egy halandó részből. A halhatatlan lélek tartalmazza a gondolkodásképesség elemeit és ez felelős az észért; ez a testtől független, nemanyagi, racionális irányító. A tűz, a víz, a levegő és a föld megfelelő arányú elegyítésével isten megalkotta a velőt, amelybe betelepítette az isteni halhatatlan lélek fajtát. A lélek isteni magvát befogadni képes velő teljesen gömbszerű, ez az agyvelő (mivel a gömb a legtökéletesebb idom a térben). Az archaikus phrenész-elmélet visszhangjaként azt írta, hogy az érzelmi élet egy része a szív és a gyomor tájékán zajlik. A halandó lélek felső része a szívben van, és bemenetet kap az érzékszervekből, ez az ész parancsainak végrehajtója, tehát a cselekedetek forrása és a bátorság lerakata. A halandó lélek alsó része pedig a májban található, ez ellenőrzi az “állati” vágyakat és az érzelmeket, a csalárdságnak és a mohóságnak van elkötelezve, állandó felügyeletet és korlátozást igényel a halhatatlan lélek részéről. Az érzetek csak a lélek aktivizálására szolgálhatnak, passzívan tudomásul veszik a dolgok hatásait.

A gondolkodás során az emberi elme bepillant az ideák világába, “ráismer” az örök, változatlan fogalmakra (az elvonatkoztatás eredményére). **Az egyedi lélek ugyanis csupán kihelyezett része az egyetemes örök léleknek.**

Ezért van az, hogy már a születéskor magunkkal hozunk ideákat, amelyekre később “visszaemlékezünk”, amikor a gondolkodásunk már elért egy bizonyos fokot. (Ettől kezdve bukkan fel a természetfilozófiában a velünk született lelki tartalmak problémája.) A lélek gondolkodási folyamata szoros kapcsolatban van a beszéddel, ez emlékezteti vissza az emberi lelket az ideákra. Az emlékezés emellett az érzékszervek által felvett benyomások rögzítésére is szolgál (akár a viasztáblára írás, aminek eredményeként emlékezhetünk a leírtakra). A viselkedés irányításában felismert bizonyos “erővel jelentkező mozgások”- at, ezek szerinte érzelmek vagy “állati szenvedélyek” termékei, a normális viselkedést zavarók, törvénytelenek és így a természetes viselkedésnek nem részei.

Az emberi viselkedés ugyanis akaratlagos és ésszerű folyamatok eredménye. Az emberi akarat pedig a választásait illetően teljesen szabad, bármit diktál is az ésszerűség.

Az antik világ nagy rendszerezője, **Arisztotelész** a lelki működések középpontjának a szívet gondolta: végső soron a szív a felelős szerinte a mozgásért, a táplálkozásért, az érzékelésért, az észlelésért, a gondolkodásért. (Ez a gondolat talán Empedoklész elképzeléseiből eredeztethető.) Az agyat csak vérhűtő szerepűnek vélte, így az lenne a szervezet leghidegebb helye (ez jelentős visszalépés Alkmaión, a hippokratészi iskola, de még Platón egyik- másik korábbi nézetéhez képest is). “Az állatok részeiről” c. munkájában úgy vélekedett, hogy az agy nincsen összeköttetésben az érzékszervekkel. **Arisztotelész** írt egy művet “Peri aiszthészeósz” (“De sensatione”, “Az érzékelésről”) és egy másikat “Peri pszükhész” (“De anima”; “A lélekről”) címmel. A püthagoreus eredetű és Platóntól átvett hármas lélekfelosztást a különféle tökéletességi fokok szerinti osztályozásra használta: a legegyszerűbb, az anyagcsere jelenségeit irányító “tenyésző” lelkük van a növényeknek önfenntartó és reprodukciós képességgel; az állatoknak már bonyolultabb, az érzelmeket irányító “érző” lelkük is van, érzékelési, mozgási és vágyképességgel; egyedül az embernek van ezeken felül még “értelmes” lelke (“nousz”, “ész”) is (ezért kell a legmagasabb rendű lénynek tekintem). Az általa használt “pszükhé” (lélek) nem a modem értelmű értelmes szellem, hanem inkább az élőket élővé tevő forma kifejeződése, életerő vagy életprincípium (bár az állatok és az ember vonatkozásában már keveredik benne a viselkedés bonyolódása mögötti feltételezett irányító rendszer is). A lelki működések központjának, a “közös érzés” székhelyének a szívet gondolta - ez megint visszalépés Alkmaión tanaihoz képest (aki szerint a lélek “székhelye” az agy). A “Peri pszükhész” c. könyvében öt érzékeléstípust és -szervet jellemzett: a látást a szemmel, a hallást a füllel, a szaglást az orral, az ízlelést a nyelvvel és a tapintást a bőrrel. Úgy gondolta, hogy az ellentétes érzetminőségeket különböző modalitások sokfélesége közvetíti, azokat az összes érzékszervünk segítségével fogjuk fel. Pl. a feketét és a fehéret a látással, a meleget és a hideget a tapintással. Megállapította, hogy az érzékszervek egyetemes tulajdonsága a külvilág tárgyainak leképezése. Ennek során az érzékszervekben a tárgyak formája jelenik meg mint érzéki lenyomat. Az érzéki benyomások összesítője a lélek központi működése, a “közös érzés” létrehozása; tehát minden érzékelés általános funkciója a “közös érzés” keltése a szívben, mivel az érzékszervek a szívvel csatornákon át állnak összeköttetésben. (A “közös érzés”-ből alakul majd ki a “sensorium commune”, “józanész” elgondolása.) így különböztette meg az érzékelést (“aiszthétisz”- t) és a megismerést (“gnószisz”-t). Az előbbi a másodiknak csak első állomása. Hangsúlyozta az észlelésben a szervezet aktív szerepét abban a válogatásban, hogy érzékletek fontosak a tájékozódás, a szükségletek kielégítése és az életben maradás számára.

Felismerte az érzelmek szerepét is az észlelésben. <<<(((ez is Arisztotelesz még -FÁ)))>>>

Az emberi lélek a fenntartó és tápláló erő mellett tartalmazza a mozgató és érzékelő erőt is, de még magába foglal csak rá jellemző megismerő képességet. A léleknek eme fokozatos általános fejlődése az ember egyedfejlődése során is lezajlik: az újszülött lelke még közelebb áll az állatokéhoz, de bizonyos idő után kialakul benne a megismerő, gondolkodó lélek is. A megismerés első állomása az érzékelés, a következő folyamat a szervezetben létrejövő képzelet, ami az érzékelés hatására meginduló belső mozgás következménye. A képzelet során szerinte a külső tárgy képe kialakul a lélek központjában. Az emlékezés e külső képek nyomainak összerendezéséből áll. A képzetek társítása (asszociációja) az érzetek és a képzetek időbeli összeérésén, a hasonlóságon és a kontraszton alapszik. Az értelem vagy ész nála sem tartozik a testekhez, hanem természetfölötti megnyilvánulás: a legmagasabb örök igazságok megismerésére szolgál a lélek számára.

Arisztotelész tanítványa, az ereszoszi Theophrasztosz foglalkozott az állatok szellemi képességeivel; érzékelési képességet és bizonyos okosságot tulajdonított nekik, de az értelmüket vitatta. Tizenöt kötetben összegyűjtötte a Szókratész előtti természetfilozófusok által taglalt témákat tárgykörök szerint. Ezek egyike “Az érzékelésről” (csak töredékekben maradt ránk két XIV sz.-beli kézirat nyomán). Ő alakította ki az első jellemtant (karakterológiát); egész sereg jellem ábrázolását adta, és felvázolta az egyes jellemek lélektani tulajdonságait.

Epikurosz szerint az akarat befolyásolhatja a lélek atomjainak mozgását (ezzel az erkölcsi felelősséget kézzel fogható materialista elvekkel magyarázta). A megmaradt munkái szerint úgy gondolta, hogy a tudat tkp. biológiailag nem lényeges mellékterméke a mögöttes idegi történéseknek] azoknak nem elsődleges működési eredménye, és nem is meghatározója a tevékenységeknek.

A leginkább materialista elképzeléseket a lampszakoszi **Sztratón** (i. e. 340 körül-268) fejtette ki a testről és a lélekről. A test és a lélek egységét hirdette; ezért szerinte az állatoknak is rendelkezniük kell értelemmel. A lélek teljesen egységes; az értelem pedig a lélek egészének a megnyilvánulása (és nem csak bizonyos részéé). Éppen ezért nem ismerte el a lélek és a “nousz” halhatatlanságát: a szervezet elpusztulásával a lélek és a “nousz” is megszűnik létezni. Az érzékelés központja szerinte is az agyvelő. Kifejtette, hogy az álom az érzékelő lélek (“pneuma aiszthétikón”) működésével kapcsolatos: ez az álomban visszaidézi a korábbi érzéki tapasztalatokat.

A régi pneumatan továbbfejlesztői a sztoikus filozófusok voltak. Mesterük, a kitioni Zénón (i. e. 336-264) szerint háromféle pneumát kell megkülönböztetni: a legdurvább tartja össze a testeket, a finomabb felelős a növekedésért és a nemzésért, a legfinomabb hozza létre az érzékelést és a gondolkodást. Az állatoknak nincsen meg a legfinomabb pneumájuk, tehát nincs értelmük sem. A növények és az állatok - mint alacsonyabb rendű létformák - csakis az ember kedvéért teremtettek. A növények csak a növekedést jelképezik; az állatoknak már ösztöneik is vannak a saját életben maradásukról való gondoskodásra és a saját “én”-jüknek is “tudat”-ában vannak (vagyis van önfenntartási ösztönük). Ez megvan az emberben is, de az állat és az ember közti hasonlóság csak külsődleges: az állatok megnyilvánulásai az ember értelmi tevékenységével nem azonosíthatók, annak legföljebb csak előfokai. Ugyanis pl. az állatok hangadása még nem “nyelv” az állatoknak nincs fogalomalkotási képességük; nem tudnak különbséget tenni a “jó” és a “rossz” között. Az egyed fejlődése során a pneuma a kívülről érkező érzéki hatások befolyása nyomán átalakul és maga is fejlődik, így alakulnak ki benne a gondolkodást lehetővé tevő erők.

Kevésbé spekulatív elgondolása volt - érthetően - az orvosoknak. Az alexandriai Hérophilosz felismerte az agy funkcióját: az érzékelés és a mozgás, a lelki élet mind összefüggésben van az agy tevékenységével. A pneuma a szívben összekeveredik a vérrel, itt megtisztul, átszűrődik és úgy jut az agy felé. A csodarecében újabb szűrése történik. Ezután a pneuma az agyi érfonatokon át behatol az agykamrákba. Az itt levő pneuma a felnőttekben az értelem anyaga. A különböző agyi sérülésekkor kialakuló tünetek alapján úgy gondolta, hogy az első agykamrában és a homloklebenyben a képzeletet hordozó pneuma lehet, a középsőben és a halántéklebenyekben az emlékezet pneumája, míg a leghátsóban és a nyakszirti lebenyben a mozgásé. A negyedik agykamra alapján látható bemélyedésben található az idegi működéseket összerendező és uralkodó központ, a "hégemonikon". Az érzékszervekből az agyhoz sugározva a pneuma közvetíti az érzéki benyomásokat, az agy hátsó kamrájából az izmokba jutva pedig mozgást vált ki. (Ez az elmélete Galénosz közvetítésével az 1500-as évekig fennmaradt, és lényegében egyeduralkodó elmélet volt az idegi működések magyarázatára.)

A kószi orvos, Praxagorász Arisztotelészéhez közeli nézeteket vallott. A pneuma a szívből kiindulóan irányít minden tudatos mozgási és minden lelki tevékenységei. Szerinte az érzékelés szervei maguk az idegek.

Hérophilosz kor- és vetélytársa, a Khioszból származó Eraszisztratosz továbbfejlesztette orvostársa elképzeléseit a pneumáról és az agybeli lokalizációjáról. Az agyban az odajutott pneuma “pneuma pszükhikon”-ná alakul át, és az erekkel párhuzamos és üreges idegeken át a szervezetben szétoszlik, ez okozza az érzékelési, ill. a pneuma általi izomkitágítás a mozgást. Az agyfelszín tekervényezettségének különbségei alapján az értelem fejlettségét az agyvelő barázdáltságával hozta összefüggésbe. Megsejtette, hogy az agy az egész szervezettel kapcsolatban van. Úgy vélte, hogy a lélek (a “pneuma”) székhelye a kisagyban van.

A sztoikus filozófusokkal felgyorsult az a folyamat, amelyik kezdi a “pneumát” **szellemnek, értelmes léleknek** (vagyis a bonyolult viselkedés irányítójának) értékelni. Ők a szellemet és az anyagot egyaránt a “pneuma”-ra vezették vissza, sőt, gyakran azonosnak is tekintették azokat egymással. (Nagyon nagy jelentőségre tett szert a “pneuma” az orvoslásban; az ókor végére kiegészítette a négy testnedvről szóló tant; a szellemi tényezőként történt átértelmezésével alapjává vált a lélek betegségei magyarázatának.) A valamilyen célra törekvést - Arisztotelész nyomán is - a “hormé” kifejezéssel jelölték. (Sokan innen számítják az ösztönök elképzelését.) Mivel a pneumából minden élőlény részesül, ezért helyettük a “világlélek” gondolkodik, az élőlények alacsonyabb rendű értelme csak ennek része.

A “Hippokratészi Gyűjtemény” összeállítóinak “4 szent betegségről’ c. könyve a betegségeket természetes eredetűeknek tartotta; azokat szentnek csak a csodadoktorok és a sarlatánok vélik. A gyönyör, a nevetés, a vidámság, a szomorúság, a fájdalom, az aggodalom és a könnyek forrása nem más, mint az agy. Ez teszi lehetővé a gondolkodást, az érzékelést, az ítélőképességet, de ez a székhelye az őrületnek, a félelemnek, az ijedtségnek, ez az oka az álmatlanságnak, az alvajárásnak, a felejtésnek is. Ezért a gondolat és az érzelmek nem lokalizálhatók a szívbe. Az irat szerzője leírta az epilepsziás aura idején az érzeteket és az érzelmi tüneteket. Szerinte a fájdalom gyakran érezhető a fej egyik vagy másik oldalán, ezt kapcsolatba hozta a két agyféltekével. Az epilepsziát eme irat szerint az agyból leszálló phlegma okozná azzal, hogy megakadályozza a pneuma vérerekbe belépését. Voltak primitív elképzeléseik a hallásról és a látásról is. Leírták az agy és a gerincvelő sérüléseit bénáknál, az ekkor fellépő érzékelési zavarokat, a vizelet- és székletürítés rendellenességeit. Polübiosz iratában és más művekben is Hippokratész tanítványai és követői a négy testnedv keveredési arányaira támaszkodva kidolgoztak egy lelki alkattant is. Ezek a “hippokratészi” lelki alkatok: a vérmes (szangvinikus), akiben a vér túlsúlya dominál, a meleg és nedves vidékekre jellemző, erős, kiegyensúlyozott élénk; a nyugodt, közönyös (flegmatikus), akinek működései elsősorban a nyálkától függnek, és a hideg, nedves éghajlat mellett gyakoriak, erős, kiegyensúlyozott, renyhe; a mélabús, komor (melankolikus), akiben a “fekete epe” teng túl, a hideg és a száraz vidékek jellegzetes alkata, gyenge, kiegyensúlyozatlan, renyhe; a lobbanékony (kolerikus), akiben a sárga epe a meghatározó, és a meleg, száraz vidékeken fordul elő leginkább, erős, kiegyensúlyozatlan, élénk.

Foglalkozott az állatok viselkedésével az apameai Poszeidóniosz (i. e. 135-50) is. Szerinte az állatokban is van egy “belső képesség'' (“szüsztászisz”), és ez nem mutat lényeges különbséget az “erkölcs nélküli” állatok és az “erkölcsös” emberek között. Az állatokból viszont hiányzik az elvonatkoztatási képesség: csak az egyes dolgokra reagálnak, de általánosítani nem tudnak. Képzeteik - ha vannak - homályosabbak és kevésbé biztosak, mint az emberéi. A társas életükben viszont megfigyelhető az egymás kölcsönös megsegítése is.

Epikurosz materialista nézeteit fogalmazta költeménybe Lucretius Carus (i. e. 99-55). A szag élményének keletkezését pl. úgy magyarázta, hogy a garatban különféle alakú és nagyságú “pórusok” vannak, amelyekbe az alakjuktól és a nagyságuktól függően a szagot okozó anyagok részecskéi beleilleszkednek, és így váltják ki a szag érzetéi.

Az enciklopédista Caius Plinius Secundus “História naturalis”-a VII. könyve az ember leírása. Szerinte az érzések központja nem a szív, hanem az agy. Ebben a könyvben az ember haláláról írva tagadta a lélek túlvilági létét.

Az állatok és az ember lelki működéseinek összehasonlításával foglalkozott a khaironeai Plutarkhosz (45 körül-125) platonista filozófus és író. Az állatok ravaszságáról írt művében és “Grüllosz” c. munkájában foglalkozott az állatok lelkével és értelmével. Ezekben szembeszállt a sztoikusok elgondolásaival; a cinikusokkal egyetértve az állatokat nemesebbnek tartotta az embernél. Egy szatirikus hangú művében (“Miként használják a néma állatok az értelmüket?”) arról írt, hogy az állatok különbek az embernél, mert nem ismernek számos emberi rossz tulajdonságot és nem tesznek semmi haszontalant. A “Vajon a szárazföldi vagy a vízi állatok értelmesebbek?” c. művében kifejtette, hogy a sztoikusok nézetei azért vetendők el, mert ők szembeállítják a halandót a halhatatlannal, a testit a szellemivel, és ezért lebecsülik az állatokat. Pedig az állatoknak is van értelmük: vannak törekvéseik, céljaik, elkerülik a számukra ártalmas dolgokat, tudnak emlékezni és megfontolni; rendelkeznek tehát “dianoészisz”-szel (intelligenciával). Az ember és az állatok értelmi képességei között csak fokozati különbségek vannak; bizonyos képességekben az ember jobb, másokban viszont az állatok sokkal tökéletesebbek is lehetnek. A sztoikusok szerint csak az ember törekszik az erény gyakorlására, ez ellen azt veti, hogy a rossz embereké vajon arra irányul-e. Igaz, hogy a sztoikusok szerint az állatok nem ismerik a jogot, de éppen az ember feladata közeledni az állatokhoz és megszüntetni a jogtalan elpusztításukat (állatviadalok, vadászat, halászat). Az állatok érzelmi világa is sokrétű. (Munkássága azonban sok tekintetben nélkülözi a tudományos megbízhatóságot; csodálatos történetei az állatmesékkel állnak azonos színvonalon.) A húsevésről írt kétrészes munkájában azt fejtegette, hogy a húsevés nem tartozik az emberi természet lényegéhez, sőt, káros a szellemi képességekre nézve. Az ősembert is csak a szükség kényszerítette rá, de a kortársaknál már csak káros szenvedélynek lehet tartani. Szerinte az emberi haladás egyik jelzője az állatok iránti részvét foka. Ugyanis Püthagorasz nézeteinek híveként hitt abban, hogy az élőlények lelkei egy végtelen egységben kapcsolatban állnak egymással.

Az attaliai Athénaiosz (50 körül) Arisztotelész nyomán a mozgás és a gondolkodás központi szervének ismét a szívet tartotta. Nála a “hégemonikón” nem pusztán lélek, hanem anyagi valóság testi és lelki tevékenységgel.

Kortársa, az epheszoszi orvos, Ruphosz (latinosan Rufus; 50 körül) úgy vélte, hogy az ember minden tevékenységét az idegek irányítják.

Az alexandriai zsidó filozófus, a 70 körül alkotó Philón a platóni felfogásnak megfelelően és annak elkötelezetten támadta a sztoikusok elképzeléseit az állatok értelméről, szerinte az állatoknak nincsen értelmük, csak az embernek van.

Az orvosi empíria alapján nem teljesen spekulatív és nem is erkölcsi szempontú, ám eklektikus elképzeléseket alakított ki a viselkedésről, az érzékelésről, a gondolkodásról és a lelki tevékenységekről Klaudiosz Galénosz. A nervus laryngealis recurrens elkötésével és a viselkedés megfigyelésével igazolta azt, hogy az agy irányítja a hangadást: amikor az ideget az élő állatban átmetszette, megszűnt annak visítása. A májban létrejött természetes pneuma szerinte már a lélek egyik része: az alacsonyabb rendű testi szükségletek és vágyak hordozója. Az agyvelő a hozzá áramló vérből vonja ki a “pneuma pszükhikon” anyagát; belőle az agykamrákban keletkezik a lélek legmagasabb rendű anyaga, a “lelki pneuma ” (pneuma pszükhikon, spiritus animalis), ami az emberi értelem és a szellem hordozója. A pneuma ugyan az agy kamrákban mozog, de a lélek maga mégsem az agy kamrákban van, hiszen az állatok is és az ember is túlélheti az agykamrák sérüléseit. A racionális lélek az agy állományában helyezkedik el, mert amikor az állatok agyállományát összenyomta, akkor az érzékelésük, a mozgásuk és a viselkedésük zavart szenvedett. (Ha a szívet nyomta össze, az nem okozott érzékelési zavart. Tehát kifejezetten ellentmondott Arisztotelésznek a lélek székhelyét illetően.) Viszont a szenvedélyeket irányító pneuma a zsigerekben lelhető fel. <<<(((ma is beszélnek zsigeri érzelmekről -FÁ)))>>> (Ez az elgondolás Platón hatását tükrözi.) A pneuma pszükhikon az idegeken át járja át a szervezetet. (Eme Ifit alapján vélték úgy egészen a XVIII. sz.-ig, hogy az idegszövet mirigyszerű, elválasztó működésű.) Az agy tehát az érzékelés székhelye, a mozgás irányítója és a gondolkodás végrehajtója. Szerinte azonban az értelem nem az agyi tekervényekkel van összefüggésben (ahogy Eraszisztratosz állította). Az érzékszerveket csak az agykamrákból beléjük hatoló pneuma pszükhikon hozza működésbe; így keletkeznek az érzékszervekben a speciális, érzékelő pneumák. (A következő évszázadokban a “pneuma” a vér által szállított finom anyagból anyagtalan “lélekké” változik majd át; ahogy ez a folyamat már a sztoikusok filozófiájában elkezdődött.) Az érzékelés maga a “hasonló a hasonlót” elv alapján történik. Egyszerű kísérletekkel (pl. elszigetelten történt felneveléssel) bizonyította, hogy a viselkedés bizonyos elemei veleszületettek. Császármetszéssel kivett kecskét nevelt fel izoláltan, és megfigyelte, hogy az ki tudja választani a tejet tartalmazó palackot előzetes tapasztalat nélkül is. A hippokratészi nedvelméletben is szereplő négy testnedv egyikének a túltengése alapján különböztette meg a betegségeket, a vérmérsékleteket vagy lelki alkatokat (az ún. “hippokratészi temperamentumok”-at): a bús és komor melankolikust (a “fekete epe” fölöslege okozza), a hirtelen fellobbanó vérmes szangvinikust, a mérges kolerikust és a nyugodt, közönyös flegmatikust.

Claudius Aelianus 17 könyvből álló művének fejezetei egy-egy állatfaj viselkedését tárgyalják. A közel 1000 állatot említő mű megfigyelések, történetek és anekdoták gyűjteménye, gyakran erkölcsi célzattal. Előszeretettel ecsetelte benne a viselkedési különlegességeket. (E műben olvasható Androklész és az oroszlán, valamint Arión és a delfin története.) A cinikusokkal egyetértve ő is úgy vélte, hogy az ember kapzsiságával, erkölcstelenségével és természetellenességével szemben az állatok sokkal természetesebbek és erkölcsösebbek. A sztoikusok nézeteivel szemben úgy vélte, hogy az állatoknak is van önálló értelmük, emlékezőképességük, és nem a “világiélek” gondolkodik helyettük.

Az elme zavarait először Poszeidóniosz (350 körül) orvos próbálta rendszerezni. Szerinte az elmezavaroknak három formája lehetséges: 1. az érzékelés, 2. az értelem és 3. az emlékezés rendellenességei. Az érzékelést a nagyagy elülső lebenyére, az értelmet az agykamrák körüli középső részére, az emlékezést pedig a nyakszirti lebenyre lokalizálta. Az elme többi bántalmának is szervi magyarázata lehet szerinte; beszélt “lethaigosz”-ról, “melankhóliá”- ról, “katalepsziá”-ról, “epilepsziá”-ról, “lasszá”-ról.

### 7. Szaporodás, öröklődés, egyedfejlődés

A szaporodás az élőlényeknek az a képessége, hogy saját magukhoz többé-kevésbé hasonló szerveződésű új élőlényeket hoznak létre, ezzel a képességgel biztosítják az egyedi pusztulásuk ellenére is a faj új egyedekben való képviseletét. Az előd(ök) és az utód(ok) összehasonlításából hamar rá lehetett jönni, hogy az utódok az elődök számos tulajdonságát öröklik, hiszen sok mindenben hasonlítanak az elődeikre. Néha azonban észrevehető eltérés is a szülőktől; így az öröklődés és a változékonyság összetartozó jelenségek. Az utód létrejöttével megkezdődik annak pusztulásáig tartó egyedfejlődése, ami a kívülálló szemlélő számára több szakaszon halad át.

Az ókori görögök és rómaiak a szaporodás, az öröklődés és az egyedfejlődés jelenségei terén nagyon sok mindent megfigyeltek, de nem tudtak olyan áttörően újat produkálni, mint pl. az állattanban, a növénytanban vagy az élettanban. Többnyire megelégedtek a szomszéd népeknél már jóval korábban kialakult nézetek átvételével, és azokat kissé továbbfejlesztették. A legnagyobb eredménynek talán az egyedfejlődés mikéntjéről folytatott spekulációk tekinthetők, elsősorban Arisztotelész erre vonatkozó gondolatai.

Alkmaión a nemzést úgy képzelte el, hogy a nemző mag vagy csíra az agyban (mint legfőbb irányítóban) termelődik. Megcáfolta azt az akkor közkeletű vélekedést, hogy az ondó a gerincvelőben termelődne. Kísérletesen ugyanis megállapította, hogy a párzás - és így az ondókilövellés - után a gerincvelőből nem hiányzik az ondónak megfelelő anyagmennyiség. Elemezte az embriók fejlődését is madártojásokban. Észrevette, hogy az embrióban elsőként a fej régiója különül el. Ebből is azt a következtetést vonta le, hogy az agy a legfontosabb szerv. A nemek keletkezését és az öröklődést úgy képzelte el, hogy a női és a férfi nemző mag harcban áll egymással; ennek kimenetele a mindenkori maganyag mennyiségétől és a minőségétől függ. (így ő tekinthető az embriológia megalapozójának is, és ezzel mindjárt feltalálta az időbeli összehasonlítás módszerét.)

Pannenidész (i. e. 470 körül) először képviselte azt a nézetet, hogy az emberi test két oldala különböző értékű: a jobb oldal az erősebb és az ügyesebb. Az embrió vagy csíra létrehozásában mindkét szülő nemző magja részt vesz; a férfi testének jobb oldalából származó mag hímnemű gyermeket hoz létre, a nő jobb oldali méhrészéből kiválasztott nemző mag az apáéhoz hasonló; az ellenkező testoldalból származó magokból nőnemű gyermekek nemződnek, akik az anyához lesznek hasonlók.

A klazomeai Anaxagorasz is úgy vélte, hogy az anya jobb oldalán a fiúk, a bal oldalán a lányok fogannak és fejlődnek ki. A sperma (vagyis a nemző mag) a férfitól származik, a nők csak a csíra tápláló anyagait és a fejlődésének a helyét adják. A gyermek nemét is egyedül a férfi sperma határozza meg: ha a férfi jobb (“férfias”) oldaláról származik, akkor az fiú lesz, ha a bal (azaz “női”) oldaláról, akkor meg leány. Szerinte az apai spermában és a csírában benne vannak a hajszálak, a körmök, az erek, az idegek és a csontok, csak kicsiny voltuk miatt nem láthatók. (Tehát a szervek előre elkészítettségét, a preformációt hirdette.) A legelső szerv, ami a csírában növekedésnek indul, az az agy.

Nagy jelentőségű volt az apollóniai Diogenész (i. e. 450 körül) feltehetőleg a keleti népektől átvett elmélete az öröklődésről, elsősorban azért, mert ezt a logikusnak tűnő spekulációt sokan átvették (és az elképzelés igen sokáig tartotta magát, egészen a XIX. századig). A pángenezis-elmélete szerint a szervek valamiféle csíraanyagokat juttatnak a vér útján a nemző magba. (Ezt az ősi, téves elképzelést a nyelv még a mai napig is őrzi olyan szófordulatokban, mint “vérrokonság”, “testvér” stb.)

Az akragaszi Empedoklész meg azt gondolta, hogy az utód nemének meghatározáséban a méh hőmérséklete játszik döntő szerepet: a nemileg semleges nemző mag sorsát az dönti el, hogy meleg vagy hideg méhbe jut-e. A meleg méhben ui. fiú, a hidegben pedig lány alakot vesz föl a csíra. A férfit a meleg, a nőt hideg jellemzi; a termékenyítés a meleg, a terméketlenség a hideg minőségre vezethető vissza. (Ez az elképzelés hozzájárult a hippokratészi nedv- és alkattanhoz.)

Az i. e. 450 táján működő rhegioni Hippon, a püthagoreusokhoz közel álló orvos szerint a nemző mag - a régi elképzelésnek megfelelően - a gerincvelőből képződik. (Alkmaiónnal és a püthagoreusokkal egyetértve ő is úgy vélte, hogy a fej, illetve az agy a pneumát szállító edényrendszer központja és eredése.) Elgondolása az volt, hogy a gyenge női nemző mag nem rendelkezik igazi nemzőképességgel, míg az erős férfi nemző mag rendelkezik vele. A női mag csak a csíra táplálására szolgál.

A Diogenész közvetítette pángenezis-elméletet a görögök számára Démokritosz formulázta meg részleteiben. Pángenezis-elmélete biológiai jelentőségű. Eszerint a test különböző, legfontosabb részeiből (csontok, hús, izom) származó szilárd részecskék a csírasejtéibe kerülnek, és valamilyen módon (a legtöbb elgondolás szerint a vér útján) az utódok testébe jutnak. A nemző magot a férfi is és a nő is termeli; a sperma a szülő részeinek végtelen kicsiny leképeződése: a sperma egyes atomjainak a kapcsolatai pontosan megfelelnek a test azon részeinek, amelyikből erednek. Az apai és az anyai magrészek között harc folyik, ebben a túlnyomó és uralkodó magrész fogja meghatározni a gyermek nemét is. Így az élet során szerzett tulajdonságok is átadódnak az utódoknak. (Természetesen ő sem tudott tehát különbséget tenni az ősöktől örökölt és az élet során szerzett tulajdonságok és öröklésük között. Ez az elképzelés majd két évezreden keresztül tartotta magát.) Foglalkozott az egyedfejlődés kérdéseivel is, így pl. azzal, hogy az éghajlati és az időjárási tényezők miképpen befolyásolják a magzat kihordásának idejét, vagy hogy milyen tényezők hatására fejlődnek ki az egyes állatok sajátos szervei (mint pl. a szarvak).

A “Hippokratészi Gyűjtemény ” egyik legfontosabb irata Polübiosz könyve “Az emberi természetről” (De natura hominis). Ebben a műben fejti ki, hogy a vérerek a nemző mag vezetékei is egyben. Ugyanis az agy által termelt nemző mag a fejből a fülön, a háton, a gerincoszlopon és a lágyékizomzaton át vezető vérereken átjuthat a herékbe. A “Peri diaitész hügieinész ’ (“Az egészséges életmódról”) c. irat szerzője (talán maga Hippokratész) azt állította, hogy az utód a férfi és a nő által kiválasztott részecskék keveredésének eredménye. E részecskéket is a tűz és a víz alkotja, a tűz a férfias, a víz a nőies jelleg hordozója. Mind a nő, mind a férfi kiválaszt mindkét féle részecskét. Ha mindkét szülő tüzes részecskéje találkozik, akkor típusos fiúgyermek, ha mindkét szülő vizes részecskéi keverednek el, akkor típusos lánygyermek lesz az eredmény. További lehetséges változatok: a fiús lány vagy a lányos fiú. Ha az apa vizes magva dominál az anya tüzes magva fölött, akkor a gyermek férfias tulajdonságokkal megvert lány lesz, ha viszont az anya tüzes magva győz az apa vizes magva felett, akkor “androgünosz” (azaz hermafrodita) születik.

Érdekes spekulációt adott elő az emberi nemek eredetéről Platón. Az eredetileg egységes, kétnemű ember is két félre szakadt, így lettek férfivá és nővé, azóta is keresi a férfi a nőt, mint a saját maga másik felét. (Jól látható ezen is, hogy az akkor érthető spekulációk valóságos tények helyett beérték költői metaforákkal is.)

A legtöbb és leginkább rendszerezett spekulatív ismeret e területen is Arisztotelésztől származik. Arisztotelész egyik zoológiái műve a “Peri zoón genészeósz" (“De generatione animalium”, “Az állatok keletkezéséről”), amelyben a szaporodásról, az egyedfejlődésről és az embrió életéről írt. Vizsgálódásának tekintélyes részét szentelte a szaporodásnak, az öröklődésnek és a leszármazásnak. Szerinte az öröklődés (Diogenész és Démokritosz pángenezis-elmélete nyomán) úgy történik, hogy a szervezetek részei kiválasztanak a vérbe valamiféle anyagi részecskéket a meleg hatása alatt a táplálékból, ami aztán a hímek ondójában (“sperma”) gyűlik össze; tehát az új élet nemzésekor a forma hordozója (“pszükhé”-je) a hím mag. Elképzelése szerint a gyermek a férfi ondó (a nemző mag) és a női vér egyesüléséből keletkezik; a hím nemző mag szolgáltatja a mozgást és adja az alakot, a nőstény vére pedig az anyagot az utód testébe. A nőstény tehát az anyag princípiuma, míg a hím a nemzés princípiuma (a nőstény “magában nemz”, míg a hím a nőstényt megtermékenyíti). A sperma testi anyagából semmi nem jut át a csírába, hanem “elpárolog”, és nem anyagi formaként hat a női vérből képződött anyagra. Ez a nem anyagi forma a fejlődés kiindulópontja és célja. (A tulajdonságok örökítője tehát kizárólag a hím sperma.) A sperma szerinte az ondóvezetékben keletkezik; a heréknek szerinte nincs szerepük a nemző mag termelésében (ui. halakban és kígyókban nem talált heréket, és pontatlanul figyelte meg a sperma-verőér és a sperma-gyűjtőér lefutását). A menstruációkor a meg nem termékenyült vér folyik el. Empedoklész nyomán úgy vélte, hogy a nőben a hideg nem vezet a nemző mag kialakulására, a táplálék ezért csak annak közvetlen előfokává vérré tud feldolgozódni. (Eme gyengeség miatt a nő alacsonyabb rangú, mint a férfi.) Négyféle szaporodási módot tudott megkülönböztetni: 1. az élőlények abiogenetikus eredetét a nem élő anyagokból, főleg az iszapból (az ősnemződés szerint); 2. a bimbózást (mint nem ivaros szaporodást) az alacsonyabb rendű állatoknál; de ismerte a szűznemzést (pl. növényeknél, méheknél, halaknál); 3. az ivaros szaporodást párzás nélkül; 4. az ivaros szaporodást párzással. Ez utóbbiakat tartotta a legfontosabbnak és a leggyakoribbnak is az élővilágban. Vizsgálta és összehasonlította a kasztráció hatásait madarakban és emberben. Leírta, hogy ha a még ki nem fejlődött kiskakast ivartalanítják, akkor a taréj színeződése, a kukorékolás, a párzási próbálkozásai felnőttkorban nem jelennek meg. Észrevette, hogy néha olyan tulajdonságok jelennek meg az utódokban, amelyek a távolabbi felmenő ősökben voltak megfigyelhetők. A csirke embrió fejlődésének megfigyelésekor a harmadik napon észrevette az embrió szívének lüktetését mint piros vérfolt előtűnést és eltűnését. Belőle szerinte két gyűjtőeres vezeték kanyarog ki (feltehetőleg a szívpitvart nézhette májnak). Felvetette, hogy az egyedfejlődés kétféleképpen valósulhat meg: 1. a már meglevő preformált anyag növekszik, 2. a kezdeményekből új szerkezetek fokozatosan bontakoznak ki - vagyis epigenezis történik. Arisztotelész inkább az epigenezis hívének tűnik. A tojás fehérjéjét azonosította az embrió testével, a sárgáját pedig tápanyagnak gondolta. A szervek képződésének irányítója a szív. Azért tudja ezt a funkcióját ellátni, mert a meleg és a “pszükhé” (a formaelv) termelője.

Theophrasztosz kezdeményezése után az ugyancsak ereszoszi Phaniász (i. e. 300 körül) írt egy nagy művet a növények magvairól és a szaporodásukról. (Csak töredékek maradtak ránk belőle.)

Az epikuroszi tanokat nagy és híres tankölteményben hirdető Lucretius Carus a művében azt is elmondta, hogy a szülők teste sok nemzedéken át rejtett atomokat hordozhat, amelyek a nemzéskor egy napon hatékonnyá válnak, és ezáltal az ősök sajátosságait a gyermekekre átviszik. (Ezzel próbálta magyarázni a több nemzedéken keresztüli öröklődést.)

A női nemi szervek anatómiájával és működésével a késő ókorban több orvos is foglalkozott. így pl. Ruphosz (latinosán Rufus) megint pontosan leírta a női nemi szervek anatómiáját. Foglalkozott a többes magzatképződéssel és a női meddőséggel is. Még jelentősebb az epheszoszi Szóranosz (857-145 körül) munkássága. Szerinte a méh gömb alakú szerv, amely a magzat kifejlődésére szolgál, a környezetéhez hártyák (“hymen”) erősítik; tudta, hogy izomból áll és vérereket is tartalmaz. Ismerte a petefészket és a petevezetéket is. Úgy gondolta, hogy a méhszáj havivérzéskor és közösüléskor megnyílik. Kimutatta, hogy a havivérzés (menstruáció) nem mindig esik egybe a holdfogyatkozással. Részletesen elemezte a fogamzás jeleit, a megtermékenyítést eredményező közösülés módjait. Tudott arról is, hogyan fejlődik a pete a méhben. Ő fektette racionális alapokra a szülészetet. (Négy részben megírt nőgyógyászati-szülészeti munkája az egyetlen teljes ilyen munka, ami az ókorból ránk maradt.)

Sokat köszönhetünk Klaudiosz Galénosznak is. Ő Hérophiloszt kijavítva felfedezte, hogy a petevezeték a méhbe szájadzik. A férfi és a női nemi szerveket analógoknak gondolta; szerinte a petefészek a női here. Így feltételezte a női nemző mag létezését is. Úgy vélte, hogy a megtermékenyülés a férfi és a női nemző nedvek egyesülésével jön létre; az utód szíve és mája az anya véréből, míg az agya a férfi magvából lesz. Azt tartotta, hogy a nemi nedvek visszatartása betegséget okozhat, ezért gyógymódnak néha javasolta a közösülés vagy az önkielégítés fokozását. Az eunuch testalkatát elemezve rájött, hogy a nemi szervek eltávolítása után a másodlagos nemi jellegek (pl. a sörény, taréj, agyar, szarvak megléte, testalak, szőrösödés stb.) is megváltoznak, tehát kapcsolatban vannak a herék, illetve a petefészek működésével.

### 8. Az élővilág fejlődéséről

A természet és benne az élővilág valamiféle fejlődéséről az ión materialista természetbölcselők alkottak először spekulációkat. Az orfikus hagyományú és püthagoreus iskolák nem fejlődést, hanem harmóniát tételeztek fel a kozmoszban. <<<(((és a harmonikus fejlődés? -FÁ)))>>>

Thalész szerint az élet lényeges eleme a víz. Az élet keletkezésében is a víz játszotta a fő szerepet. Anaximandrosz (i. e. 6117-546) szintén a vízből magyarázta az élet keletkezését is, a halakhoz hasonló vízi élőlényekből pedig az ember létrejöttét. Szerinte a gömb alakú Földön az élet spontán jöhetett létre a mocsarakban, a tenger iszapjában; az élőlények általában a naptól elpárologtatott nedvességből képződnek; az első szervezetek a vízben éltek. Ezért az első élőlények a halak voltak, amelyeket tüskés bőr borított. A halak leszármazottai aztán elhagyták a vizeket, kikerültek a szárazföldekre, ahol belőlük keletkeztek a többi élőlények átváltozással. (Ez az első ésszerű fejlődéselmélet a biológia történetében, bár az ősnemződés alapján állt.)

A letűnt korok élővilágával először a kolophóni Xenophanész (i. e. 580 körül-?) foglalkozott. A hegyekben megkövesedett tengeri kagylókat, tengeri állat- és növény maradványokat talált. Arra következtetett, hogy ezek a kövületek nem azonosak az éppen akkor élőkkel, de rokonaik lehetnek, ezáltal az élővilág ősibb állapotát tükrözhetik; arra is utalhatnak, hogy a hegyeket valamikor tenger boríthatta. (Ezekkel a gondolatokkal ő tekinthető az őslénytan megalapítójának.)

A klazomenai Anaxagorasz (i. e. 500-428) az élőlényeket szintén a nemességből származtatta. Az állatok szerinte a Földre hullott magvakból eredtek; ugyanígy a növények is, amelyeknek összes magvait a levegő tartalmazza. A magvakat az eső veri le a földre, és így jönnek létre a növények.

Empedoklész a fejlődést a szükségszerű és a véletlen egymásra hatásából magyarázta; úgy vélte, hogy ennek nyomán a létrejövő létezők pedig egyre tökéletesebbek lesznek. Szerinte az élők a földből keletkeztek. A létezők kezdeti zavaros állapotából először a növények, aztán az alacsonyabb, majd a magasabb rendű állatok keletkeztek, és végül az ember jött létre. Szerinte eme ellentétes hatások “szerelték össze” a szétszórtan keletkezett tagokat és szerveket szervezetekké, élőlényekké; az eredetileg egymáshoz nem tartozó részekből illeszkedtek össze az élő egyedek. A részek véletlenszerű egyesüléséből képződött életképtelen és gyenge egyedek kihullásával magyarázta a végleges formák kialakulását. A lények második nemzedéke - mivel az egyes részeik már összenőttek - különös alakú testtel jött a világra, a harmadik nemzedék már többé-kevésbé ép testű volt, a negyedik pedig már az előbbi részeiből szakadt ki. (Ez a “legalkalmasabb életben maradásának” elképzelése; hipotézisét Darwinig nem vették komolyan az evolúció magyarázatában.) Xenophanész nézeteit továbbfejlesztve úgy vélte, hogy egyes állatfajok is a különböző elemek keveredése következtében lettek víziekké, illetve szárazföldiekké, míg a “nehezebbek” meg a földön élnek - attól függően, hogy melyik elem van bennük túlsúlyban.

<<<(((Itt látszik, „érhető tetten” a deduktív gondolatok burjánzása, majd szelektálódása az induktív tapasztalatokhoz illesztve ezer éveken át tartó folyamatban……… !!??... -FÁ)))>>>

Az atomista Démokritosz az élőlényeket a nedvesség felmelegedéséből származtatta. Az első élőket lágy hártya vehette körül. Később a melegedés miatt e könnyű burkok felrepedtek, és különféle lények bújtak ki belőlük. Amelyek a legtöbb hőben részesültek, azok váltak szárnyasokká, a földszerű összetételűek pedig a csúszómászók és más szárazföldi lények, a leginkább nedves természetűek vízi állatokká fejlődtek. Amint a Föld kérge a Nap melegétől egyre kevésbé lett nedves, az ősnemzésszerű szaporodás helyett az egyedek attól kezdve párosodással hozták létre az utódaikat. Először az emberek is ilyen állatias, zavaros életmódot folytattak, a hangjuk csak később tagolódott szavakká, és később állapodtak meg közös jelekben. Az embert a kezdeti állati állapotból a szükség és a tapasztalat emelte ki; ebben segítségükre volt a kezük, a beszédük és az “éleselméjűségük:”.

A filozófus Platón fordított fejlődésmenetet gondolt ki. Szerinte az állatok az emberből fokozatos visszafejlődéssel jöttek létre. <<<(((némely emberek és a majmok összevetésénél ez eléggé nyilvánvalónak látszik …. Úgyhogy nem mindegy mire szokunk rá. -FÁ)))>>>

Arisztotelész az élet létrejöttéről úgy gondolkodott, ahogy elődei is: az élőlények ősnemződéssel keletkeznek szerves anyagokból (talajból, iszapból); ezekből magasabb szervezettségű lények támadnak, míg az alacsonyabb fokú szervezettségűek a magasabb rendűek rothadó, bomló testdarabjaiból keletkeznek. Az élőlénnyé szerveződés a forma aktiváló ereje által történik. (Ez az ősi eredetű nézet nem számol többé teremtéssel, ám abban a vélekedésében, hogy élőlények ma is így jönnek létre, már téved.) Felismerte továbbá, hogy a fajok nem stabilisak és változhatatlanok; megpróbálta osztályozni is őket, de evolúciós elképzelést nem dolgozott ki. Nem fogadta el a természet általi kiválogatásra utaló jelzéseket, inkább céloki-célszerűségi magyarázatokat próbált alkotni (vagyis úgy vélte, hogy “a természet semmit sem tesz hiába”, minden az alkalmazkodáson múlik).

Érdekes, hogy az Arisztotelész-tanítvány Theophrasztosz a “Zóika” címmel alkotott töredékes műve szerint kétkedve fogadta az ősnemzés tanát.

Ugyancsak földi csírákból és nem spontán keletkezéssel magyarázta az élők létrejöttét Lucretius Carus. Tankölteményében az élőlények keletkezését úgy magyarázta, hogy minden a földből jött a világra (ezért “méltán tett anya névre szert Földünk”). Először fát és füveket termett, aztán állatokat is szült. Elvetette azt a nézetet, hogy az élők az égből hullottak volna vagy a sós pocsolyákból, iszapból bújtak elő.

Az erkölcs-, sőt, vallásfilozófiába átmenő bölcselet a megkövesedett valamikori lényeket is az eddigiektől eltérően értelmezte. Tertullianus (155-222) egyházatya pl. az ősmaradványokat már a vízözön tanúbizonyságainak tekintette

### 9. Egyedek fölötti szerveződések, környezeti kölcsönhatások

Jóllehet az antik korban élt görögök az élőlény-egyedeket tekintették a biológiai organizáció legmagasabb fokának (egyedül az embert gondolta Arisztotelész “zoón politikón”-nak, társas lénynek), azért észrevették, hogy 1. az egyedek működései mennyire függnek a környezetüktől, illetve 2. hogy az egyedek nem önmagukban élnek, hanem egymással valamiféle kölcsönös kapcsolatokban. Mégis az ezirányú ismereteik és felismeréseik még inkább csak a biogeográfia szintjén vannak.

A halikarnasszoszi Hérodotosz (i. e. 485-425) athéni történetíró az utazásai során tett geográfiai és néprajzi, zoológiái és botanikai megfigyelései jelentős biológiai ismeretanyagot gyűjtöttek össze. Leírta pl. különféle állatok viselkedését és szokásait is. Éles szemmel látta meg az összefüggéseket az ember és az élő természet között és a természet egészében is. A növényeket, az állatokat és az embert egy kölcsönös kapcsolatokkal átszőtt nagy egység részeiként írta le. Figyelt a környezeti tényezők hatásaira. Észrevette pl., hogy a hideg klíma a szarvképződést gátolja, a meleg meg serkenti. Különösen nagy érdeklődést mutatott az együttélés (a szimbiózis) jelenségei iránt. (Pl. a Nílus vidékének leírásakor tárgyalta a krokodilus és a trokhilosz madár kapcsolatát.) Mindig érdeklődéssel tárgyalta az egyes fajok szaporodásat. Leírta Egyiptom, Aithiópia, India és Arábia állatait, növényeit és embereit. Indiából említette az “aranyásó hangyák”-at (lehettek rágcsáló mormoták vagy bengáliai tobzoskák). Szerinte a Természet bölcsen úgy intézkedett, hogy a félénk állatok igen szaporák, míg a veszedelmeseknek kevés utóduk van (ezzel megsejtett valamit a ragadozó és a zsákmánya szaporodási viszonyaiból).

Theophrasztosz értékelte a Nagy Sándor hadjárataiban szerzett botanikai ismereteket is; az indiai növényzetről szóló részek már a növényföldrajz csírái. Itt először bukkan fel az “óikészisz” fogalma, ami az élőlénynek a fizikai környezetével való kölcsönhatását fejezte ki. (Ebben már a modem ökofiziológia megsejtése tűnik fel.)

Felismerték a környezet által előidézett hatásokat az orvosok is. A “Hippokratészi Gyűjtemény” “Peri tón aérón, hüdatón, topón” (“A levegőről, a vizekről és a helyekről”) c. irata i. e. 370 után keletkezett. A második részében a betegségek okairól szól. Kifejti, hogy az ember testi, lelki adottságaira és a betegségeire hatással vannak az évszakok, a szelek irányai, a vizek és a föld hatása. Összehasonlította Európa és Ázsia akkor ismert népeit; a hasonlóságokat és a különbségeket a különböző környezeti tényezők hatásainak eredményeképpen mutatta be. Ahol az évszakok nem váltakoznak állandóan, ott sem a test, sem a lélek nem képes tűrésre, viszont tétlenségre, tunyaságra hajlamos. Az erős éghajlati ingadozásokat mutató tájakon az emberek nagysága és testi-lelki alkata is nagyon változatos; az oikumené északi szélein élő emberek és állatok, meg a növények a hideg miatt kisebbek, mint a délen élők, és északon kevesebb állatféleség is található.

Sztrabón görög földrajztudós és történetíró földrajzi leírásai is tartalmaznak növényföldrajzi és állattam adatokat, főleg a Római Birodalomból. Megemlékezett a szkíta vidék kulánjáról, <<<(((? Nem faunájáról ? -FÁ)))>>> a Fekete-tenger halairól, halászatáról; részletesen beszámolt Egyiptom élővilágáról, Afrika, Arábia és India állatairól. (Forrása Diodóroszéval közösnek tűnik - talán Megaszthenész vagy az asztüpalaiai Onészikritosz.) A fiatalabb kortárs szicíliai Diodórosz (25 körül) történetíró a “Bibliothéké hisztoriké” c. nagy művében szintén megemlékezett a leírt terület flórájáról és faunájáról is, talán Sztrabónéval közös forrás alapján. Vizsgálta a külső környezeti tényezők (a meleg és a napfény) hatásait a trópusi területek élővilágára; rámutatott egyes területek faunájának nagy változatosságára. Ő is írt Afrika, Arábia és India állatairól.

Pauszaniász (180 körül) földrajzi író “Periégészisz tész Helladosz” címmel ismertette a görög földet és élővilágát is. Mondanivalója Poszeidóniosz nézeteit tükrözte. Érdekelték őt az állatvilág megismerésének elméleti kérdései is. Különösen a fajok elterjedése izgatta.

## E. A görögök fizikai és kémiai ismeretei *(Ropolyi László)*

Az antik görög kultúra fizikai és kémiai ismereteit a korabeli görög tudomány általános jellegzetességeit is figyelembe véve mint ezeknek a jellegzetes tulajdonságoknak sajátos, jellemző, ám mégis egyedi változatát szeretnénk bemutatni. Ennek az eljárásnak az a célja, hogy a fizikai (és bizonyos mértékben a kémiai) ismereteket a görög tudomány tipikus megnyilvánulási formáinak tekintve, az olvasó lehetőleg egyszerre kapjon képet a görög tudományosság általános vonásairól és a korabeli fizikai és kémiai elgondolások és eredmények konkrét tartalmáról. Ennek az eljárásnak ugyanakkor az is velejárója, hogy általában csak a legjellemzőbbnek tekintett nézeteket, a legnagyobb hatású eredményeket vehetjük számításba, és kénytelenek vagyunk eltekinteni sok érdemdús gondolkodó teljesítményének vizsgálatától.

### 1. Fizikai és kémiai ismeretek a preszókratikus korszakban

Az i. e. 600-400 közötti időszak preszókratikus filozófusainak gondolatvilágában természetesen semmilyen formában nem szerepelt a fizika és kémia tudománya. Hiszen ebben az időszakban a tudományos ismeretek filozófiai (főként természetfilozófiai) és esetleg természetrajzi formában jelentek meg. A későbbi korszakok által fizikainak vagy kémiainak tekintett ismeretek és problémák tehát ezekben a gondolatrendszerekben találhatók meg. Jellegzetes változataiknak tekinthetők az ión természetfilozófia Thalész, Anaximenész és Anaximandrosz által képviselt világfelfogása, valamint az eleai Pannenidész és Zénón nézetei és Démokritosz filozófiája.

Könyvünknek az ókori csillagászati, matematikai és biológiai ismeretekről szóló fejezeteiben megtalálható az ión gondolkodók legtöbb fontos gondolata, így az alapelvekről szóló tanításuk és a mozgások, változások értelmezései is, ezért ezúttal eltekintünk ismertetésüktől, s csak a korszak többi - fontos következményekkel járó - jellegzetes tudományos teljesítményeinek rövid felidézésével próbálkozunk. Ilyeneknek tekinthetjük Zénón apóriáit és Démokritosz atomista világképét.

#### A. Zénón apóriái

Eleai Zénón (kb. i. e. 490-430) apóriákat (nehéz kérdéseket) fogalmazott meg azzal a céllal, hogy tanulmányozásuk mindenki számára nyilvánvalóvá tegye mestere, Parmenidész tanításának helyességét: csakis az egy, örök, változatlan és határtalan létezik, a mozgás és a sok (azaz valami, ami nem “egy”) fogalma ellentmondást tartalmaz, és így akkor járunk el helyesen, ha nemlétezőknek tartjuk őket. Apóriáinak két csoportja e két fontos probléma köré csoportosul,

* egy részük a “mozgás” lehetetlenségét bizonyítja, <<<(((más szóval fogalmi kezelésének nehézségét bizonygatja, aminek alapja a következetes gondolkodásra törekvés, amit fontosabbnak tartottak a tapasztalattól különböző következményeknél -FÁ)))>>> míg másik csoportjuk a “sok” létezését cáfolja. A sok apóriái elsősorban a modern matematika megalapozásában játszottak szerepet, a fizikában inkább a mozgás apóriáira reflektáltak,
* amelyek a 1. dichotómia, 2. Akhilleusz és a teknősbéka, 3. a repülő nyílvessző és 4. a stadion apóriáiként ismertek.69
* 69 A további részletekre kíváncsi olvasó pl. a következő művekből tájékozódhat: Görög gondolkodók 1; G. S. Kirk, J. E. Raven, M. Scholield: A preszókratikus filozófusok, H. D. Lee: Zeno ofElea (Hakkert, Amsterdam, 1967); W. S. Salmon (ed.): Zeno's Paradoxes (Bobbs-Merril, Indianapolis, 1970); A. Grünbaum: Modern Science and Zeno's Paradoxes (Allén and Unwin, London, 1970); Kampis Gy.: Eleaták egymás ellen, Magyar Filozófiai Szemle, 34, 473-484, 1990; M. Arzenijevic: Prostor, Vreme, Zénón (BibliotekaTeka, Beograd-Zagreb, 1986. szerb- horvát nyelven, hosszú angol összefoglalással); Imre Tóth: “AHILE” Paradoxele eleate in fenomenologia spiritului (Editura Stiintifica, Bucuresti, 1969. román nyelven).

Az apóriáknak hasonló szerkezete van. Mindig egy konkrét helyzet (pl.: A és B két egymástól meghatározott, véges távolságra lévő helyek. Az a kérdés, hogy el lehet-e A-ból B-be jutni?) elemzésével van dolgunk. A helyzet elemzése során feltételezzük, hogy van mozgás (tehát, hogy el lehet A-ból B-be jutni), ill. más apóriák esetében, hogy létezik a “sok”. Ebből a hipotézisből kiindulva Zénón kizárólag logikus gondolati lépésekkel haladva egymásnak ellentmondó következményekre bukkan. Ekkor, mivel az elemzés minden lépése összhangban volt a logika szabályaival, <<<(((tehát már voltak a logikának ismert szabályai -FÁ)))>>> vagyis azokból nem származhat az ellentmondás, arra a végső következtetésre jutunk, hogy kiinduló hipotézisünk (tehát hogy van “mozgás”, ill. “sok”) tartalmazta az ellentmondást, ami az elemzés során egyszerűen világossá vált. Ez a zénóni érvelés gondolatmenete.

Maga Zénón ezután még tovább is lép, és egyrészt a fenti feltevésekben kimutatott ellentmondások fellépéséből, másrészt Parmenidésznek a létezők szükségszerű ellentmondás-mentességét megkövetelő ontológiai elvéből <<<(((tehát a létezők logikai sajátságait a gondolatokban feltétlen és egyértelműen megnyilvánulónak tekintették, a gondolat és a valóság logikája között kölcsönös megfelelést feltételeztek. Azaz Marxék tükrözés elmélete mintegy az utóbbi két és fél ezer éves gondolkodástörténettől tekintett el, legalábbis ama vulgáris változatban, amely mindennapjainkat beterítette a közelmúltban mind a közvélemény előtt mind a tudományos gondolkodás előírásaiban. -FÁ)))>>> arra a következtetésre jut, hogy mozgás és sok nem létezhet. Ez a hétköznapi szemlélet számára meglepő állítás, emiatt Zénón apóriáit gyakran Zénón-paradoxonokként emlegetik.

Itt szeretnénk rámutatni az apóriák értelmezésével kapcsolatos fontosabb problémákra. Mindenekelőtt vegyük észre, hogy Zénónnak a mozgás és a sok létezésével szükségszerűen együttjáró ellentmondásokat kimutató gondolatmenete és a mozgás és sok létezését elutasító álláspontja az érvelés két külön lépése. Vagyis: pusztán abból, hogy érvényesnek tekintjük az ellentmondásosságot bizonyító gondolatmenetet, még nem következik a mozgás és sok létezésének lehetetlensége. Ha elfogadjuk a gondolatmenet érvényességét, és egyúttal - Zénónhoz hasonlóan - elfogadjuk Parmenidész ontológiai premisszáját is, akkor tagadnunk kell a mozgás és a sok létezését. Azonban ha elfogadjuk a gondolatmenet érvényességét, de - Zénóntól eltérően - elutasítjuk Parmenidész ontológiáját, akkor fenntarthatjuk a mozgás és a sok létezését elismerő véleményünket is. Ám ekkor világosan látnunk kell, hogy a létező “mozgás” és “sok” csakis egymásnak kölcsönösen ellentmondó állítások segítségével értelmezhető. <<<(((amennyiben Zénón paradigmáit elfogadjuk a valóság és gondolataink egymásnak való megfeleleléséről. -FÁ)))>>> A parmenidészi logika ezt nem teszi lehetővé, de a dialektika gondolkodásmódja igen. A parmenidészi ontológia az ellentmondások valóságban való létezését, s így a mozgás és a sok valóságosságát elveti, a dialektika ontológiai felfogását azonban éppen úgy jellemezhetjük, hogy az a létező ellentmondásként, ill. az ellentmondások együttlétezéseként tekint a mozgásra (és a “sok”-ra). <<<(((ez mintha marxista dialektika lenne, mert egyébként a kimondatlan paradigmák és az alapul vett ismeretelméleti axiómák a látszólagos ellentmondásokat feloldják. A paradoxonokban gondolkodó dialektika feltétlen legalábbis Arisztotelesz előtti időket idézi. Nem? -FÁ)))>>>

Parmenidész és Zénón számára a gondolkodás ellentmondás-mentességének követelménye lényegesebbnek és fontosabbnak tűnt, mint a mozgás és sokféleség érzéki tapasztalata, ezért az érzékelhető változásokat és a valóság változatosságát pusztán látszatként voltak képesek elfogadni, s az érzékelés számára rejtett, csakis a gondolkodás számára hozzáférhető lényeg kizárólagos valóságossága mellett döntöttek.

Természetes tehát, hogy álláspontjukat nem lehet kétségbevonni a mozgás érzéki tapasztalatára való egyszerű hivatkozással. Cáfolatukat, ha egyáltalán lehetséges, a mozgás és a sok fogalmainak csak másfajta értelmezésétől, másféle fogalmi leírásától várhatjuk. Az antik dialektika éppen ezzel próbálkozott. A dialektikus gondolkodásmód olyan képviselői, mint Héiakleitosz és Arisztotelész a mozgás és sokféleség valóságos létezését alapvető, cáfolhatatlan tapasztalatnak tekintették, és ezt elfogadva próbáltak egy olyan gondolkodásmódot és logikát kidolgozni, amelyben a szükségszerűen együttlétező ellentmondások értelmes módon kezelhetőek, s ezáltal eljuthatunk az érzéki világban megfigyelhető mozgás és sokféleség elméleti leírásához és újfajta megértéséhez. Ismételten hangsúlyozni szeretnénk azonban, hogy a zénóni apóriák kritikái gyakran elfogadják Zénón gondolatmentének érvényességét, és csakis a parmenidészi ontológiai princípiumból származtatható végső állásponttal szállnak vitába. <<<(((tehát elfogadják a kifogástalan logikát és vitatkoznak Parmenidész ontológiai premisszáival, amely egyrészt kimondva a valóság ellentmondás mentességét hangsúlyozta, másrészt a gondolati és tapasztalható valóság azonosságát kimondatlan paradigmaként vette alapul -FÁ)))>>>

A fentebb mondottakat szeretnénk illusztrálni az egyik mozgásapória, a dichotómia rövid összefoglalásával. A dichotómia apóriája azt a problémát vizsgálja, hogy el lehet-e A-ból B-be jutni? Zénón szerint a nehézség itt abban áll, hogy amennyiben feltételezzük, hogy van mozgás, akkor arra mindenképpen igaz, hogy az

“... ami helyváltoztató mozgást végez annak előbb el kell jutnia a feleútig, mielőtt a célhoz ér ...”.70

70Kirk, Raven és Schofield idézett könyvének 394. oldala.

Nyilvánvalónak tűnik, hogy egy ilyen tömör megállapítás megértése komoly erőfeszítést kíván. Éppen ezért az irodalomban számos interpretációval találkozhatunk: negatív és pozitív dialektika, atomizmus, radikális empiricizmus, finitizmus, infinitizmus, indefinitizmus stb. (Ezek között az egyik legérdekesebb a Tóth Imre által kifejlesztett topológiai interpretáció, amelynek az a jellegzetessége, hogy magyarázatában nem vesz igénybe metrikus fogalmat.71)

71Lásd pl. a fentebb említett hivatkozást, valamint a következő interjút is: Tóth I., Staar Gy.: Matematika és szabadság, 81-116, in: Staar Gy. (szerk.): A megélt matematika (Gondolat, Budapest, 1990).

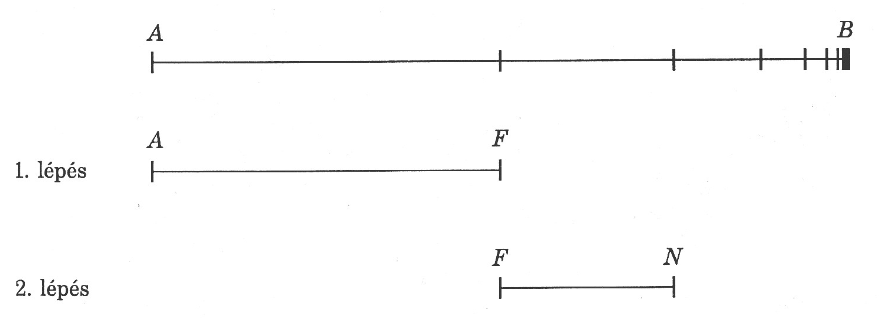
Vegyük figyelembe, hogy már a dichotómia kifejtése (a fentebb idézett gondolat logikai következményeinek leírása) is eltérő a különböző értelmezésekben. A legtöbb értelmezésben persze felhasználják az apória gondolatmenetének rekurzív jellegét, vagyis azt a tulajdonságát, hogy egymásra következő, egymásnak teljesen megfeleltethető, végtelen számú lépésben fejthető ki, és, hogy amit első lépésben az egész AB útról megállapítunk (nevezetesen, hogy a mozgó mielőtt a végéhez érne előbb el kell jusson a feléig) a következő lépések során is érvényesnek tartjuk, most már értelemszerűen az AB út felé re, negyedére, nyolcadára, s így tovább a végtelenségig.

A dichotómia szokásos értelmezései megmutatják, hogy ezzel a gondolatmenettel egymásnak ellentmondó megállapításokra következtethetünk. Kiinduló feltevésünk szerint ugyanis az AB út véges hosszúságú. Azonban ha létezik mozgás, akkor a rekurzív gondolatmenet az AB út hosszát szükségképpen végtelennek mutatja. Vagyis azt kellene elfogadnunk, hogy az AB út hossza egyszerre véges és végtelen is, ami ellentmondó, következésképpen elfogadhatatlan eredmény. <<<(((Ezt nem értem, mert egyszerű alulról közelítéses eljárás. Mi ebben a nehezen érthető? -FÁ)))>>> Mivel gondolatmenetünk egyik lépése sem volt hibás, az ellentmondás csakis a mozgás létezésére vonatkozó feltevésünkből eredhet.

De vajon tényleg hibátlan az érvelés gondolatmenete? A mozgás értelmezéséhez végtelen számú egymást követő lépésben kell alkalmaznunk a fenti elvet. Például ilyen formában: helyezkedjen el a mozgó kezdetben A-ban, s legyen az AB út hossza 1 egységnyi. Ekkor első lépésben azt állapíthatjuk meg, hogy a mozgó mielőtt B-be érne, előbb el kell, hogy jusson az AB feléig, mondjuk F-be. Az első lépésben megtett út az AF távolság, tehát 1/2 egység.

A második lépésben ugyanez ismétlődik: a mozgó F-ben van, és az előtte álló út (az FB távolság) hossza 1/2 egység. Ismét fennáll, hogy mielőtt az F-ből B-be érne, előbb el kell hogy jusson a még előtte lévő út feléig, mondjuk N-be. A második lépésben megtett út az FN távolság, tehát 1/4 egység.

A későbbiekben ugyanezek a lépések zajlanak, s mindez a végtelenségig tart, hiszen semmi okunk feltételezni, hogy az eddig alkalmazott elvek érvényessége bármikor megszűnne. Szemléletesen:

Ha most összeadjuk a mozgó által - tényleges mozgása során - megtett utakat, akkor az egyes lépésekben megtett szakaszokból álló 1/2 + 1/4 + 1/8 + ... végtelen sor összege fogja kiadni az AB távolságot, ahogyan az a mozgó számára megmutatkozik. Mekkora lesz ez a távolság? A zénóni gondolatmenet szerint végtelen. Ugyanis Zénón szerint nyilvánvaló, hogy ha (feltevésünk szerint) az egész AB véges, akkor annak fele, negyede és bármilyen hányada is véges, és amennyiben végtelen sok végest összegzünk, az eredmény csak végtelen lehet. <<<(((na ebben tévedett -FÁ)))>>> Ilyenformán tehát az AB távolság egyszerre volna véges és végtelen is.

A zénóni gondolatmenettel kapcsolatos kifogások (a paradoxon ún. “megoldásai’ )72 általában a gondolatmenet utolsó lépését érintik, mondván, hogy Zénón tévedett, amikor azt gondolta volt, hogy végtelen sok véges összege csak végtelen lehet. A matematikai analízis határérték fogalmának igénybevételével bizonyíthatjuk ugyanis, hogy a fenti számsor összege éppen 1, vagyis véges, és pontosan annyi, mint amekkora utat a mozgónak meg kell tennie. E szerint az álláspont szerint tehát a mozgás feltételezése nem vezet a Zénón által megmutatott ellentmondáshoz, a mozgás a differenciálszámítás segítségével ellentmondásmentesen megérthető és leírható. Ebben kétségtelenül van igazság, azonban szeretnénk hozzátenni, hogy a differenciálszámításra való hivatkozás jogos ugyan, ám inkább abban az értelemben, hogy a használatával kezelni tudjuk a Zénón által hangsúlyozott problémát. Vegyük észre ugyanis, hogy a határérték fogalma és a differenciálszámítás egész apparátusa megköveteli infinitezimális mennyiségek használatát. Az infinitezimális mennyiségek azonban éppen azzal a sajátos tulajdonsággal rendelkeznek, hogy egyszerre végesek is és végtelenek is (végtelenül kicsik). Így tehát azt is mondhatnánk, hogy a modem kor matematikusai nem szüntették meg a Zénón által megtalált ellentmondást, hanem “megszelídítették”, vagyis a klasszikus mennyiségekre vonatkozó számolási szabályok felfüggesztésével és új, sajátos eljárások deklarálásával kezelhetővé tették. A matematikai analízis elmélete ellentmondásmentesen kifejthető ugyan, de ehhez arra van szükség, hogy a bizonyos szakaszok véges és végtelen hosszúságára vonatkozó ellentmondást egy megfelelő fogalomba összefoglalva hasznosítsák. Zénón gondolatmenetét tehát ebben a formában befogadta a modem tudomány, annak ellenére is, hogy a mozgások lehetetlenségére vonatkozó parmenidészi ihletésű következtetései a modern tudomány képviselői is rendszerint visszautasítják. <<<(((ha lehet elemezni mai fogalmakkal a véges határértékű sorozatot, akkor miért nem lehet értelmezni a valóság és a fogalmi modell logikája közti különbséget? A modern gondolatmenettel szembeni valódi különbség a sebesség fogalmában ragadható meg. Ez a q<1, illetve q=0,5 hányadosú végtelen sorozat akkor lehet megfelelő modell, ha a sebesség nem állandó. Ha a sebesség állandó, akkor ez a sorozat nem megfelelő modellje a valós folyamatnak. -FÁ)))>>>

72 Jelentős részüket megtalálhatjuk J. L. Borges argetín író két tanulmányában is, amelyek az “Akhilleusz és a teknősbéka örökös versenyfutása” és “A teknősbéka átváltozásai” címmel jelentek meg többek között Az idő újabb cáfolata c. kötetében (Gondolat, Budapest, 1987).

Tóth Imre már említett munkáiban azt hangsúlyozza, hogy a zénóni gondolatmenetekben nem található se a mozgás létezése mellett, se ellene szóló logikai kényszerűség. A mozgás létezésének elfogadása vagy elutasítása a zénóni gondolatmenettől független döntésen alapul. Nézete szerint azon a döntésen, amellyel elfogadjuk vagy elutasítjuk az aktuális végtelen létezését. Lehetséges úgy is döntenünk, hogy az egymást követő rekurziós lépések során eljutunk a végig (B-ig), vagyis ezzel elfogadjuk az aktuális végtelen létezését, ekkor van mozgás, s el lehet A-ból B-be jutni, de dönthetünk úgy is, hogy a rekurziós lépések csak tetszőlegesen megközelítik a véget (B-t), de el soha nem érik, vagyis nincs aktuális végtelen (csak potenciális van), a mozgás így lehetetlen, nem juthatunk el A- ból B-be. Zénón a második megoldást választotta, de nem jutunk logikai ellentmondáshoz az elsőt választva sem. Az aktuális és potenciális végtelen fogalmainak elemzése, a különféle végtelenfogalmak következetes használata a halmazelmélet alapjainak Cantor, Russell és mások által kezdeményezett kutatását serkentette.

Az antik gondolatmenet és a mai tudomány lehetséges kapcsolódási pontjainak megmutatása szempontjából tanulságos lehet, ha röviden áttekintjük a dichotómia másfajta - a Tóth Imre által javasolt - topológiai interpretációját is. Figyeljük meg: Zénón nem állította, hogy az, ami mozgásban van, minden A és B közötti helyen előfordul. Azért se állíthatta ezt, mert ha ezt mondaná, akkor már eleve feltenné a mozgás létezését, holott éppen ezt akarja megvizsgálni. De ha nem minden helyen, akkor vajon mely helyeken kell lennie a mozgásban levőnek? Mindenekelőtt az AB szakasz felénél (F-ben). Világos, hogy csak az a lényeges, hogy F “A és B között” van, az, hogy éppen a szakasz felezőpontja-e, a gondolatmenetben nem játszik lényeges szerepet, és minden lépés érvényes marad akkor is, ha F nem felezőpont. (Éppen ezért, ha az érvelés lényegére koncentrálunk, talán valóban érdemes lemondanunk a metrikus relációk figyelembevételéről.) De az apória tartalmaz még egy fontos fogalmat, a célt, a teloszt, ami felé a mozgásban lévő irányul. Ez az irányultság különbözővé teszi az AB szakasz AF és FB tartományait. Ugyanis a lépések ismétlései során kitűnik, hogy az egyik tartományban, mondjuk az AF-ben a rekurzió továbbhaladása során, már nem fog előfordulni a mozgó, a másikban viszont igen.

A rekurziós folyamatot ezúttal a következőképpen képzelhetjük el: az AB szakasz ama AF tartományát, amelybe a mozgó a rekurzió előző lépése során esett, hagyjuk el, s a következő lépésben a maradékra alkalmazzuk ismét a gondolatmenetet. Vegyük észre, hogy egyik lépésben sincsen kitüntetve sem az A, sem a B felé mutató irány, hanem csak az irányultság ténye fontos. Bármelyik lépésben bármelyik irányt választhatjuk. Ez a szabadság lehetővé teszi a dichotómia előre- és visszafelé haladó kifejtését ugyanúgy, mint bármilyen kombinációjukat. A rekurziós lépések ezúttal is vég nélkül folytatandók. Ezzel a rekurziós technikával az AB szakasznak végtelen sok tartományát fogjuk elhagyni, s ami végül marad, az egy mindenütt hézagos halmaz, ami ilyen formán megjeleníti a mozgó által Zénón szerint szükségképpen elfoglalt helyeket. Különösen érdekes eredményre vezet, ha egy AB szakasz esetén az összes lehetséges dichotómiát figyelembe véve keressük meg a mozgó összes lehetséges helyeit. Belátható, hogy a fenti konstrukció AB-t éppen egy Cantor-halmazzá teszi. (Ilyen halmazokat Cantor vizsgált a XIX. században.) A Cantor-halmazok mint a fraktálok fontos változatai szerepet játszanak napjaink tudományában is, pl. a kaotikus mozgások leírása során. Mindezek alapján megállapíthatjuk, hogy a “dichotómia” apória topológiai interpretációja révén zénóni gondolatmenetekre bukkanhatunk sok mai fizikai problémában is. Persze ezúttal is különbséget kell tennünk a zénóni gondolatmenet és Zénónnak a mozgás valóságosságát elutasító következtetése között. <<<(((szóval itt elvesztettem a gondolatmenetet -FÁ)))>>>

A többi mozgás-apóriát itt nem tudjuk tárgyaim. Azt mindenesetre megjegyeznénk, hogy az “Akhilleusz és a teknősbéka” apóriája a “dichotómiával” nyilvánvalóan közeli rokonságban van, de ezektől némileg eltérő szerkezete és problémavilága van a “repülő nyílvessző” és a “stadion” apóriáknak. Az utóbbiak tanulmányozására hajló olvasók figyelmébe ajánljuk a korábban említett hivatkozások mellett Hegel filozófiatörténetének rendkívül érdekes elemzéseit is.73

73G. W. F. Hegel: Előadások a filozófia történetéről. Első kötet (Akadémiai, Budapest, 1977) 221 -239. o.

#### B. Démokritosz atomizmusa

A démokritoszi filozófiát a korai görög filozófiai problémák egyik sajátos összefoglalásának is tekinthetjük. Démokritosz (i. e. 460-371) gondolatvilágában megtalálhatjuk az ión filozófusok, Hérakleitosz, az eleai gondolkodók, Anaxagorasz és Empedoklész számos gondolatát. Ezúttal nem célunk az egész démokritoszi filozófia bemutatása, kizárólag atomizmusának vázlatos összefoglalásával próbálkozunk, de ebben a dimenzióban is kitűnik a “nevető bölcs” szintetizáló hajlama és képessége.

Az eleai Parmenidészhez hasonlóan Démokritosz gondolkodásában is központi helyet foglal el a nemlétező természetének megértése. Parmenidész határozottan kijelenti, hogy csak a nemlétező nemlétezését állíthatjuk, ugyanis csak ekkor nem jutunk logikai ellentmondáshoz. (A nemlétező létezését kijelentve éppen egy ellentmondást állítanánk.) A parmenidészi ellentmondástalanságra való törekvés néhány következményét korábban, Zénón apóriáinak tárgyalásánál már bemutattuk. Parmenidész nézeteivel szögesen ellentétes álláspontot képviselt Hérakleitosz, aki tapasztalva a lét ellentmondásosságát, határozottan kijelenti, hogy “vagyunk is, meg nem is vagyunk”, s hogy minden lét és létező ellentéteket foglal magába, hiszen

“az ellentétesre csiszolt illik össze, és az ellenkezőkből a legszebb illeszkedés”.74

74Görög gondolkodók 1, 32. o.

Démokritosz álláspontja Hérakleitoszéhoz van közelebb, de a probléma általa választott megoldása mégis inkább Parmenidész örök és változatlan létezőjének adottságait hordozza. Démokritosz álláspontja szerint ugyanis a létezők és a nemlétező egyaránt léteznek, sőt lényegüket, alapelvüket (arkhéjukat) is azonosíthatjuk.

**A létezők lényegüket tekintve atomok, a nemlétező lényege pedig az űr.**

Egyik ókori forrásmunkában azt olvashatjuk, hogy Démokritosz szerint:

“ a valami sem létezik inkább, mint a semmi - valaminek a testet, semminek pedig az űrt nevezi, mintha ennek is volna bizonyos természetes lényege és sajátos realitása.”75

75 Görög gondolkodók 2, 62. o.

Vagy ahogyan egy másik helyen idézik:

“... mindaz ... ami érzékeink előtt feltűnik... semmi sem mutatkozik a valóságnak megfelelően, hanem csak látszat szerint, a valóságban pedig a létezőkben alapul, az atomok és az űr vannak meg... csak emberi megállapodás szerint van édes és keserű, meleg és hideg, és szín, a valóságban azonban csak atomok és űr van... valójában semmi szilárdat és határozottat nem veszünk észre, hanem olyasmit, ami változik testünk és a hozzáérkező és ráható atomok állapota szerint” 76

76Görög gondolkodók 2, 60. o.

A tapasztalati világban közvetlenül megfigyelhető testek, ill. észlelhető tulajdonságaik nem a világ lényegi létezői, hanem pusztán a dolgokat valójában alkotó atomok és üresség megnyilvánulásai. A testek és tulajdonságaik nem örökök és változatlanok, keletkezésüket és pusztulásukat, változásaikat az atomok és az űr sajátos együttlétezése, az atomok űrben való ún. zuhanása idézi elő. Az űrben zuhanó atomok összekapcsolódása és szétválása, ill. rendjükben és egymáshoz viszonyított helyzetükben a zuhanás közben bekövetkező változások vezetnek a testek és tulajdonságaik érzékelhető változásaihoz.

De mit mondhatunk az atomok és az űr saját természetéről? Azt láttuk, hogy a világ ellentétes lényegi létezői. Ellentétességük néhány további tulajdonságukban is megnyilvánul:

* az atomok a létezők olyan legelemibb egységei, amelyek tovább már oszthatatlan egységet alkotnak,
* az űr ellenben tetszés szerinti mértékben, végtelenül osztható.

Atomból végtelenül sok van, az űr egyetlen.

Az atomok és az űr hasonlóak azonban a következő tulajdonságaikban: közvetlenül az ember számára mindkettő érzékelhetetlen. (Amit érzékelünk az az atomoknak, ill. az ürességnek testünkkel való “kölcsönhatásai”, az ízek, a színek, a szagok, effélék.) Az atomok is és az űr is - bár ellentétes, de - homogén minőségek. Vagyis minden atom egyfajta “közegből” áll, nincs pl. külön hús- és csontatom (Démokritosz álláspontja ebben a vonatkozásban ellentétes Anaxagorasznak a különböző minőségű “magokról” (szpermákról) kialakított elképzelésével).

Az atomok “homogén közegként” való felfogása következtében a testek megfigyelhető különbségeinek, pl. az eltérő ízeknek, színeknek, alakoknak, méreteknek a magyarázatához azonban mégiscsak az atomok közötti különbségeket kellett feltételeznie Démokritosznak. így aztán Démokritosz atomjai a következő tulajdonságaikban különböznek egymástól: alakjukat tekintve külső megjelenésükben (gömbölyű, szögletes, érdes, sima stb.) és nagyságukban (valamennyi érzékelhetetlenül kicsi, de mégis különbözően nagyok), egymáshoz viszonyított helyzetükben (pl. zuhanás közben melyik van alul. ill. felül) és kölcsönös érintkezésük rendjében (pl. a nagyobbak és ezért nehezebbek utolérhetik a kisebb és könnyebb atomokat, s ekkor létrejöhet érintkezésük, de a fordított helyzetben persze nem). Figyelemreméltó, hogy az atomok eme különbségei alapvető jelentőségűek ugyan, de nem a közvetlen érzéki bizonyosság szól mellettük, hanem a világ megfigyelhető változásai és változékonysága magyarázatának elvi igénye.

Démokritosz determinista világfelfogása szerint ugyanis

„semmi nem történik véletlenül, hanem minden ok szerint, szükségszerűleg történik”77

77 Görög gondolkodók 2, 74. o.

Éppen ezért, ha racionális magyarázatot keresünk a testek konkrét természetére vagy tulajdonságaira, akkor az atomok fent említett különféle elengedhetetlen tulajdonságait mindenképpen feltételeznünk kell. Démokritosz atomista elképzelését így tulajdonképpen atomelméletnek is nevezhetjük (gyakran így is írnak róla), hiszen a későbbi korok tudományos elméletei teljesen hasonló metodológiát követnek.

Démokritosz nézetei stabilan jelen voltak a görögök gondolatvilágában, de szinte sohasem jutottak meghatározó szerephez. Arisztotelész és tanítványai például komolyan mérlegelték tanításait, de követőjének inkább csak Epikuroszt (i. e. 341-270) és jóval később Lucretiust (i. e. 96-55) tekinthetjük. Epikurosz némileg módosította Démokritosznak az atomok mozgására (“zuhanására”) vonatkozó felfogását, és változatosabb relációkat is megengedhetőnek, reálisan megvalósulónak tartott. Démokritosz csak egyenletes, egyenes vonalú függőleges zuhanást tételezett fel, Epikurosz megengedett véletlentől függő oldalirányú mozgásokat is, miáltal némileg változatosabb szerveződési folyamatok értelmezésére nyílt lehetősége. Lucretius jelentős teljesítményének inkább az epikureus tanításokat népszerűsítő nagyszabású költeményének létrehozását tekinthetjük.78

78Titus Lucretius Carus: A természetről. (De rerum natura, Kossuth Kiadó, Budapest, 1997).

Az atomista felfogás a későbbi tudományos gondolkodásban a XVII. századtól játszik ismét fontosabb szerepet, majd a kémiai folyamatok modern értelmezését lehetővé tevő XIX. századi Dalton-elméletben bukkannak fel egyes elemei.

Figyelemreméltó azonban, hogy az atomizmus mindkét centrális problémája, nevezetesen, hogy

* az anyag szerkezete diszkrét vagy folytonos jellegű, tehát, hogy az anyagi világ atomokból és ürességből (ma inkább vákuumnak mondjuk) áll-e, vagy valamiféle folytonos (pl. a szubsztancia, éter, vákuum nevekkel jelölt) közeg-e, illetve, hogy
* mi tekinthető tovább már nem osztható elemnek,

nos, ezek ma is nyitott kérdések.

A fizika korpuszkuláris (részecske), ill. mezőelméletei írják le a különféle természetűnek elgondolt anyagi világokat, de érdekes észrevenni, hogy az összes fizikai diszciplínának előállíthatók lényegében egyenértékű korpuszkuláris és mezőelméleti változatai, sőt a korpuszkulákat és mezőket egyaránt létezőnek tekintő “keverék” elméletek is.79 Vagyis a fizika lényegében nem döntött ebben a kérdésben, hanem inkább kidolgozott minden lehetséges verziót. A modem fizika olyan nevezetes dilemmái is e kérdéskörrel kapcsolatosak, mint a hullám-részecske dualizmus, ill. a fizikai kölcsönhatások természetét jellemző távolhatással, ill. közelhatással dolgozó elméletek közötti választás problémája. Manapság éppen mintha a mezőelméletek (és közelhatások) nagyobb ázsióját figyelhetnénk meg, de valójában hasonló mértékű nehézségekkel találkozunk, akár a mezők tulajdonságaiból szeretnénk a részecskék tulajdonságait megértem, akár ha fordítva járunk el. Démokritosz atomista világképe tehát egy ma is aktuális tudományos problémakör antik változatának is tekinthető.

79Lásd pl. D. K. Sen: Fields and/orParticles (Ryerson Press, Toronto and Academic Press, London, 1968).

Ugyanakkor nyilvánvaló, hogy az elemiség fogalmának megértése, és a mindenkori tudományos eszközökkel való kimutatása, ill. mindezek elméleti és gyakorlati következményei részben a fizika, részben a kémia fejlődését serkentő, folyamatosan aktuális problémakörök maradtak a mai napig.

### 2. Az antik természetfilozófia hozzájárulása a fizikához

Az i. e. IV század a görög filozófia virágkora, olyan gondolkodók tevékenysége esik erre az időszakra, mint pl. Platón, Arisztotelész, Epikurosz és a sztoikus filozófia jeles képviselői. A kialakuló nagyszabású filozófiai rendszerek részeként, azokon belül elhelyezkedve, de bizonyos mértékig már elkülönülten különféle természetfilozófiai gondolatmenetek, egyes esetekben pedig komplett világképek megjelenését regisztrálhatjuk. Ebben a korszakban a természet tudományos leírása tehát főként természetfilozófiai formát öltött. A legfejlettebb változatok azonban hamarosan túllépnek ezeken a kereteken is, és ezzel megindul a tudás diszciplinarizálódása, egyes tudományoknak a filozófiáról való leválási folyamata, az ún. szaktudományok kibontakozása. A korszak legjobb reprezentánsa kétségtelenül az arisztotelészi (alkalmanként peripatetikusnak is nevezett) fizika. A továbbiakban tehát elsősorban ennek ismertetésével foglalkozunk majd, és csak egészen röviden érintjük a többi természetfilozófia tudományokhoz való hozzájárulását.

#### A. Platón természetfilozófiájának adalékai

Az arisztotelészi fizika ismertetése előtt meg kell említenünk Platón természetfilozófiájának tudományos aspektusait. A platóni természetfilozófia legfontosabb elemei “Timaiosz” című dialógusában találhatók meg.80 Ezek kozmológiai és matematikai vonatkozásairól könyvünk más fejezeteiben szó esik, így itt csak nézeteinek fizikai és kémiai elemeivel foglalkozunk.

80Platón Összes Művei. Harmadik kötet (Európa Kiadó, Budapest, 1984) 307 409. o.

A platóni természetfilozófiában is alapvető szerepet játszik a filozófus radikálisan érvényre juttatott értékrendje: az érzéki világ objektumainak esetlegessége, állhatatlansága, tökéletlensége és saját örök, változatlan, romlatlan ideáikhoz való hasonlatosságuk. Platón is elfogadja a korában elterjedt nézetet, mely szerint a fizikai testek négy elem (tűz, víz, föld, levegő) meghatározott arányok szerinti keverékéből állnak. A sajátos platóni felfogás szerint azonban az elemeknek is (mivel azok is az érzéki-anyagi világ részei) felismerhetjük az ideáit, amelyek szerinte a sík lapokkal határolt szabályos testek, a tűz, a föld, a levegő és a víz ideája rendre a tetraéder, a kocka, az oktaéder és az ikozaéder. A tájékozott olvasónak feltűnhet, hogy csak négy elemünk van, viszont a szabályos testek száma öt, s így kérdéses, hogy <<<(((tehát az ötszög, az ötágú csillag jelképe valahol idealisztikus platóni forráshoz kötött? -FÁ)))>>> Ámbár Platón elemzésében még tovább halad, és felveti, hogy valójában a szabályos testeket határoló oldallapokat lefedő háromszögeket érdemes elemi ideáknak tekinteni. Ehhez kétféle derékszögű háromszögre van szüksége (az egyiknek “30 fokos”, a másiknak “45 fokos” az egyik szöge), tehát elemi ideákként végső soron ezek a tovább már nem osztható háromszögek jelenítik meg a fizikai objektumok végső alapelveit és meghatározottságai l.

Ha végül megszámoljuk, hogy az egyes szabályos testek lefedéséhez hány és miféle háromszögekre van szükségünk, akkor rendelkezésünkre áll minden fontos összefüggés a természeti folyamatok megértéséhez is. Az elemi ideák szétválva és újból összekapcsolódva az elemek közötti átalakulásokat is lehetővé és kiszámíthatóvá teszik. Sőt még mennyiségi törvényszerűségeket is felállíthatunk! Így pl. mivel a levegő ideájaként azonosított oktaéder 48 darab “30 fokos” háromszöggel fedhető le, továbbá mivel a tűz ideája, a tetraéder 24 darabbal, az ezek kölcsönös átalakulásaira vonatkozó törvényt egyszerűen felírhatjuk: 1 levegő = 2 tűz. Talán nem tévedünk, ha Platón eme gondolatainak hasznosítását véljük felfedezni a kémiai változások különféle leírásaiban az ókori alkimista szerzők próbálkozásaitól kezdődően egészen napjaink sztöchiometriai egyenleteiig.

Észrevehetjük azt is, hogy ha idővel a platóni természetfilozófia konkrét elgondolásainak tudományos mondanivalója el is jelentéktelenedik, továbbra is fontosak maradnak szemléletmódjának általános vonásai, így például **a szabályos testekben is megjelenő szimmetriák alkalmazhatósága a természet objektumainak és folyamatainak leírásában**. Közismert a kvantumelmélet alapproblémáin rágódó Werner Heisenbeignek Platón természetfilozófiai eszméi iránti lelkesedése, de valójában ennél is többről van szó, hiszen szimmetriaelvek alkalmazása nélkül manapság nehéz volna elképzelni bármilyen haladottabb tudományos elméletet.

#### B. Az arisztotelészi fizika fontosabb problémái

Hegel szellemes megállapítása szerint:

“... Arisztotelész fizikája az, ami a mostani fizikusok számára tulajdonképp a természet metafizikája volna; mert a mi fizikusaink csak azt mondják meg, mit láttak, milyen finom és jeles műszereket készítettek - nem pedig azt, hogy gondoltak valamit”81.

81G. W. F. Hegel: Előadások a filozófia történetéről. Második kötet (Akadémiai, Budapest, 1977)218. o.

Az arisztotelészi gondolatok rendszere persze nagyon is sajátos módszer szerint épül: hétköznapi és tudományos megfigyelések, tények, vélemények és szemléletmódok sokaságát dolgozza fel. De olyan körültekintően vizsgálódva, és olyan módon haladva tovább, hogy minden új elem, miközben hozzáadja a maga részét a korábbiakhoz, s ezzel világosabbá teszi a világ egészének rendjét, egyúttal megtalálja a maga helyét is a világrendben, s így természetesen érthetőbbé válik a hozzáadott részlet is. Ez a módszer akkor hatékony, ha a tapasztalatok, ismeretek és vélemények esetében is mindig mindezek hiánytalan összességére figyel a filozófus. A teljességhez vezető utat lépésről lépésre bejárni - a filozofálásnak egy lehetséges, hatásos, de igényes és így ritkán alkalmazott módja.

Az arisztotelészi filozófia tartalmát tekintve a szemlélődő ember világképének összefoglalása. Talán ezen a ponton is érdemes emlékeztetni rá, hogy az antik görög világban a tapasztalatszerzés szemlélődő változatát alkalmazták tudományos igényű vizsgálódásokban is, mivel nézeteik szerint a puszta megfigyelés nem avatkozik bele a folyamatok természetes menetébe, s így helyes eredményeket szolgáltathat a tulajdonképpeni háborítatlan természet értelmezéséhez. Arisztotelész emellett még tudatosan arra is törekedett, hogy az összes megfigyelés révén szerezhető tapasztalat figyelembevételével dolgozza ki filozófiai rendszerét.

A modem tudomány nyelvén szólva azt mondhatnánk, hogy Arisztotelész a világot egy nyílt dinamikai rendszerként írja le. Ez konkrétabban azt jelenti, hogy a megfigyelhető világrend nem egyszer s mindenkorra adott, örök és változatlan formában létezik, hanem e lehetőség folytonos megvalósulásaként állandóan létesül. Az arisztotelészi szemléletmód egy stacionárius világfelfogás, a világrend viszonylagos stabilitása csak az együttlétezők állandó mozgása eredményeként jön létre és marad fenn. Ennek a működésnek a rendje az egészen belül saját helyüket betöltő elemekből épülő hierarchikus rendszert eredményez. A hierarchia minden szintjén zajló, a rendszer elemeinek együttműködéseként megvalósuló folyamatokat tanulmányozva feltárulnak a működést érthetővé tevő okok, melyek között mindig vannak célokok is.

Hasonló szerkezetet mutat a konkrét létezőket értelmező arisztotelészi felfogás is. A világ végső alapelvei a konkrét létezők, ez és ez az ember, tárgy, kő, színdarab, köpeny, felhő, s más efféle dolgok. Ezek az anyagi hordozón (szubsztrátumon) működő formának és e forma hiányának (vagy a forma ellentétes oldalainak) a küzdelme során jönnek létre és ekként léteznek. Az anyagi szubsztancia csak a létezők lehetőségét hordozza, míg az ellentétes oldalainak küzdelmével jellemezhető forma szervezőerőként működik, s szervező hatása révén folytonosan megvalósul a konkrét létező, mint cél. <<<(((nehezen követem -FÁ)))>>>

Arisztotelész filozófiai rendszerét alaposabban a “Metafizika” című művéből ismerhetjük meg. Ez a munkája tartalmaz sok olyan részletet is, amelyből kitűnik, hogy természetfilozófiája is a fentiekben vázolt szemléletmódot tükrözi.82 Az arisztotelészi természetfilozófia legfontosabb forrásai azonban Arisztotelész fizikai munkái 83 Ennek az a magyarázata, hogy Arisztotelész szerint a tudományoknak három csoportja van: elméleti, gyakorlati és produktív. Az elméletiek tovább oszthatók teológiára (metafizikára), fizikára és matematikára. A fizika az önállóan létező, de nem változatlan dolgokkal foglalkozik. Más szóval úgy mondhatnánk, hogy az arisztotelészi fizika tárgya a folytonos változásban, mozgásban lévő természet. Ez a tárgy olyan, hogy ma inkább a természetfilozófiához tartozónak mondanánk, s csak bizonyos aspektusait tekintjük a mai fizika számára is érdekesnek. Arisztotelész számára azonban a fizika az egész természeti szférára vonatkozó tudást hordozta, egyébként nevének megfelelően, hiszen a “füzisz” görög szó egyik jelentése: természet.84

82Aristoteles: Metafizika, Fordította: Halasy-Nagy J., Hatágú síp alapítvány, Budapest, 1992. (Ez a könyv az 1936-os kiadás újranyomása, de ugyanez a fordítás egyetemi jegyzetként is megjelent: Arisztotelész: Metafizika, Jegyzet, Tankönyvkiadó, Budapest, 1957). Természetfilozófiai szempontból különösen az V., VII., VIII., IX. és XII. könyvek érdekesek.

83Arisztotelész nézeteit foként a Fizika (ezt néha “Természeti vizsgálódások” címen is említik), Az égről (máshol “Az égboltról” címen is szerepel), A keletkezésről és a pusztulásról, és a Meteorológia (néha “A légköri jelenségekről” címen fut) című műveiben találhatjuk meg. Magyar nyelven csak a. Keletkezésről... olvasható, Bognár László fordításában: Magyar Filozófiai Szemle, 32/(3-4), 291-367, 1988. Hazai könyvtárakban fellelhetők e művek jó angol, német, orosz, francia, latin fordításai és kétnyelvű kiadások is. Valamennyi idézett mű megtalálható a következő kiadványokban:

Arisztotel: Szocsinyenyija v csetüreh tomah, tóm 3 (Miszl, Moszkva, 1981);

The Works of Aristotle, transl. edit. W. D. Ross, II—III. vols. (Clarendon, Oxford, 1953).

84A “füzisz” fogalmának részletesebb értelmezését megtaláljuk M. Heidegger: Bevezetés a metafizikába (Ikon, Budapest, 1995) c. művében. Heidegger elemzése megmutatja a fogalom történeti jelentésváltozásait is, így megismerhetjük az arisztotelészi felfogás előzményeit és a kialakulását befolyásoló tényezőket is.

Hegelnek igaza van abban, hogy az arisztotelészi értelemben vett fizika legnagyobb részét ma természetfilozófiának tekintjük, de Arisztotelész számára, valamint számtalan tudós kommentátora és követője számára - egészen a XVII. századig - kétségtelenül ezek a nézetek jelentették a fizika tudományát. Az arisztotelészi szövegeket különféle értelmezésekkel, megjegyzésekkel, kiegészítésekkel látták el, de mindvégig megőrizte sajátos arisztoteliánus jellegét.

A fizika témájához szorosabban tartozó Arisztotelész művek (a “Meteorológia” bevezetője szerint ezek sorozatot alkotnak; s a tárgyalásmód az általánostól halad az egyes felé) fontosabb témái a következők:

* a természet első (vagy végső) alapelveivel a “Fizika” című mű I—II. könyve, a természetes mozgásokkal általában a “Fizika” III—VIII. könyve foglalkozik;
* a csillagok rendjével, ill. mozgásával “Az égről” című mű I—II. könyve, a földi testek elemeinek természetével és egymásba alakulásaikkal “Az égről” III-IV. könyve ír,
* de a keletkezés és pusztulás általános kérdéseivel “A keletkezésről és pusztulásról” című önálló műve foglalkozik;
* olyan dolgokkal, amelyek a természettel összhangban történnek, de természetük kevésbé rendezett, mint az égi elemeké, s amelyek a csillagok mozgásához legközelebbi tartomány határán mozognak, pedig a “Meteorológia” könyvei foglalkoznak

Ezúttal nem lehet célunk az egyes művek részleteiben elmélyedni, ehelyett inkább csak az arisztotelészi fizika lényegesebb általános vonásait szeretnénk bemutatni.

A természet és mozgás elválaszthatatlanságának elvét felismerve és követve Arisztotelész fizikája elsődleges feladatának tekinti a természet jellemzését, majd ezzel összefüggésben a továbbiakban rátér a mozgások értelmezésére és leírására. Kövessük ezen az úton.

##### (1). A természet fogalma és jellegzetességei Arisztotelész fizikájában

Arisztotelész a “Fiziká”-ban kezdetben ismertnek veszi a természet fogalmát, több a természetről szóló preszókratikus mű alapján. Majd kimutatja, hogy egyes elődei szerint a valóság egy, oszthatatlan és változatlan, ám Arisztotelész alapvető fontosságú tapasztalatnak tartja, hogy minden mozog. A “Fizika” egésze e kérdésekre irányul, s amikor a természetes létezők általános természetéről szól, alapvetőnek mondja, hogy azok lényegükig hatolóan változékonyak. Így a természetnek egy új fogalmát kell létrehoznia. A “Fizika” II. könyvében neki is lát a munkának: a “természet’’ szó használatának szokásos változatait felsorolva és elemezve jut el a számára elfogadható fogalomig. (Ugyanezt az utat járja a “Metafizika” IV. könyvében is.) Gondolatmenetének részleteit másutt már megpróbáltuk reprodukálni.85 így most csak a végeredményre koncentrálunk.

85Lásd az Előadások a természetfilozófia történetéből c. egyetemi jegyzet (ELTE TTK; Budapest, 1997) II 3. fejezetét.

A természet először is természetes, a természet által létrehozott dolgokat tartalmaz. Természetes dolog az, ami tartalmazza magában a mozgás és a nyugalom elvét. A kibontakozó, kifejlődő, a termő dolgok természetesek, de természetesnek mondjuk még természetes dolgok olyan tulajdonságait is, melyekben benső karakterisztikumaik nyilvánulnak meg. Így például a tűz felfelé törekvő mozgása természetes. Továbbá a természethez tartozik a dolgok természete is, kibontakozó, kifejlődő és nem statikus meghatározottságként. Más szóval ez azt jelenti, hogy Arisztotelész számára nyilvánvaló a dolgok, tulajdonságok és viszonyaik önszerveződő folyamatban való kialakulása.

Másrészt beszélhetünk az összes természeti létezők hordozójaként értelmezett Természetről is, mint “a mozgás és változás elvét magában tartalmazó összes dolog végső anyagi hordozójáról”86, illetve “Természet az olyan dolgok megkülönböztető formája, vagy minősége, amelyek tartalmazzák a mozgás elvét; de ezek a formák vagy jellemző tulajdonságok nem léteznek maguktól a dolgoktól elválasztva” 87.

86Aristotle: The Physics with an English Translation by P. H. Wicksteed and F. M. Comford, I—II. vols. (Harvard University Press, Cambridge, és Heinemann, London, 1957). A fenti idézet helye: Fizika 193a, e könyv 113. oldalán.

87Fizika 193b, a fenti könyv 115. oldalán.

A természet tehát egy állandó (ön)működésben lévő rendszer, s rendjének alapja az oksági összefüggések érvényesülése. Jól ismert, hogy Arisztotelész szerint minden létező négyféle ok által meghatározott. Mindennek megtalálhatók anyagi, formai, ható és célokai. Az anyagi, formai és ható okok mellett nagy jelentősége van a célokok szükségszerű megjelenésének - az arisztotelészi természetfelfogást emiatt teleologikusnak mondjuk. A teleologikus világszemléletben időnként szokás a célokok érvényesülését a természetben eleve megtalálható vagy a természetbe belevetített értelem működéséhez kapcsolni. Az arisztotelészi rendszerben kevesebbről, illetve másról van szó, itt a célokok egyszerűen a világrend érvényesülését hivatottak kifejezni. <<<(((ha ennek, mármint a céloknak nem olvasom a definícóját, akkor ez az itt olvasható megállapítás úgy általánosságban nem tűnik helytállónak. -FÁ)))>>> De ez a világrend nem holmi emberi vagy isteni értelem által adott, hanem a konkrét objektum, folyamat világban-való-létének szükségszerű következménye. Más szóval azt is mondhatnánk, hogy Arisztotelész a dolgokat környezetükkel együttlétezőkként, nyílt rendszerként fogja fel. Ez igen nagy jelentőségű gondolat, hiszen csak így válik lehetővé a rend, illetve az egyre bonyolultabb struktúrák keletkezésének értelmezése önszerveződő folyamatok révén.

Sok ilyen értelmű leírást találunk az arisztotelészi szövegekben. Így például a meteorológiai jelenségek magyarázataiban, sőt a sütés-főzés különféle változatainak összevetésében is felbukkannak efféle elemek. Igazán szép példát Istennek a természeti rendben betöltött szerepe nyújt.

Arisztotelész világképében különálló szférát jelent a földi (Hold alatti) és égi (Hold feletti) világrész. A földi és égi szféra a tökéletlenség-tökéletesség viszonyában van. A földi világban a testek a négy elemből (tűz, víz, föld, levegő) állnak, állhatatlanok, hiszen át-át alakulnak egymásba, a mozgások itt egyenesek és végesek. A földi világrend olyan, hogy a Földhöz közel van a földből való dolgok természetes helye, felette a vízből valóké, afelett a levegőből állók természetes helye következik, s végül legfelül a tűzből álló dolgok természetes helye található. Az égi világ objektumainak anyaga a tökéletes éter, az égi objektumok örök és tökéletes (értsd: körpályájú) mozgásban vannak, sőt nem is maguk mozognak, hanem az egymáson (súrlódásmentesen) elcsúszó égi szférákhoz rögzítetten. Ámde e két világ egymás környezetét jelenti, s ezáltal meghatározza a másikban érvényesülő rendel.

Arisztotelész leírja, ahogy a víz a természetben körforgást végez: a felhőkben összegyűlő víz természetes helyére törekedve esőként leesik, de ezzel nem ér véget a folyamat, hiszen a tengerek vizét a Nap melege elpárologtatja, s a könnyű pára ismét felszáll, majd a felhőkben lecsapódva, ismét esőt ad. Ez egy energetikailag nyílt rendszer, a folyamatot a Nap melege hajtja. De mitől melegít a Nap? A Nap melege a legfelső földi és a legalsó égi szféra súrlódása által termelt hőből ered. De mitől mozog a legalsó égi szféra? Azt bizony a fölötte lévő égi szféra mozgatja, s azt az afölött lévő, és így tovább. Ámbár ezzel a gondolatmenettel nem kell elmennünk a végtelenségig, hanem csak a legkülső égi szféráig: azt ugyanis a mozdulatlan mozgató, vagyis Isten mozgatja. <<<(((nagyon hasonlít az elégséges és végső okra -FÁ)))>>> Ezzel a feltevéssel Arisztotelész lezárja a mozgatók hosszú sorát, de ez csak logikailag teszi zárttá a világot, energetikailag nyílt marad: Isten állandó munkája révén szerveződik a földi világ rendje. Arisztotelész Istene nem órásmester, nem az általa eleve elgondolt rend szigorú konstruktőre, hanem azáltal teremt egyfajta rendet, hogy állandóan felborítja a földi folyamatok során beállni kész egyensúlyt. Ezzel kiérdemli a rend nagy összezavarója elnevezést is, így Arisztotelész Istene egy entrópikus Isten. <<<(((jó hogy nem a diabolosz -FÁ)))>>>

##### (2). Dinamikai fogalmak az arisztotelészi fizikában

Ahogy korábban is említettük már, Arisztotelész a természetet és a mozgást egymástól elválaszthatatlan, együtt tanulmányozandó fogalmaknak fogta fel. Így teljesen érthető, hogy a “Fizika” döntő részét a mozgások jellemzésének szentelte. Először is számba vette a mozgások és változások változatait. Osztályozásaiban több - egymástól függetlenül alkalmazható - szempontot is érvényesített:

1. megkülönböztette az élőlények és az élettelen testek mozgásait: az élőket lelkük önmozgásra teszi képessé;

2. elkülönítette az égi és földi testek mozgásait: az égi testek örök, romlatlan, körmozgást végeznek, míg a földi testek mozgásai végesek, csillapodók, és szabálytalanul görbék vagy egyenesek;

3. beszélt természetes és kényszerített mozgásokról: természetes mozgás az égitestek körmozgása és a földi elemek lefelé, ill. felfelé törekvő mozgása, míg a kényszerített mozgást egy közvetlenül ható másik test váltja ki;

4. végül a mozgások (változások) kategoriális (kategóriáknak a létezők leírásához nélkülözhetetlen fogalmakat nevezzük) osztályozását is adja, s négy fajtájukat különíti el:

(a) szubsztanciális változások (keletkezés és pusztulás),

(b) mennyiségi változások (növekedés és csökkenés),

(c) minőségi változások (pl. egy dolog tulajdonságának megváltozása) és

(d) helyváltoztató mozgások.

A helyváltoztató mozgások kitüntetett szerepet játszanak, mivel azok megjelennek minden más mozgásban és változásban is.

Arisztotelész természetesen nem pusztán osztályozza a mozgásokat, hanem értelmezi is a mozgás fogalmát. Ennek jegyében megvizsgálja Zénón apóriáit is. Az apóriák értelmezése során felhasználja saját logikai eredményeit és

* a mozgások ellentmondásmentes értelmezését lehetővé tevő filozófiai fogalmakat alkot.
* Megállapítja, hogy a mozgás fogalmában a Zénón által kimutatott ellentmondás valójában nem áll fenn, mert az ellentmondó állítások nem ugyanakkor és ugyanabban a vonatkozásban állnak fenn, és így nem okoznak logikai nehézséget sem. Bevezeti a lehetőség és valóság fogalmaival jellemezhető létformákat, a **lehetőség szerinti (potenciális) és a valóságos (aktuális) létet.** Híres tézise szerint így a mozgás és változás a lehetőség megvalósulása, a lehetőség átmenetele a valóságosba, a lehetőség szerinti lét valóságos létté válása.

Ezúttal Zénón “repülő nyílvessző” apóriájának felidézésével illusztrálnánk az arisztotelészi mozgásértelmezést. Zénón azt mondja, hogy a repülő nyílvessző minden pillanatban pályájának valamelyik pontjában - itt és itt - van. Ha ez mindig így van, vagyis, ha mindig van valahol, akkor hogyan mozogna? Hiszen mozgásához arra volna szükség, hogy valahol ott is legyen, és ne is legyen ott, ami ellentmondás volna, s ilyenformán lehetetlen a nyílvessző mozgása.

Az arisztotelészi magyarázat azonban felhívja a figyelmünket arra, hogy a nyílvessző “ott-léte” egyaránt tekinthető valóságosan és lehetőség szerint is: valóságosan ott van, és lehetőség szerint nincs ott. Ekkor nem ütközünk logikai ellentmondásba, hiszen az egymásnak ellentmondó állítások különböző vonatkozásban (lehetőség ill. valóság szerint) lesznek érvényesek a nyílvesszőre. A nyílvessző mozgása pontosan abban áll, hogy valamilyen valóságos “ott-léte” során az a lehetősége, hogy “nem-ott van”, megvalósul. Vagy nézzünk egy másik példát: a felnőtté válás folyamatát. Vajon ugyanaz-e a gyerek és a gyerekből kifejlődő felnőtt? Arisztotelész hangsúlyozza, hogy ez is egy megfelelően értelmezhető változás: a gyerek aktuálisan gyerek és ugyanakkor potenciálisan felnőtt. Felnőtté válása nyilvánvalóan saját lehetőségének megvalósulását jelenti. Arisztotelész továbbá azt is hangsúlyozza, hogy a lehetőségek megvalósulása mindig a már valóságosan létezők hatása alatt zajlik; ezeket a hatásokat pedig az okok fogalmának használatával kielégítően jellemezhetjük.

A mozgások arisztotelészi értelmezése lehetővé teszi a mozgások tudományos módszerekkel való, a formális logikai követelményeknek megfelelő, ellentmondásmentes leírását, s így rendkívüli jelentőségű lesz a természettudományok számára. Elvi jelentősége mellett gyakorlati használatbavételét is megfigyelhetjük, így pl. a különféle tudományokban egyaránt előszeretettel alkalmazott állapottér fogalmában. Az állapottér konstrukciója során a kérdéses rendszer lehetséges állapotait vesszük figyelembe, ilyen formán az állapottér a rendszer lehetőség szerinti állapotait reprezentálja. <<<(((**valószínűségszámításban az eseménytér, amit a struktúrapolitikának kezelnie, alakítania, működtetnie kellene** -FÁ)))>>> A rendszer által ténylegesen megvalósított állapotokat pedig az állapottérben zajló konkrét folyamatok specifikálják.

Arisztotelész tanulmányozta a konkrét mozgások lezajlását is, ennek eredményeként a megvalósuló folyamatokat a dynamisz, energeia és entelekheia fogalmak használatával értelmezte. Ezeknek az arisztotelészi fogalmaknak a magyarázatát szeretnénk segíteni a következő táblázattal:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Az arisztotelészi fogalom | korabeli jelentése | későbbi fizikai értelmezése |
| dynamisz | képesség a változás lehetősége | erő |
| energeia | a képesség megvalósulása a megvalósulóban lévő változás | (mozgási) energia |
| entelekheia | a megvalósult képesség a megvalósult változás | — |

A dynamisz valamiféle képességet jelent.88 Ezt gyakran egyszerűen erőként értelmezik, valójában aktív és passzív is lehet: például a hatás kiváltásának és a hatás eltűrésének képességét is jelenti.89 A dynamisz ilyenformán a mozgásnak a “kezdeti fázisát”, a lehetővé váló változást illetve a változás lehetőségét jelöli.

88Woodbridge F. J. E.: Aristotle's Vision of Natúré (Columbia Univ. Press, New York, 1965) 32. o.

89Jammer M.: Concepts ofForce (Harvard University Press, Cambridge, 1957) 34. o.

A változás megvalósulásának folyamatát az energeia fogalmával jellemzi Arisztotelész. Ez a megvalósuló mozgást, illetve a mozgásban lévő valóságot jelöli.

A valóság, mint változások, mozgások eredménye, illetve a megvalósult mozgás: ezek az entelekheia fogalmával jellemezhetők.

Egy konkrét folyamat lezajlása mindig ezt a rendet követi: a változás lehetőségét követi e lehetőség megvalósulása, amely változást eredményez. Ilyenformán Arisztotelésznél a konkrét folyamatoknak, illetve a valóságnak mint folyamatnak egyaránt van egy jól meghatározott trendje, iránya. Az arisztotelészi világkép így alapvetően irreverzibilis természetű. Ez egyúttal azzal a következménnyel is jár, hogy ebben a világban a dolgok változnak, keletkeznek és pusztulnak, szerveződnek - ahogyan korábban is említettük már.

Mivel Arisztotelész gyakran hangoztatja, hogy a tudás az okok ismeretén alapul, érthető, hogy természetfilozófiájában lényeges szerepe van a dinamikai elképzeléseknek, vagyis a mozgások okai felderítésének is. Dinamikai nézetei - az általa alapított iskola neve után gyakran peripatetikus dinamikának nevezik - egészen a XVII. századig hatottak, s Galilei vagy Newton számára is olyan kiindulópontként szerepeltek, amelytől való elszakadást tekinthették saját feladatuknak. Maga Arisztotelész a mozgások minden osztályával kapcsolatban állást foglalt, de mivel a későbbi korok gondolkodói elsősorban a természetes és kényszerített élettelen földi testek helyváltoztató mozgásai (az ilyen mozgásokat később mechanikai mozgásoknak fogják nevezni) iránt érdeklődtek, főként az ezekre vonatkozó tanításai terjedtek el, így mi is csak erről a mozgásfajtáról beszélünk a továbbiakban. Tárgyalásunkban követjük a hagyományokat, s mi is megkülönböztetjük a természetes és kényszerített mozgások arisztotelészi dinamikáját.

Első látásra úgy tűnik, hogy a természetes és kényszerített mozgások között könnyű különbséget tenni: a természetes mozgások oka a mozgó dologban, a kényszerített mozgás oka nem a mozgóban, hanem egy másik testben van. Vagy ha a későbbi évszázadok során kialakított erő fogalmát szeretnénk a helyzet leírására használni, akkor azt kellene mondanunk, hogy Arisztotelésznél az erőnek két típusa szerepel:

* “az anyagba zárt platonikus erőfogalom, amit 'természet'-nek (füzisz) hív, és
* a szubsztanciából kiáramló erő, a tolás és húzás ereje, amelyik egy másik testben okoz mozgást, és nem sajátmagában "90. (Tanulságos eme nézeteket és Newton Principiájának alapelveit összehasonlítani.) Nyilvánvaló, hogy az elsőként említett erő a természetes mozgásokat, a másodikként szereplő erő pedig a kényszerített mozgásokat okozhatja.

90Jammer könyvének 35-36. oldala.

Mindazonáltal azt is fontos észrevenni, hogy látszólagos hasonlóságuk ellenére az élettelen testek természetes mozgása eltér az élők önmozgásától: az élettelen esetben “a dolog nem önmozgó, de tartalmazza magában a mozgás (nem aktív és ható, hanem) passzív elvét (okát)”91. Más szóval ez azt jelenti, hogy az élettelen test természetes mozgásának az oka részben a testben, részben pedig azokban a körülményekben található, amelyek között van. Nem feltétlenül mozog, csak bizonyos körülmények fennállása esetén. Például egy kő természete szerint nehéz, s így nehézsége révén mozoghat, ám csak akkor válik valóban mozgóvá, ha nem a földön, vagyis nem az ő természetes helyén található, hanem mondjuk a levegőben. Ekkor lezuhan, vagyis a saját természetének (nehézség) megfelelő természetes helyre (a földre) “törekszik”. Azt is mondhatnánk, hogy ebben az esetben a mozgás oka megoszlik a test és környezete között, vagyis észrevehetjük, hogy a “természet” inhomogén eloszlásával van dolgunk: a test által hordozott hozzá kötött “természet” különvált a test “természetes hely”-étől, ami viszont a világrend által determinált. A mozgás azért jön létre, hogy helyreálljon az egynemű rend, a különvált “természetek” egyesülhessenek, a kő elfoglalja azt a helyet, amit számára a világrend kijelöl, s a világrend ebben az esetben is érvényre jut. (Ha pedig a konkrét folyamat szempontjából vizsgáljuk ezt a mozgást, jól látható, hogy a folyamatban megjelenik a különválasztott természet mint dynamisz, a homogenizáló mozgás mint energeia, s a beálló egyensúly mint entelekheia.) <<<(((? -FÁ)))>>>

91 Fizika 255b, a korábban idézett kiadás II. kötetének 317. o.

A kényszerített mozgások esetében a mozgás két faktora (a mozgató és a mozgatott) világosan különválik, s a mozgató hatás egyértelműen a mozgató testhez kötődik. A mozgatott test szerepe itt: a mozgatás elszenvedése - a mozgás megvalósulása szempontjából ez is egy fontos képesség. Arisztotelész a Fizika VII. könyvében helyváltoztató mozgás esetére a mozgató és a mozgatott dolog jellemzői, valamint az elmozdulás és a mozgáshoz szükséges idő közötti kvantitatív összefüggéseket is leírja. (Valójában a természetes mozgásokra vonatkozó arisztotelészi gondolatmenetek figyelmes elemzése révén megmutatható, hogy azok kvantitatív jellemzése is lehetséges, s hasonló összefüggéseket kapunk.) Az ilyenformán kvantitatív gondolatkísérletekkel is alátámasztott arisztotelészi (vagy peripatetikus) dinamika legfontosabb jellemzői92

92Leírását lásd pl. Simonyi K.: A fizika kultúrtörténete (Gondolat, Budapest, 1978) című művében.

1. a mozgás fenntartásához folyamatos hatás (hatóerő) kell,

2. a mozgás “sebessége” egyenesen arányos a mozgató hatással,

3. a mozgás egy kezdettel és véggel rendelkező folyamat, és nem a test állapota.

Vegyük észre, hogy ebben a dinamikában nem a mozgásállapot megváltoztatásához van szükség a mozgató hatásra, hanem a mozgás fenntartásához. Vagyis a mozgót befolyásoló mozgató hatás nem a mozgó gyorsulásával, hanem a sebességével arányos. (Persze Arisztotelész nem az “erő” fogalmát használja, hanem “mozgató”-ról beszél, és nem alkalmazza explicit módon az sebesség fogalmát sem, hanem bonyolult módon körülírja a szituációt.) A peripatetikus dinamika ezen alapelvei nyilvánvalóan eltérnek a XVII. században létrehozott klasszikus pontmechanika alapelveitől.

Ezt a tényt sok esetben mint az arisztotelészi szemléletmód alapvető hibáját szokták felemlíteni. Valójában pedig az a helyzet, hogy a peripatetikus dinamika pontosan írja le a szemlélhető mozgásokat.

A szemlélet számára hozzáférhető mozgások ugyanis egyrészt a súrlódásos mozgások, s ezekkel összhangban vannak a peripatetikusok tételei.93 Másrészt ebbe a kategóriába tartoznak a termikus folyamatokra vonatkozó tapasztalatok is. Megmutatható, hogy az arisztotelészi dinamikai elvek teljesen megfeleltethetőek a termikus tapasztalatokat értelmező nem-egyensúlyi termodinamika elveinek.94 Mindezek azt támasztják alá, hogy az arisztotelészi dinamika valójában nem tekinthető sem pusztán mechanikainak sem pusztán termodinamikainak, hanem sajátos egységben tartalmazza mindkét - később kifejlődő - alternatív lehetőséget. A fizikai gondolkodás sajátos fejlődése következtében mechanikai tartalmai hasznosítódtak és megőrződtek, termodinamikai vonatkozásai azonban mellőzöttek voltak és elfelejtődtek. Az újkorban eluralkodó mechanisztikus szemléletmód hatására a XVII. századtól az arisztotelészi dinamikát már csak kezdetleges, tökéletlen és hibás mechanikának látják.

93Lásd Simonyi könyvének megállapításait.

94Martinás K., Ropolyi L.: Az arisztotelészi termodinamika kifejlődésének kultúrtörténeti korlátáiról. Magyar Filozófiai Szemle, 31/(1), 1 29, 1987.

Ha az arisztotelészi dinamikai elgondolások kialakulásának és későbbi értékelésének társadalmi körülményeit is figyelembe vesszük, akkor talán valamiféle magyarázatot kaphatunk az értékelésében megfigyelhető változásokra is. Arisztotelész nézeteiben ugyanis egyaránt ráismerhetünk a közösség elfogadott rendjébe feltétlenül beletagozódni akaró egyed viszonyaira, valamint a közösségtől lassacskán különváló jól azonosítható individuumok lehetséges problémáira is. Ez azzal magyarázható, hogy az antik görög világban Arisztotelész idejében beindulni látszott egyfajta “polgárosodási” folyamat, de hamarosan leállt s csak az újkorban folytatódott. Ez egyúttal azzal a következménnyel is járt, hogy az individualizáció értékrendjével való összhang megteremtése során az arisztotelészi fizika - fals - mechanisztikus interpretációja vált dominánssá.

##### (3). Az anyag szerveződésének problémái az arisztotelészi fizikában

Mint már említettük, Arisztotelész a természeti létezőket hordozó közegként jellemzi az anyagi szubsztanciát. Arisztotelész sok érvet hoz fel az üresség létezésének lehetetlensége mellett, így ez a közeg (szubsztrátum) folytonosan kitölti a teret, bár csak potenciálisan létező, és a dolgok létezésének lehetőségét hordozza.

Valóságos létről akkor beszélhetünk, ha valamilyen dolog formai szubsztanciája az anyagi szubsztanciával egybekapcsolódva, azt immár a tulajdonképpeni igazi szubsztanciává, konkrét, valóságos létezővé teszi.

A konkrét létezők által benépesített valóságos világban sincs üresség persze, hiszen testek vannak mindenütt. Ilyen elvek alapján az anyagi világ felépítése a következő:

A világot kitöltő szubsztrátumot elsődlegesen megragadó formák az elemi vagy elsődleges minőségek. Ezek, a formák általános természetének megfelelően, ellentétpárokba rendezetten érvényesülhetnek. Arisztotelész egy aktív és egy passzív minőségpárt kiemel, mint olyanokat, amelyek már elegendőek pl. a testeket alkotó elemek (tűz, víz, föld, levegő) konstrukciójához is. A meleg és a hideg az aktív elsődleges minőségek, a száraz és nedves a passzívak. A többi, ugyancsak ellentétpárokba rendezhető minőség (nehéz-könnyű, finom-durva, folyós-szilárd, kemény-lágy stb.) levezethető a fenti négy minőségből.95 Az elemeket egy aktív és egy passzív minőség létesíti: a hideg és száraz a földet, a hideg és nedves a vizet, a meleg és nedves a levegőt és a meleg és száraz a tüzet. Az elemek folytonosan átalakulhatnak egymásba. Az elemekből keletkező keverékekben a minőségek is egyszerűen összekeverednek.

A testekben az elemek (s így a minőségek) keverékeit találjuk. Kérdés, hogy hogyan állnak össze, hogyan szerveződnek a testek a rendelkezésre álló elemekből? Korábban Démokritosz zuhanó és összeütődő, összekapcsolódó atomjai jelentették a megoldást. Arisztotelésznél nincsenek atomok, és nincsen üresség sem a zuhanáshoz. Így új szervező hatásokat kell találnia. A meleg és hideg játsszák ezt a szerepet. Ezeknek, mint termikus hatásoknak ugyanakkor kettős funkciójuk van. Egyrészt mint szervező erők, mint formák működnek96, másrészt konkrét termikus természetüket is érvényesítik, ilyen formán pl. a beteg testet a meleg rendbe tudja hozni. Hasonlóan érthető meg például a különböző testek eltérő hőmérséklete is: eltérő arányban tartalmaznak hideget és meleget. Mindazonáltal a testek nem pusztán az elemi összetevőik által minőségileg determináltak, hanem három dimenziós kiterjedéssel és határokkal rendelkező objektumok is. Ahogy Arisztotelész írja:

“A testet úgy definiálják, mint amit határol - vagy aminek határa - a felület.”97

95Metafizika 1015a, a fentebb idézett jegyzet 96. oldalán

96Solmsen F.: Aristotle's System of the Physical World. A Comparison with His Predecessors (Cornell University Press, Ithaca, 1960) 362. o.

97 Fizika. 204b, a korábban idézett kiadás I. kötetének 233. o.

Látható, hogy a testek egyes tulajdonságait “termikus” szervező hatásokat közvetítő elemek alakítják ki, míg másokat a létezőket egymástól elválasztó felület biztosítja. Így az arisztotelészi test is “átmeneti” képződmény, egyszerre termikus-vegyi és mechanisztikus objektum. Arisztotelésznek az anyag szerveződésére, és a testek természetére vonatkozó tanítása így két irányba is fejleszthetővé vált. Egyrészt alapja lehetett az anyag minőségi átalakítására törekvő alkimisták világképének, másrészt a felülete által bennfoglalt anyagmennyiség meghatározása révén a testek legfontosabb mechanikai tulajdonságának (a tömegnek) a fogalmát is az arisztotelészi fogalomra lehetett építeni.

Mindezek persze a földi testekre érvényesek. Az égitestek azonban egy ötödik anyagból, éterből állnak, melynek tulajdonságai kiválóságukkal meghaladják a közönséges anyagokét. <<<(((ezét olyan ellenzést kiváltó az éterelmélet? -FÁ)))>>>

Az arisztotelészi fizika számos fent említett gondolata a későbbi történeti fejlődésben kialakuló tudományos diszciplínák nélkülözhetetlen részévé vált. Az arisztotelészi eszmék eredeti vagy némileg átértelmezett változataikban világosan jelen vannak a csillagászat, a fizika, ill. az alkímia, az orvoslás és az állattan tudományos elgondolásai között legalább a XVII. századig.

#### C. A sztoikus természetfilozófia szemléletmódja

A sztoikus filozófiai rendszer már kifejlődésének korai fázisában - az i. e. IV-III. században, kitioni Zénón (i. c. 336-264) és Khrüszipposz (i. e. 281-208) hozzájárulásával - kialakította természetfilozófiai álláspontját. Természetfilozófiai alapelveik sok vonatkozásban emlékeztetnek az arisztotelészi felfogásra, de világfelfogásuk egészében mégis jelentősen eltér attól.

A sztoikus természetfilozófia szerint a világ egybefüggő, folytonos, dinamikus egész s ekként érthető meg. Eme egység egyik megfogalmazásának tekinthető a pneumáról szóló tanításuk. (Pneuma fogalmuk némileg emlékeztet Arisztotelésznek a passzív anyagi szubsztrátumról és - az anyagi szubsztrátumtól potenciálisan elkülönülő – aktív formáról kialakított nézetrendszeréhez.) Felfogásuk szerint csak ható és hatást elszenvedő objektumok, vagyis testek létezhetnek, azaz minden létező test. <<<(((Ez a definíció egyúttal a létezés fogalmát is befolyásolja. -FÁ)))>>> A testeket alkotó aktív (ható) princípium a pneuma, <<<(((Arisztotelesznél a forma) -FÁ)))>>> passzív (hatást elszenvedő) princípium az anyagi szubsztancia. <<<(((Arisztotelesznél az anyag -FÁ)))>>> A pneuma (szó szerinti jelentése: lélegzet) tehát a világot folytonosan kitöltő dinamikus - változékony, s belső kohéziós, szervező erővel rendelkező - kontinuum, ami teljesen áthatja az anyagi kontinuumot s ezáltal hozza létre az anyagi világ különféle objektumait.

A sztoikusok pneuma fogalmában a milétoszi Anaximenész (i. e. 585-525) levegő princípiumának és az epheszoszi Hérakleitosz (i. e. 550-475) tűz princípiumának sajátos egyesítését figyelhetjük meg.98 A pneumát ilyenformán “tüzes lélegzet ”-nek is mondhatjuk, ami - az élőlényekben is megfigyelhető viszonyokhoz teljesen hasonlóan99 - minden létezőt átjár és szervező erejénél fogva, mint “mesteri módon alkotó tűz”100, determinálja a létezők természetét. A pneuma egy sajátos “belső feszültséggel” is rendelkezik, ami pl. a benne foglalt ellentétes adottságokból (pl. hideg és meleg) táplálkozik, és ami lehetővé teszi folyamatos aktivitását, ezáltal mintegy folyamatosan “kifeszítve”, fenntartva az önmagában egyébként passzívan összeomolni kész anyagi szubsztanciából kialakuló testeket. A pneuma ilyen formán nem csak az egyes testekben, hanem az összes testből felépülő világban megfigyelhető rendet rendezettséget is biztosítja, vagyis logosz, ész, értelem, törvény is. A Természet harmonikus és egységes egészet alkot.

98SG. N. Cantor, M. J. S. Hodge (eds.): Conceptions ofether (Cambridge U. P., Cambridge, 1981) 3. o.

99G. E. R. Lloyd: Greek Science After Aristotle (W. W. Norton, New York, 1973) 29. o.

100A. A. Long: Hellenisztikus filozófia (Osiris, Budapest, 1998) 196. o.

A világ egységességét hirdető sztoikus felfogás további fontos ontológiai következménye panteizmusuk, mely szerint Isten és Természet egy. A világban minden egyértelműen determinált, még akkor is, ha ez az ember számára aktuálisan nem látható át. <<<(((érdekes lene az ókori görög filozófiában az emberi szabadságnak is van-e irányzata, illetve melyik az? Hogy tehát az embernek valóban szabad, az oksági láncot befolyásolni képes szabadsága van? -FÁ)))>>>

<<<(((Az „arisztoteleszi fogalmi sablon” elnevezésem nem tudom, hogy megállja-e a helyét Arisztotelesz esetében. Tehát hogy mennyire lehet őt a modell gazdájának nevezni, vele illetve nézeteivel azonosítani? Ezt a tudomány-filozófiai történelem áttekintést olvasva inkább úgy fogalmaznék, hogy intuitív alapon az általam használt fogalmakat a görög fogalomkészlet hozzám eljutott elemeivel próbáltam kialakítani, megfogalmazni. -FÁ)))>>>

Kikutathatók a világ törvényei, - de ezek is egységesek, mindent áthatóak, mindet kormányoznak, vagyis nincsenek külön természeti és emberi törvények. <<<(((mondják a sztoikusok … -FÁ)))>>>

A sztoikusok érdeklődése később inkább társadalmi és erkölcsi kérdésekre koncentrálódott, de természetfilozófiájuk hatott Alexandriában, Rómában, s közvetítésekkel később is. A középkori világképben a sztoikus rendszer háttérbe szorult, de egyes elemei beépülve a platonista vagy arisztoteliánus rendszerekbe jelen lehettek. Így például a földi és égi jelenségeknek egységes, összefüggő rendszerként való sztoikus felfogása jelentette az asztrológia - s kisebb részben az alkímia - egyik elméleti-ideológiai bázisát. A későbbiekben nézeteik felbukkannak Bruno és Spinoza természetfelfogásában és a fizika mezőelméletét kidolgozó fizikusok gondolkodásában is.

Részletesebb elemzések a későbbi korok fizikusainak “éter” fogalmában vélik megtalálni a sztoikus pneuma fogalom továbbélését. Az éter gyakran valóban mindenen áthatoló közegként szerepel a fizika elméleteiben - bár nem mindig tulajdonítanak neki aktív szervezőerőt is.101 Talán még nyilvánvalóbb a pneuma fogalmának és a modem fizika erőtér fogalmának a hasonlósága.102 Az erőtereknek (mezőknek) napjainkban tulajdonított tulajdonságok legtöbbje (hatóerő, kontinuitás, dinamizmus, a testeket összetartó sajátos erők stb.) megtalálható a sztoikusok pneuma fogalmában is, így nézetrendszerüket talán joggal tekinthetjük a kontinuumfizika első, természetfilozófiái formában megjelenő változatának.

101Lásd a fentebb idézett Conceptions of ether c. könyv tanulmányait.

102S. Sambursky: Physics of the Stoics (Routledge, London, 1959)

### 3. Fizika a görög tudomány klasszikus korszakában

A hellenizmus tudományos teljesítményei jelölik ki az antik görög tudományos gondolkodás klasszikus korszakát. Ez az i. e. 300-100 közötti időszak, amikor a geometria, a csillagászat és részben a mechanika is elindul az önálló tudománnyá válás útján. Erre az időszakra tehető az alexandriai “Múzeum és Könyvtár” virágkora s olyan tudósok munkássága, mint Eukleidész, Arkhimédész és Apollóniosz. A korszak legjelentősebb fizikai eredményei kétségtelenül Arkhimédész tevékenységéhez kapcsolódnak. A legjelentősebb tudósok számos fontos gondolatát már ismertettük könyvünk antik csillagászati és matematikai fejezeteiben, így itt pusztán néhány további (inkább a fizika témakörébe tartozó) részlettel fogjuk kiegészíteni a korábban mondottakat. Ám mindezek előtt szeretnénk röviden felidézni az athéni Lükeionban művelt peripatetikus fizika néhány fejleményét, és az antik görög tudományos gondolkodás fejlesztésében, a tudás rendszerezésében és diszciplinarizálódási folyamatának előrehaladásában, a görögök ismereteinek és gondolkodásmódjának széleskörű elterjesztésében alapvető szerepet játszó “tudományos intézmény”, az alexandriai “Múzeum és Könyvtár” történetét.

#### A. Fizika a hellenisztikus Athénben

A korabeli Athénben legalább három - egymástól határozottan elkülönülő, és egymás nézeteire gyakran hivatkozó - természetfilozófiai tanítás is jelen volt: a sztoikus, az epikureus és a peripatetikus (arisztoteliánus) gondolatrendszerek. Ezek mindegyike szerepet játszik a fizika későbbi történetében, de az éppen kialakulófélben lévő szaktudományos szemléletmód elsősorban a peripatetikus természetfilozófiát hasznosítja. Arisztotelész halálát (i. e. 322) követően iskolájának, a Lükeion-nak meghatározó jelentőségű gondolkodói - nyilvánvalóan figyelembe véve a kortárs rivális gondolkodók eredményeit is - persze néhány fontos új elemmel is gazdagítják az arisztotelészi tanításokat. Mindenekelőtt Theophrasztosz (aki i. e. 323 és 286 között irányította a Lükeion munkáját) és Sztratón (aki i. e. 286 és 268 között volt az iskola vezetője) módosításai érdekesek. Kérdés, hogy milyen alternatív véleményekkel kellett szembesülniük? Elsősorban az atomizmus természetfilozófiai álláspontjával.

Az arisztotelészi nézetekkel és a sztoikusok fentebb jellemzett természetfilozófiai felfogásával is élesen szemben állt Epikurosz (i. e. 341-271) tanítása. Különösen két kérdéskörben, az üresség létezése tárgyában és a világ jelenségeinek és folyamatainak meghatározottsága, vagyis a determinizmus természete témakörében tértek el felfogásaik. Mint már említettük, Epikurosz Démokritosz atomizmusának követője és nézeteinek továbbfejlesztője volt. Két fontos ponton változtatott a démokritoszi elgondolásokon. Az atomok jellemzésére (mint egymástól való megkülönböztetésükre alkalmas elsődleges tulajdonságukat) figyelembe vette azok súlyát is, s úgy gondolkodott, hogy mivel az űrben a különböző súlyú atomok egyforma sebességgel esnek (ebben a kérdésben ellentmond Arisztotelésznek is), a Démokritosz által javasolt egyenes vonalú “zuhanás” mellett fel kell tételezni az atomok másfajta mozgását, a szabályos egyenes mozgástól való véletlenszerű “elhajlás ”-okat is, hogy ezek révén az összeütköző atomokból létrejöhessenek a megfigyelhető testek. Az atomok “önkényes” elhajlásának lehetősége megengedi, hogy az objektumok természete és folyamatai ne kizárólag más objektumok hatásai révén determinálódjanak, s egy olyan determinizmus-felfogást képvisel, amelyben a véletlennek, ill. a kérdéses objektum saját természetének, “szabad akaratának” is szerepe lehet a dolgok, folyamatok meghatározásában. Ez a felfogás lényeges pontokon ellentmond az arisztotelészi determinizmus koncepciónak (Arisztotelész lényegében elutasítja a véletlen fogalmának alkalmazását) és nyilvánvalóan ellentétes a sztoikus nézetekkel is.

Érdekes megfigyelni, hogy Theophrasztosz és Sztratón természetfilozófiai nézeteikben mennyire eltérő formában reagálnak ezekre a problémákra. Így például mindketten megmaradnak ugyan a peripatetikus filozófia keretei között, de míg

* Theophrasztosz inkább védelmezi a hagyományos arisztotelészi álláspontokat, s elmésen kritizálja az atomizmust,
* Sztratón már sokkal inkább kész az atomizmus számos alapvető tézisének az elfogadására, és arra törekszik, hogy beépítse őket az arisztotelészi fizika rendszerébe.

Theophrasztosz “Az érzékekről” szóló művében részletesen bemutat sok fontos atomista nézetet.103 Ennek során ismerteti pl. az ízekről és színekről szóló démokritoszi tanítást s rámutat hiányosságaira és következetlenségeire. Többek között kifogásolja, hogy Démokritosz egyes minőségeknek (a keménynek, lágynak, nehéznek, könnyűnek, egyes ízeknek) saját természetet is tulajdonít, s ugyanakkor azt is mondja, hogy ezek a minőségek csak a hozzánk való viszonyukban léteznek. Vagyis azt a nehéz kérdést veti fel, hogy az atomizmus vajon elsődleges (az érzettárgyakhoz tartozó), vagy másodlagos (az érzékelő személytől függő) minőségeknek tekinti a dolgok tulajdonságait? Ismerteti az egyszerű színekre (fehér, fekete, vörös, zöld) és keverékeikre vonatkozó atomista felfogást s kimutatja tökéletlenségeit.

103Görög gondolkodók 5 (Kossuth, Budapest, 1995) 1-81. o.

Theophrasztosz ugyanakkor kritikusan viszonyul az - Arisztotelész által is elfogadott - elemekről szóló tanításokhoz is. “A tűzről” szóló művében több érvet is felhoz a tűz elemi volta ellen. így pl. fontosnak tartja, hogy míg földet, levegőt és vizet nem tudunk előállítani, tüzet igen; továbbá, hogy a tűzhöz mindig szükség van valami szubsztiátumra (anyagra) is, így azt inkább valamiféle mozgásnak és nem elemnek kellene tekinteni.104 Jelentős “A kövekről” című munkája is, amelyikben az ásványi anyagok két nagyobb csoportját a (víz elem által dominált) “fémeket” és a (főként föld elemből álló) “köveket” és “földeket” úja le.105 Kritikusan viszonyul az arisztotelészi célokságról szóló nézetekhez is. Hangsúlyozza, hogy a természetes folyamatokban a véletlennek is fontos szerepe lehet és, hogy az ilyen folyamatok gyakran nem vezetnek el valamiféle “vég”-hez.

104G. E. R. Lloyd: Greek Science After Aristotle (W. W. Norton, New York, 1973) 10. o.

105Uo. 11-12. o.

A Lükeion következő vezetője lampszakoszi Sztratón - akit “a fizikus” néven különböztetnek meg egyik névrokonától - munkásságában az atomelmélet által felvetett kérdések talán még elődjénél is fontosabb szerepet kaptak. Sztratón művei elvesztek ugyan, de a nézeteit műveikben felidéző Hérón (I. század vége-II. század eleje) és Szimplikiosz (VI. század) arról tudósítanak bennünket, hogy Sztratón határozottan állást foglalt az üresség létezése mellett, és ezt a meggyőződését egyszerű kísérletekre való hivatkozással is alátámasztotta. Ebben a vonatkozásban - úgy tűnik - elfogadta ugyan a természetes, folytonos üresség tagadásának arisztotelészi felfogását, de ugyanakkor feltételezte az atomok közötti, “atomi méretű” üresség létezését is, hiszen pl. nyilvánvalóan képesek vagyunk összenyomni testeket, vagy pl. egyes testek képesek másokba behatolni. Sztratón eme nézetei fontos szerepet játszanak Hérón pneumatikájának létrejöttében.

Sztratón érdekes eredményekre jutott a szabadesés jelenségének tanulmányozása során is. Az ereszről lecsorgó víz mozgását, ill. a különféle magasságokból elejtett tárgyakat megfigyelve, arra következtetett, hogy földetérésük sebessége arányos lesz az esés magasságával.106 Ennek a megfigyelésnek az értelmezése sok későbbi fizikusnak okozott nehézséget, s végül évszázadok múltán a gyorsulás fogalmának kialakulásához vezetett.

106M. Clagett: Greek Science inAntiquity (Abelard-Schumann, New York, 1955) 71. o.

A természetes mozgások arisztotelészi felfogásával kapcsolatban rájött, hogy szükségtelen a nehéz testek lefelé való és a könnyűek felfelé törekvését külön deklarálni, mivel a nehezek lefelé törekvő mozgása már szükségszerűen együtt jár a könnyűek felemelkedésével.

Egyes történészek azt is valószínűnek tartják, hogy Sztratón volt a szerzője egy sokáig Arisztotelésznek tulajdonított “Mechanika” (más címen: “Mechanikai problémák”) című műnek. Ebben a könyvben egyrészt megtalálható az emelőkre vonatkozó törvény (vagyis, hogy a súly és az alátámasztás távolsága fordítottan arányosak) leírása, bár még nem matematikai formában; másrészt a sebességek összeadásának paralelogramma szabálya, vagyis a független mozgások vektor-összeadási elve is.

Sztratón más vonatkozásokban szintén jelentős hatású tudós volt. Munkásságuk alapján valószínűsíthető, hogy az ő tanítványa volt a csillagász Arisztarkhosz (i. e. 320-250) és az orvos Eraszisztratosz (i. e. 300-240). Mások mellett neki is jelentős szerepe volt az Alexandriában létrehozott Múzeum és Könyvtár kialakításában.

A Lükeion későbbi tevékenységével kapcsolatban sajnos csak kevés eredeti eredményről tudnánk beszámolni. Kétségtelenül nagy jelentőségű azonban rhodoszi Andronikosz (i. e. I. század) munkássága, aki összegyűjtötte, rendszerezte, összeállította, publikálta, és ezzel szélesebb kör számára hozzáférhetővé tette Arisztotelész tudományos munkáit.

#### B. Az alexandriai Múzeum és Könyvtár

Alexandria városát Nagy Sándor alapította “Egyiptom mellett”107, vagyis Egyiptom földjén, de görög városként, a Nílus deltavidékén, Pharosz szigeténél. Alexandria lett a Sándor halálával felbomló birodalom egyik részének kereskedelmi, politikai és kulturális központja, a Ptolemaioszok birodalmának fővárosa. A város lakosainak száma meghaladta a félmilliót, akik sokféle nép fiai-lányai voltak, bevándorolt egyiptomiak, zsidók, görögök, keletiek, de leginkább helybeliek, vagyis “alexandriai hellének".

107A. Swiderkowna: A hellenizmus kultúrája (Gondolat, Budapest, 1981) 109. o.

A gazdasági és politikai centrum elmozdulását hamarosan követte a kultúra centrumának mozgása is: Athénben fennmaradtak és tovább dolgoztak ugyan a filozófiai iskolák (a platóni Akadémia, a peripatetikus Lükeion, Epikurosz “Kert”-je és a sztoikusok iskolája), s így továbbra is Athént tekinthetjük a filozófiai gondolkodás központjának, de fontos új kulturális központ jött létre Alexandriában - az antik tudomány központja. A dinasztiaalapító Ptolemaiosz Szótér (I. Ptolemaiosz) hívására sok művész, tudós, orvos és filozófus érkezett Alexandriába. Az i. e. III. század első éveiben kezdtek hozzá egy - leginkább Arisztotelész athéni peripatetikus iskolájának mintáját követő - tudományos intézmény kialakításához. A hamarosan kiépülő Múzeum (Muszeion) az első európai tudományos kutatóközpontnak tekinthető, amelynek felépítését, fenntartását és működését a mindenkori uralkodók finanszírozták. (Muszeion: a múzsák székhelye, a múzsáknak szentelt liget. Múzsáknak hívták az ókorban a művészetek - az ének, zene, tánc és a költészet - valamint a tudományok, illetve később minden szellemi tevékenység oltalmazó istennőit.) A Múzeumban egyszerre több száz tudós tevékenykedhetett, valamennyien az uralkodó által meghívott, vendégül látott és kutatásaiban támogatott kutatóként, akik tudományos üléseken, vitákkal fűszerezett közös lakomákon is részt vehettek. Állat- és növénykert, csillagvizsgáló, sőt az orvosok számára bonctermek - gyakran boncolták pl. kivégzett bűnözők tetemeit - álltak a kutatók rendelkezésére. Ezek között a keretek között filológiai, csillagászati, matematikai, botanikai, zoológiái és orvosi kutatások egyaránt folytak.

A Múzeumhoz kapcsolódóan hamarosan létrehozták a Könyvtárat is, amely minden létező antik írásmű összegyűjtésére és feldolgozására törekedett. A Könyvtárban az alapítását követő kétszáz év során félmilliónál több papirusztekercset gyűjtöttek össze, irodalmi és tudományos műveket, görög nyelvű és idegen nyelvekről fordított írásokat; megszerezték például Arisztotelész híres, 376 tekercsből álló könyvtárát is. Gondot fordítottak a hatalmas gyűjtemény kritikai feldolgozására is, a műveket rendszeresen másoló írnokok alakították ki a könyv, mint olyan tulajdonképpeni szerkezetét. A Könyvtár vezetői jelentős művészek és tudósok, egyben a trónörökös neveléséért felelős személyek is voltak: így például a filológus Zénodotosz (i. e. 330-260), vagy később a rendkívül sokoldalú Eratoszthenész (i. e. 275-195), a matematikai földrajz nagy alakja, Arkhimédész barátja.

A Múzeum mintegy 700 éven át működött (nagyjából az i. e. 300 és az i. sz. 400 közötti időszakban), bár nem mindig egyformán kedvező körülmények között. Különösen az első százötven-kétszáz éve volt jelentős. Története során olyan tudósok töltöttek itt hosszabb-rövidebb időt, mint Eukleidész, az orvos Hérophilosz (i. e. III. század), a peripatetikus lampszakoszi Sztratón (i. e. III. század), Arkhimédész (i. e. 280-212), Eratoszthenész, a matematikus pergéi Apollóniosz (i. e. III. század), a csillagász Hipparkosz (i. e. 190-125), a Julius Caesar-féle naptárreformot elősegítő Szoszigenész (i. e. I. század), a mechanikus Hérón (I. sz. vége-II. sz. közepe), a híres Ptolemaiosz (83-161), a matematikus Diophantosz (III. század), Papposz (320 körül) és Hüpatia (370-415).108 A Múzeum működésének vallási fanatikusok támadásai vetettek véget. A Múzeumhoz kapcsolódó Könyvtár i. e. 47-ben részben elpusztult, a maradványok valószínűleg a Múzeummal együtt semmisültek meg a IV. században. Más források azonban arról tudósítanak, hogy csak 641 -ben, Alexandria arab megszállása során tüzelték el a megszálló csapatok a könyvtár könyveit. Tanulságos történet. Úgy néz ki, hogy a könyvek sokak szemében nagyon veszélyes dolgok.

108R. Taton (ed.): History of Science. Ancient andMedieval Science from the Beginnings to 1450 (Basic Books, New York, 1963) 264. o.

Figyelemre méltó, hogy az alexandriai Múzeumhoz és Könyvtárhoz hasonló intézmények az ókorban más helyeken is szerveződtek, bár azok kulturális hatása lényegesen kisebb volt. Jelentősebb intézmények működtek pl. a kisázsiai Pergamonban (ahol a pergamen használatát, vagyis a megfelelően kikészített állati bőrre való írást is feltalálták), majd később Rómában és Konstantinápolyban is.

Az alexandriai Múzeum és Könyvtár rendkívüli jelentőséggel rendelkezett a hellenikus kultúra kialakítása, művelése és elterjedése szempontjából. Működése során döntő mértékben járult hozzá a tudományos és filozófiai gondolkodásmód elválásához, megfelelő feltételeket és kedvező kereteket biztosítva a kialakuló tudományos gondolkodás és tudományos módszertan fejlődéséhez és megerősödéséhez, számos tudományos diszciplína megjelenéséhez, ill. megszilárdulásához, a tudománnyal hivatásszerűen foglalkozó tudósok megjelenéséhez.

#### C. Arkhimédész, az ókor legjelentősebb matematikai fizikusa

A görög tudós klasszikus alakja Arkhimédész (i. e. 287-212). Legendás élete és az elmélyült gondolkodás által uralt személyisége már kortársai körében csodálatot váltott ki. A Szicília szigetén található Szirakuzában élt és dolgozott, bár bizonyosnak látszik, hogy valamennyit tartózkodott Alexandriában is. Mechanikai, ill. gépszerkesztői munkássága mellett elsősorban matematikai, ill. a matematika módszerét alkalmazó fizikai kutatásai tették híressé. (Utóbbi tevékenységét ma talán matematikai fizikainak mondanánk.) Lenyűgöző tudományos teljesítményével és kutatási módszereivel kivívta Galilei és Einstein csodálatát is.

Arkhimédész legfontosabb matematikai eredményeiről könyvünk görög matematikai fejezetében már szóltunk. Másrészt köztudott, hogy nagy jelentőségű matematikai eredményei mellett számos fontos fizikai tételt is felismert, így például az ő nevéhez fűződik több alapvető statikai tétel kimondása és matematikai nyelven való megfogalmazása. Korabeli források beszámolnak Arkhimédész gépezetépítő zsenialitásáról is (“adjatok egy fix pontot, és én kifordítom sarkaiból a világot”), a különféle általa épített mechanikai eszközökről, különösen hatásos hadigépekről és egy - az égitestek mozgását utánzó - planetárium létrehozásáról is.109

109Lásdpl. Szabó Á., Kádár Z.\ Antik természettudomány (Gondolat, Budapest, 1984), 155-161. o.

Vegyük észre, hogy Arkhimédész fizikai munkássága látszólag nem illik bele a korabeli peripatetikus fizika rendszerébe. Ahogy már említettük is: az arisztotelészi fizika a dolgok és folyamatok leírásában azok természetének jellemzésére tette a hangsúlyt, vagyis elsősorban a minőségi különbségek érdekelték, így általában mellőzte a mennyiségi leírást és a matematika használatát. Arkhimédész pedig - úgy tűnik - éppen az ellenkezőjét csinálja: a vizsgált fizikai jelenségek matematikai leírására törekszik. Vajon miért, vajon miféle motivációk hatására törekszik erre, tevékenysége vajon ténylegesen ellentétben áll a peripatetikus gondolatvilággal? Az e kérdésekre adandó válaszhoz vizsgáljuk meg, hogy az arisztotelészi tudományfelfogásban vajon milyen kapcsolatot tételezhetünk fel a matematika és a fizika (természetfilozófia) között?

Az arisztotelészi tanítás szerint a fizika (természetfilozófia) azokkal a dolgokkal foglalkozik, amelyeknek önálló létük van, de nem változatlanok, vagyis a változás és nyugalom elvét magukban hordozó “természetes” dolgokkal. A matematika tárgya ellenben a változatlan, ám önálló léttel nem rendelkező dolgok (mint pl. a számok és a térbeli alakzatok) tanulmányozása. E definíciók szerint tehát a matematika és fizika az arisztotelészi tudományrendszerben egymást kölcsönösen kizáró tudományterületeknek tűnnek, így érthetőnek látszik, hogy a peripatetikus fizikusok nem hasznosították a korabeli matematikát. Ám, ha kicsit alaposabban szemügyre vesszük a fenti meghatározásokat, más eredményt is kaphatunk.

Vizsgáljuk meg először a matematika értelmezését. A matematikai objektumok létezésének kérdésében az arisztotelészi szemléletmód radikálisan szemben állt Platón tanításával.

* Platón a matematikai objektumoknak a konkrét fizikai létezőktől független, önálló, örök létezést tulajdonított az ideák tökéletes világában.
* Arisztotelész Platónnál szemben azt hangoztatta, hogy a matematika objektumai a (változékony) fizikai testek bizonyos - a változékonyságtól elvonatkoztatott, s így állandónak tekinthető -, de önállóan nem létező meghatározottságai. A matematika fogalmai (a szám, az egyenes, a görbe, stb.) vizsgálhatók úgy, hogy mellőzzük a mozgásokkal, ill. az érzéki valósággal való kapcsolatukat, de ez nem jelenti azt, hogy ezek a fogalmak önmagukban, önállóan is léteznének, ezek pusztán elvonatkoztatások.

A matematikus elvonatkoztat mindentől, ami érzékelhető - például a vizsgált dolog nehéz vagy könnyű voltától, a keménységétől és lágyságától, a dolog minőségét meghatározó melegtől és hidegtől, s csak a dolog egyetlen oldala érdekli, csak azt tartja meg, ami tisztán mennyiségi jellegű.110 Világos, hogy pl. a legváltozatosabb anyagú, hőmérsékletű, keménységű, sebességű stb. dolog lehet egy, kettő, három stb., s amennyiben csakis a számokat akarjuk tanulmányozni, az összes említett adottságtól el kell tekintenünk. Az is nyilvánvaló, hogy a dolog “száma” nem változik meg, ha melegebb, hidegebb, gyorsabb, lassabb, vagy akár keményebb lesz, a “szám” fogalma tehát kifejez valamiféle állandóságot is. Mindebből remélhetőleg látható, hogy az arisztotelészi tudományfelfogást követve egyáltalán nem lehetetlen matematikát használni bizonyos fizikai összefüggések leírására - mindössze arra van szükség, hogy megfelelő módon válasszuk ki a vizsgált fizikai jelenségkört és szemléletmódot.

110Lásd pl. D. Ross: Arisztotelész (Osiris, Budapest, 1996) 94-95. o.

Arkhimédész választása az egyensúlyokra esett, vagyis az általa tanulmányozott fizikai jelenségekben éppen az állandóságok az egyensúlyok fennállásának feltételeit vizsgálta. Vegyük észre, hogy ez a jelenségkör ugyan lényegesen szűkebb, mint a peripatetikusok által általában vizsgált fizikai jelenségek köre, de nyilvánvalóan beletartozik abba. Kutatásai tárgyának ezzel a kiválasztásával Arkhimédész képes volt az arisztotelészi értelemben vett fizikához és matematikához is tartozó problémát választani. Az arkhimédészi statika, a mozgás és nyugalom elvét magukban hordozó természetes dolgok nyugalmának feltételeit tanulmányozva, nyilvánvalóan része lehetett az arisztotelészi fizikának - és mint a különféle, egyensúlyban lévő dolgokban kifejeződő, azokból elvonatkoztatható és mennyiségi összefüggésekben megfogalmazható állandóság, megfelelhetett az arisztotelészi matematikai követelményeknek is. (Megjegyeznénk, hogy az arkhimédészi statika legtöbb eredménye a matematika platonista felfogását követve is elérhető lett volna. Ebben az esetben az arkhimédészi statikát fizikai objektumokra alkalmazott matematikának kellene tekintenünk. Mindazonáltal úgy tűnik Arkhimédész nem ezt az utat járta. Noha egyes történészek matematikusnak tartják, véleményünk szerint statikai kutatásai során valójában a matematika módszerét hasznosító fizikusi tevékenységet folytatott.)

Arkhimédész gondolkodói nagysága tehát mindenekelőtt abban a felismerésben nyilvánult meg, hogy elfogadva az uralkodó arisztotelészi tudomány felfogás matematikára és fizikára (természetfilozófiára) vonatkozó megállapításait is, sikerült kiválasztania azt a jelenségkört, amelynek a leírása és értelmezése során mindkét tudományterület követelményrendszerének megfelelhetett. Az arkhimédészi sztatikát ilyenformán joggal tekinthetjük az arisztotelészi tudományrendszer keretei között létrejött matematikai fizikának.

Ezen a ponton felfigyelhetünk arra is, hogy kialakulását követően ezen a tudományterületen a peripatetikus fizika “elméleteitől” nagyon is különböző elméletek jönnek létre. A peripatetikus fizika (természetfilozófiai absztrakciókkal dolgozó elméleti leírásai mellett megjelenik a - természetfilozófiaitól eltérő - matematikai absztrakciókkal is dolgozó elméletek lehetősége.111 Ezek alapján talán azt is mondhatjuk, hogy Arkhimédész a (természet)tudományos elmélet felfedezője, azé az elméleté, amelyik egyesíti magában a (természet)filozófiai és a matematikai elméletet, vagyis a minőségi és mennyiségi relációk egyidejű leírására képes, s egyszerre nyújt megértést és előrelátást is. A hellenisztikus korszakban ilyen elméletek megjelenését figyelhetjük meg a geometria, a harmónia-tan, a (geometriai) optika, a csillagászat és a matematikai földrajz esetében is. (Ugyanakkor a filozófiai elméletek helyett, ill. velük együtt alkalmazott matematikai elméletek persze nem feltétlenül kötődnek a fent jellemzett arisztoteliánus matematika-felfogáshoz, hanem pl. platonisták is lehetnek. Ez esetben a tudományos elméletek működésmódja és valósághoz való viszonya is más lesz.)

111Ezúttal nincs módunk a filozófiai és matematikai absztrakció (általánosítás és elvonatkoztatás) közötti viszony részletes jellemzésére. Mindössze arra hívjuk fel a figyelmet, hogy a filozófiai absztrakció inkább minőségi, a matematikai pedig inkább mennyiségi jellegű és a segítségükkel létrehozott elméletek is inkább efféle relációkat képesek kezelni, vagyis a filozófiai elméletek a minőségek közötti kapcsolatokat, a matematikaiak pedig a mennyiségi viszonyokat írják le. Egy mai tudományos elmélet jó esetben (az arkhimédészi sztatikához hasonlóan) egyszerre mindkét elméletet tartalmazza.

* Az elméletbe foglalt matematikai elmélet alapján számítások segítségével pl. jóslatokat lehet tenni,
* míg a bennefoglalt filozófiai elmélet alapján, az elmélet interpretálása (értelmezése) révén a kérdéses jelenségkör megértését érhetjük el.

Arkhimédész fizikusi tevékenysége nem csak a matematika módszerének alkalmazásában, hanem abban a vonatkozásban is eltért a szokásos peripatetikus gyakorlattól, hogy kutatásaiban tudatosan alkalmazott mechanikai eljárásokat, mechanikai “modelleket”. Az Arkhimédész előtti görög kultúra a szemlélődő, elmélkedő magatartást tartotta inkább értékesnek, és lenézte a fáradtságos fizikai munkavégzés különféle formáit, így pl. a kézműves tevékenységet, vagy az ilyenformán létrehozható dolgokat, eszközöket, szerkezeteket. Mindez azzal járt, hogy a gépezetépítés gyakorlata és elmélete, a mechanika alig fejlődött, s Eudoxosz (i. e. 408-355) és Arkhytasz (i. e. 427-347) korai próbálkozásait sokáig nem követték mások. Arkhimédész korában a negatív attitűd némileg már megváltozott, s a mechanika polgárjogot szerzett. Különösen igaz ez Szirakuza, Arkhimédész lakóhelye esetében, hiszen ez a város a korszak egyik technikai központja volt. Arkhimédész hadigépek építése mellett tudományos munkája során is hasznát látta mechanikai eszközök alkalmazásának. Talán érdekes volna kicsit részletesebben is megismerni Arkhimédész jellegzetes kutatási módszerét. Ő maga így írt erről egy Eratoszthenészhez küldött levelében:

“ ... leírom és elküldöm neked... speciális módszeremet, amelynek segítségével képes leszel rá, hogy bizonyos matematikai problémákat a mechanika segítségével ismerj fel. Meg vagyok győződve róla, hogy ez nem kis haszonnal jár a tételek bizonyításánál. Néhány dolgot ugyanis, amely először mechanikai módszerrel vált világossá előttem, geometriailag is bebizonyítottam, mert vizsgálatuk a mondott módszerrel nem tekinthető tényleges bizonyításnak. Viszont könnyebb a bizonyítást szolgáltatni, ha a megadott módszer szerint előzetesen már némi ismereteink vannak a kérdéssel kapcsolatban, mint azt megtalálni minden előzetes tájékozódás nélkül ...”112

112Simonyi korábban idézett könyve második kiadásának 77. oldalán található fordítás nyomán.

Látható, hogy Arkhimédész tudományos kutatási módszere sajátos formában kombinálja a mechanikai modellek és a geometriai bizonyítási eljárások alkalmazását. Figyeljük meg, hogy itt nem a kísérleti és elméleti módszerek egymást követő alkalmazásáról van szó, hanem inkább olyasmiről, amit ma modellezésnek mondanánk.

**A vizsgált szituációk “mechanikai módszerrel” való tanulmányozása a probléma “mechanikai bizonyítását” is szolgáltathatja, s így valamilyen mértékben megáll a maga lábán, annak ellenére, hogy az ilyen eredmények nem tekinthetők szigorú értelemben bizonyítottnak. (Gyakorlati alkalmazások során viszont nagyon is hasznosak lehetnek.)**

A geometriai (vagy matematikai) módszert követve ismét bejárjuk az elméletépítés egész útját. Ezúttal a “mechanikai ismereteket” felhasználva könnyebb dolgunk van, így jobb eséllyel követhetjük a geometriában meghonosodott szigorú bizonyítási eljárásokat. Az eredményül kapott, megfelelően bizonyított matematikai tételek valamilyen mértékben szintén megállnak a maguk lábán. Talán érdemes kihangsúlyozni, hogy mindkét esetben ugyanazokról az ismeretekről van szó - ami eltér, az az ismeretek összefüggésrendszere, kontextusa. A kérdéses ismeretek matematikai módszerrel való bizonyítottsága gyakorlati szempontból majdnem lényegtelen, de az ilyen ismeretek tudományos értéke nyilván nagyobb. A mechanikai “modellek”-re vonatkozó ismeretek lehetővé teszik a tudásnak sok valóságos helyzetben való eredményes felhasználását. A tudományos elméletekben koncentrálódó bizonyított tudás pedig lehetővé teszi az előrelátást és a kérdéses probléma megértését. Arkhimédész élete során mindkét tevékenységet egyaránt gyakorolta: gépezetépítő mechanikus és matematikai fizikus volt egy személyben.

Tekintsük át röviden, hogy Arkhimédész milyen nevezetesebb eredményeket ért el módszerének alkalmazásával. Az “Úszó testekről” című munkájában a hidrosztatika problémáit tárgyalja. Magyarázatot ad a testek úszására s ennek során megfogalmazza híres elvét is a folyadékokba merülő testek “súlyveszteségéről”. A kérdéses hely egyik fordítása így hangzik:

“... VI. tétel. Ha a folyadéknál könnyebb szilárd testeket folyadékba merítjük, olyan erővel igyekeznek a felszínre, amely egyenlő azzal a súlytöbblettel, amennyivel a testek térfogatával azonos térfogatú folyadék nehezebb ezeknél a testeknél...

... VII. tétel. Ha a folyadékoknál nehezebb szilárd testeket folyadékba merítjük, azok egyre mélyebbre süllyednek, míg feneket nem érnek; ezek a testek a folyadék belsejében lévén, annyit vesztenek súlyukból, amennyit e testek térfogatával egyenlő térfogatú víz nyom ...”113

113P. Sz. Kudrjavcev: Afizika története - az antik fizikától Mengyelejevig (Akadémiai, Budapest, 1951) 65. o. nyomán.

Arkhimédész a folyadékok természetére vonatkozó hipotézise alapján bizonyítja is ezeket az állításokat. (Bizonyításának rövid összefoglalását megtalálhatjuk pl. Kudrjavcev fentebb idézett könyvében.) Az “Úszó testekről” második könyvében Arkhimédész tárgyalja paraboloid alakzatok úszásának stabilitását is. Egy koszorú aranytartalmának meghatározásával kapcsolatos híres kísérlete114 arra mutat, hogy - legalábbis a gyakorlatban - képes volt az anyagi minőségre jellemző fajsúly fogalmának hatékony használatára is.

114 Lásd pl. Szabó Á., Kádár Z.: Antik természettudomány 162-164. o.

További fontos statikai eredményeit a "Síkok (vagy Síkidomú testek) egyensúlyáról” című műve tartalmazza. Itt főként az emelőkre vonatkozó - jórészt már korábban is ismert - szabályokat tárgyalja, de már a matematika módszerének igénybevételével. így pl. ha a közepénél felfüggesztett rúd két oldalára helyezett súlyok hatásait vizsgáljuk, a következőket mondhatjuk:

“... posztulálom az alábbiakat:

1. Egyenlő súlyok egyenlő távolságra [a középponttól] egyensúlyban vannak, és egyenlő súlyok nem egyenlő távolságra [a középponttól] nincsenek egyensúlyban, hanem azon az oldalon hajlik le a kar, amelyiken a súly nagyobb távolságra van a középponttól.

2. Ha olyan súlyok közül az egyikhez, amelyek egyensúlyban vannak, hozzáadunk valamit, megbomlik az egyensúly, és azon az oldalon hajlik lejjebb a kar, amelyiken a hozzáadás történt

3. Ha adott tömegek bizonyos távolságokra [a középponttól] egyensúlyban vannak, más, velük egyenlő tömegek ugyanezekre a távolságokra [a középponttól] szintén egyensúlyban lesznek …." 115

115Szabó Á., Kádár Z.: Antik természettudomány 133. o.

Ilyenféle posztulátumok ismeretében Arkhimédész bizonyítja pl. a következő tételeket:

"... 1. tétel: Súlyok, amelyek a középponttól egyenlő távolságokra egyensúlyban tartják egymást, egyenlőek...

2. tétel: Nem egyenlő súlyok egyenlő távolságokra a középponttól nem tartják egyensúlyban egymást, hanem azon az oldalon hajlik lejjebb a kar, amelyiken nagyobb a súly ...

3. tétel: Nem egyenlő súlyok nem egyenlő távolságokra a középponttól egyensúlyban tarthatják egymást, ha a nagyobb súly kisebb távolságra van a középponttól ...116

116u”Uo.

A fenti megfogalmazásokat összevetve elég világosan felismerhető a különbség: a posztulátumok a mechanikai modellek használatán alapuló tapasztalati szabályokat foglalják össze; az adott módon megfogalmazott tételek viszont már alkalmasak a szigorú matematikai bizonyításra is. A bizonyított tételekből összeálló statikai elmélete képes az emelőkre és az egyszerű gépekre vonatkozó legtöbb probléma értelmezésére és kvantitatív kezelésére is, így az arkhimédészi statikai teória tulajdonképpen az első (természet)tudományos elmélet. Ez természetesen a fentebb megemlített részletei mellett tartalmazott további fontos megállapításokat is, pl. a testek súlypontjával kapcsolatban. Arkhimédész bizonyításainak, ill. további konkrét eredményeinek ismertetését ezúttal mellőzzük. További érdekes adalékokat találhatunk különféle könnyen hozzáférhető tudománytörténeti munkákban, így pl. Kudijavcev, Szabó Árpád és Simonyi Károly alapos áttekintést nyújtó könyveiben.117

117P. Sz. Kudrjavcev: A fizika története - az antik fizikától Mengyelejévig (Akadémiai, Budapest, 1951); Szabó Á., Kádár Zz. természettudomány (Gondolat, Budapest, 1984); Simonyi Károly: A fizika kultúrtörténete (Gondolat, Budapest, 1978, 1981, stb.).

Arkhimédésznek, a hellenisztikus korszak nagy tudósának eredményeit főként későbbi korok mechanikusai hasznosították. Módszertanával némileg rokon eljárásokat alkalmaztak egyes csillagászati, geometriai, optikai és matematikai földrajzi gondolatmenetekben. Ámbár mivel a matematika platonista felfogása az arisztotelészi felfogás ellenében egyre inkább teret nyert, ezért nem teljes egészében, hanem inkább csak a matematikai módszer alkalmazásának arkhimédészi gondolatát valahogyan elfogadó formában. Ugyanakkor a hellenisztikus fizika legnagyobb része, az orvoslás, az állat és növénytan egyértelműen Arisztotelész és Theophrasztosz hatása alatt fejlődött tovább, ezeken a területeken egyáltalán nem alkalmazták sem a platonista matematikát, sem az arkhimédészi módszertant.

### 4. A görög-római kor fizikai és kémiai ismeretei

A görög-római kor tudománya az i. e. 100-i. sz. 600 közötti korszakban elsősorban a korábban elért eredményeket alkalmazó, összefoglaló, kommentáló tudománynak látszik, ebben az időszakban kevesebb eredeti elgondolás jön létre. Másrészt hangsúlyozottabbá válik a tudományos ismeretek gyakorlati hasznosításának igénye is. A rómaiak gyakorlatias szemléletmódját talán jól illusztrálja a Julius Caesar által bevezetett naptárreform. Ennek során a csillagászat és a matematika konkrét gyakorlati alkalmazást nyert: a reformterveket alexandriai csillagászok készítették, a reform eredményeit viszont a birodalom egész közössége hasznosította. Semmiképpen se lehet azt mondani, hogy a római hódítók ellenségesen viselkednének a hellenisztikus tudományokkal kapcsolatban, sőt azt lehet látni, hogy pl. az alexandriai Múzeumot és Könyvtárat évszázadokig támogatásban részesítik, ami további fontos eredmények elérését teszi lehetővé, így pl. Hérón számos alkotását, Ptolemaiosz nagyszabású összefoglaló csillagászati munkáját, és sok matematikai felfedezést is (pl. trigonometria). A hellenisztikus kultúra erős pozícióira utal az is, hogy a Római Birodalomban kb. az i. sz. II. századig egyértelműen a görög volt a kultúra nyelve, a művelt ifjak pl. gyakran görög nevelőktől tanultak; a latin csak a II. századtól vált hasonló mértékben jelentőssé a kultúra területén. Sajátos módon a művelt rétegek kétnyelvűsége is hozzájárult a görög kultúra középkori eltűnéséhez, ugyanis csak kevés görög szöveget fordítottak le latinra, így a későbbiekben a latin kultúrára épülő középkori európai kultúra kénytelen volt nélkülözni számos fontos hellén gondolatot.

Mindazonáltal a tudomány fejlődése az i. sz. II. századtól lassulni látszik. Az új eredmények helyett inkább a korábbi eredmények összefoglalásai, magyarázatai kerülnek előtérbe, egyfajta “tudományos ismeretterjesztés” zajlik. (Szerencsés módon gyakran ezek a népszerű gyűjtemények, kézikönyvek őriztek meg egyébként elveszett antik műveket, műrészleteket.) Ebben a munkában különösen jelentős teljesítményt nyújtott a 74 művet létrehozó Marcus Terentius Varró (i. e. 116-27), és az idősebb Plinius (i. sz. 23-79), a 37 könyvből álló “Természetrajz” alkotója, de bizonyos mértében hasonló Lucretius Carus (i. e. 96-55) tevékenysége is a démokritoszi-epikuroszi világfelfogás verses összefoglalásával. A tudományos gondolkodás pozícióvesztésével párhuzamos folyamatban megfigyelhető számos mágikus, misztikus tanítás térnyerése is, így pl. a neopüthagoreizmus és a hermetizmus felemelkedése, az alkimista eszmerendszer megjelenése és terjedése. Másrészt a kialakuló keresztény világkép számos vonatkozásban - pl. a Biblia szó szerinti értelmezését követve - szembekerül a tudományos felfogással, s a kereszténység társadalmi helyzetének megerősödése a tudományos gondolkodást hátrányos helyzetbe hozza. Némileg más a helyzet Keleten. Bizánc továbbra is őrzi és reprodukálja a görög kultúra sok elemét, így pl. az arisztotelészi fizikát is.

A továbbiakban röviden áttekintjük e korszak fizikai és kémiai gondolkodásának fontosabb összetevőit. Mindenekelőtt az alexandriai fizika fejleményeit idézzük fel, majd a késő antik Arisztotelész kommentátorok nézeteit ismertetjük, végül az e korszakban megjelenő alkímia kialakulásának a körülményeit szeretnénk bemutatni. A témák rövid tárgyalását talán az is indokolja, hogy a tudományos gondolkodás fejlődését tekintve ezeknek a problémáknak a jelentősége némileg korlátozott.

#### A. Fizika Alexandriában: mechanika, pneumatika, optika

Az alexandriai fizika legjelentősebb képviselőjének - annak ellenére, hogy Szirakuzában élt és dolgozott -, Arkhimédészt tekinthetjük. Mindazonáltal azokat a további jelentős teljesítményeket, fontos eredményeket is érdemes felidézni, amelyek részben az ő munkásságának a hatására, részben azoktól lényegében függetlenül jöttek létre. Úgy tűnik, hogy az első csoportba sorolhatjuk a mechanikusok tevékenységét, akik a gépek építésének elveivel és gyakorlatával, valamint a vákuum, ill. a légnyomás természetének tanulmányozásával és gyakorlati felhasználhatóságával foglalkoztak, míg a második csoportba a fény természetével és az optikai jelenségek értelmezésével kapcsolatos eredmények tartoznak.

A mechanikusok legjelentősebb alakja alexandriai Hérón (I. sz. vége-II. sz. közepe), akinek számos munkája fennmaradt, így pl. a “Mechanika” amelyik a gépek építésével és általánosabb statikai és dinamikai kérdésekkel is foglalkozik, valamint a levegő és a légnyomás jelenségeinek tanulmányozásával foglalkozó híres “Pneumatiká”- ja. Mechanikai és pneumatikái munkásságában valószínűleg felhasználta az alexandriai Ktészibiosz (i. e. III. sz.) - akit pl. az orgona létrehozójának tartanak - és a bizánci Philón (i. e. III.—II. sz.) - “A mechanika szisztematikus tárgyalása” című mű szerzője - eredményeit is. Hérón “Mechanika” című munkája tárgyalja az öt egyszerű gép működését, kimutatva pl. azt is, hogy ezek segítségével adott erővel el tudunk ugyan mozdítani egy adott súlyt, de minél kisebb erőt alkalmazunk, annál tovább kell kifejtenünk ezt az erőt, a kívánt elmozdulás elérése érdekében

Gyakorlati szempontból jelentős a “meghajlított emelőre” vonatkozó elve, és bizonyos súrlódásos mozgások természetének leírása is.

Talán ezen a ponton érdemes felvetni a kérdést, hogy vajon a mechanikusok tevékenysége milyen mértékben kapcsolódik a fizikához, s nem technikai jellegű-e inkább, s így nem a mérnöki tudományokhoz tartozó-e? Ebből a szempontból tanulságos felidézni az alexandriai Papposz (i. sz. III. sz.) véleményét, aki “Matematikai gyűjtemény” című művében a következőket úja:

“ ... A mechanika tudománya nemcsak hasznos sok fontos gyakorlati vállalkozás szempontjából, hanem ... foglalkozik a természet titkaival és az anyag elemi összetételével a kozmoszban.

Vizsgálja a testeket nyugalmi helyzetükben, természetes törekvésükben, és egyáltalán helyváltoztatásukban. Nemcsak a mozgás okait deríti ki, hanem eszközöket is konstruál, amelyekkel eléri, hogy a testek természetük ellenére megváltoztassák helyzetüket, azaz: elhagyják természetes helyüket. Ebben a törekvésében a mechanika tudománya olyan elméletekre épít, amelyeket az anyag vizsgálatából vont el.”118

118Szabó Á., Kádár Z.\ Antik természettudomány (Gondolat, Budapest, 1984), 150.

Érdekesnek tűnik megemlíteni, hogy a mechanikának nevet adó ógörög “mékhané” szó jelentése: furfangos szerkezet, agyafúrt mesterkedés, kijátszás. A mechanikán belül további tagozódást regisztrálhatunk:

“... A Hérán iskolájához tartozó mechanikusok azt tanítják, hogy ez a tudomány elméleti és gyakorlati részből áll. Az elméleti rész magában foglalja a geometriát, aritmetikát, asztronómiát, és fizikát; a gyakorlati rész viszont olyan ágakra oszlik, mint: fémmegmunkálás, építészet, ácsmesterség, festés, valamint azok a kézműves tevékenységek, amelyek ezekkel a mesterségekkel kapcsolatosak.”119

119Uo

Az idézett helyen Papposz felsorolja a gyakorlat szempontjából legfontosabb mechanikusi tevékenységeket is: a gépek segítségével nagy súlyokat mozgatni képes manganariusok munkáját, a hadigépek építését, a vízemelő szerkezetek létrehozását, ámulatba ejtő automatikus szerkezetek előállítását, és a planetáriumkészítést.

Ha ezeket a megállapításokat összehasonlítjuk a fentebb tárgyalt párszáz évvel korábbi arkhimédészi metodológiai eljárással, világosan látszik az értékek jelentős átrendeződése.

* Arkhimédész ugyan használt már mechanikai modelleket, és épített számos mechanikai szerkezetet is, de úgy tűnik, hogy az ő szeme előtt elsősorban a tudományos eredmény, a természet szükségszerű összefüggéseinek felismerése, a természet megértése lebegett, míg
* a mechanikusok számára a hasznosítható tudás, a tudományos ismeretekre alapozott valamilyen mértékű természet feletti uralom is cél. A késő antik világ igényeit már nem a természet titkai által rabul ejtett gondolkodók, hanem inkább a gyakorlati feladatok megoldásával foglalatoskodó mechanikusok elégítik ki.

Ha az ógörög kultúrát a tudás iránti elkötelezettséggel jellemezzük, akkor

a római kultúrát kétségtelenül inkább a technológia iránti elkötelezettség jellemzi.

A görög-római kultúra maradandó teljesítményeinek eléréséhez nyilvánvalóan nagymértékben hozzájárultak a mechanikusok haditechnikai, építő-, és vízemelőgépei is.

A Papposz által jellemzett mechanika természetesen nem azonos az antik fizikával, és nem is valamilyen része annak, de nem tekinthető pusztán antik “mérnöki” tudománynak sem. Inkább a fizika egyik szemléletmódjának mondanánk, amelyiknek a kialakításában fontos szerepet kaptak a “mérnöki tevékenységet” előnyben részesítő konkrét társadalmi igények és körülmények. A késő antik mechanika tehát inkább az a fajta természetfilozófia, amit “mechanisztikus világfelfogás”-nak is nevezhetnénk, s ami valamivel szélesebb területet fog át, mint mondjuk az arisztotelészi természetfilozófia, a peripatetikus fizika. A “mechanikusok” szemléletmódja leginkább a XVII. századi “mechanisztikus” szemléletmóddal rokon. Ráadásul a tudósok célja mindkét esetben hasonló jellegű társadalmi szükségletek kielégítése, ahogyan azt majd könyvünk későbbi fejezeteiben látni fogjuk. <<<(((érdekes itt, amint a cél meghatározza a fogalmi eszközök használatát és magát az érdeklődést. Ami fogalmilag felhasználható, azt nem pusztán önmagában érdekesnek tekinti, hanem annak keresi gyakorlati hasznát. Sőt, talán fordítva is, keresi a fogalmi eszközt gyakorlati célokhoz? Akkor teheti meg, ha a fogalmi eszközök halmaza már van olyan gazdag, kifejlett, hogy válogatni lehessen bennük. …… De ennek érdekében tájékozódni kell a fogalmi eszköztárban. Talán ilyen a helyzet a személy fogalmával is és az általános közgazdasági modellezéssel. -FÁ)))>>>

A pneumatika problémái jelentős részben megegyeznek a mechanika problémáival, azzal a kiegészítéssel, hogy ezekben a szituációkban a légnyomás, ill. a vákuum természetét és hatásait aknázzák ki a gépezetek létrehozása során. Közkeletű felfogás szerint Hérón létrehozta volna a gőzgép ősét, híres eszközével, ami lényegében egy - a kiáramló gőz által forgatott - gömb. Ez sajnos tévedés: ez a szerkezet érdekes ugyan, ám működésmódja semmiféle elvi hasonlóságot nem mutat a későbbi gőzgépekével. Ennél lényegesen érdekesebbek azok a megfigyelések és kísérletek, amelyek a természet “vákuumtól való irtózását” demonstrálták. A lopó (klepszidra) működésének mindennapos tapasztalata, vagy Philón kísérlete, mely szerint a némileg vízbe merülő tartályban elégetett gyertya által “szétrombolt” levegő helyére víz nyomul, egyaránt a vákuum természetes körülmények közötti lehetetlensége melletti súlyos érvek.

A fény természetével kapcsolatos antik (természetfilozófiai) vélemények lényegében két jellegzetes csoportba sorolhatók. Egyik nézet szerint a fény valamiféle anyagáramlás, ami a testekről visszaverődve és a szemünkbe jutva láthatóvá teszi a testeket,120 míg mások véleménye szerint a szemünk által kibocsátott “látósugarakról” van szó, ezek verődnek vissza a látott testekről s teszik őket számunkra láthatóvá. Mindkét nézet képviselői hangsúlyozzák a fény gyors (esetleg végtelen) terjedési sebességét és egyenes vonalú teijedését.

120Ilyesfélét állít pl. Empedoklész és Démokritosz.

Több antik szerző is hozzájárult az ismert optikai jelenségek leírásához, a fényterjedés, a törés, a visszaverődés és a tükröződés értelmezéséhez. A legnevezetesebb művek: alexandriai Eukleidész (i. e. 365-300): “Optika”, Hérón: “Katoptrika” (tükrözéstan), Ptolemaiosz (83-161): “Optika”. Ezeket a műveket ma valószínűleg a geometriai optikához tartozónak mondanánk (egyes szerzők szerint ténylegesen a geometria egyik részéről van szó), hiszen a “látósugarakra” vonatkozó geometriai tárgyalást nyújtják, az ott kialakított eljárásokat és metodológiát is követve, geometriai szerkesztéseket bemutatva, posztulátumokat és bizonyított tételeket, megoldandó feladatokat sorakoztatva egymás után. Elsősorban a síktükrök képalkotását értelmezik, de foglalkoznak a virtuális kép, a perspektíva problémáival és a levegő-víz határfelület törési szögeinek meghatározásával is. A késő antik optika pozíciója és funkciói erősen emlékeztetnek a mechanikáéra: kifinomult matematikai elmélethasználat és különféle gyakorlati eszközök építésének az együttes igénye érvényesül itt is. Hérón “Dioptra” című munkájában ismerteti pl. egy gyakran használt, szögmérésen alapuló irány- és szintmérő eszköz működését is.

#### B. Késő antik Arisztotelész kommentárok

Ha korábban azt mondtuk, hogy a késő antik korban a “mechanikusok” szemléletmódja bizonyos értelemben és valamilyen mértékben az arisztotelészi természetfilozófia korábbi meghatározó szerepére tarthatott igényt, akkor talán érdemes még néhány további megjegyzéssel árnyalni a természetfilozófia korabeli helyzetét.

A II. század végére a korábban elterjedt természetfilozófiai nézetek közül az epikureizmus és sztoicizmus lényegesen visszaszorult, s alaposan meggyengültek az arisztotelianizmus pozíciói is. A politikai és ideológiai változások a platonizmus feléledésének kedveztek, s a III. századtól, az újplatonizmus (neoplatonizmus) kialakulásától a VI. századig egyértelműen ez az uralkodó filozófia a görög-római világban. Képviselői megpróbálják egységesíteni Platón és Arisztotelész felfogását, platonista alapon kihangsúlyozva a nézeteikben megtalálható hasonlóságokat. Álláspontjuk jelentős mértékben meghatározta a kereszténység kialakulófélben lévő filozófiáját. Természetfilozófiai szempontból érdekesek lehetnek az alexandriai “zsidó” Philón (i. e. 25-50), az ugyanott tevékenykedő Kelemen (150-211), Órigenész (185-254), Plótinosz (204-270) és - a valamennyiük közül talán leghíresebb filozófus - Augustinus (354-430) gondolatai. Az ő munkásságukból ezúttal talán elsősorban az emelhető ki, hogy Isten és a természet viszonyának tanulmányozását tartották alapvetőnek, amely álláspont persze egyaránt ellentétes volt az arisztoteliánus tradícióval és a mechanikusok világfelfogásával is. <<<(((talán túl hamar mond véleményt, hol az indoklás? -FÁ)))>>> Mindazonáltal a kereszténység felemelkedésével egyre inkább ez a gondolkodásmód jutott vezető szerephez, s a korábbi arisztotelészi természetfilozófia (és az azzal párhuzamosan fejlődésnek induló antik mechanisztikus világkép) helyét egyes arisztotelészi nézetek fokozatosan átértelmezett neoplatonista változatai vették át. A tulajdonképpeni arisztotelészi természetfilozófiára Nyugaton párszáz évig kevés figyelmet fordítottak, így az Európa nyugati részein lényegében ismeretlenné vált, de a Bizánci Birodalomban, ahol a görög forrásokat még értették, olvasták és ápolták, némileg más volt a helyzet. Ott érdekes módon kommentálták, sőt kritizálták az autentikus arisztotelészi tanításokat.

Három jelentős kommentátort érdemes megemlíteni, aphrodisziaszi Alexandroszt (III. sz.), az Alexandriában született Ioannész Philoponoszt (VI. sz.) és a valamivel fiatalabb, Athénben és Perzsiában is megfordult Szimplikioszt (VI. sz.)121 Alexandrosz kommentárjaiban az arisztotelészi tanokat védelmezte a platonizmussal szemben, de Philoponosz már sokkal kritikusabb kommentátor volt. A súlyos testek természetes mozgását (mechanikai nyelven szólva a szabadesést) tanulmányozta s egyrészt azt hangsúlyozta, hogy a súlyosabb test akkor is nagyobb sebességgel esik, ha van vákuum, s akkor is, ha nincs, hiszen valójában a test saját súlyának van jelentősége. Ugyanezért nem helyes (a horror vacui elv érvényesülése miatt bekövetkező) a testet mozgató levegő - szerinte egyébként is megalapozatlanul feltételezett - hatásával se számolni, hiszen az a hatás legfeljebb minimális lehetne. (A horror vacui elv lényegében egy peripatetikus dinamikai elv. A peripatetikus magyarázatok szerint ugyanis a levegőben mozgó testre nyilván folyamatosan erőnek kell hatnia, különben megszűnne a mozgása. Ezt egyes gondolkodók úgy látták lehetségesnek, hogy a mozgó test által széthasított levegő a test mögött ismét összecsapódik <<<(((8 éves gyerekként rajzokat csináltam a nagyon gyors tengeralattjáróról, amely előtt a víz szétválik és utána összezáródik, tehát a víz surlódása a hajó testtel nem hat rá. Eszerint az elvek, például a mozgó test mögött összezáródó levegő vagy víz gondolata nem különösebb teljesítmény, szinte velünk született. Nekem némi előnyt adott a modern kor gesztusokban is érezhető gondolkodása, gondolati sémái. Másik ilyen 10 éves kor alatti emlékem, hogy hittanon tanultuk a teremtéstörténetet, 6 nap alatt és annak lépéseit, földrajz órán pedig a világ keletkezésének korszakait. Hazamenve kételkedve mondtam nagyanyámnak, hogy a kettő nem ugyanaz a történet? Erre megdicsért, hogy jó gondolat és soha többet nem beszéltünk róla. Nem árt, hogy ezen asszociációk, elvi sejtések előzményeiről már görög korban … lehet olvasni. -FÁ)))>>> és ez a hatás löki folyamatosan előre a levegőben mozgó testet. A széthasított levegő ismételt összecsapódásának oka a horror vacui, a természet ürességtől való félelmét deklaráló elv. Az elv különféle változatait egészen a XVII. századig alkalmazták tudományos magyarázatokban.)

12lRészletes ismertetést találunk pl. a következő könyvben: S. Sambursky: The Physical World of Laté Antiqmty (Routledge, London, 1962).

Szimplikiosz lényegében egyetértett az arisztotelészi álláspontokkal, bár felhasználva Sztratón korábbi megfigyeléseit és azok értelmezését is, arra a következtetésre jutott, hogy a súlyos természetes testek - Arisztotelész erre vonatkozó nézeteivel szemben - valójában gyorsuló mozgást végeznek. Az arisztotelészi fizikához írt kommentárjai Zénón apóriáinak is fontos lelőhelyei.

#### C. Kémiai ismeretek és az alkímia kezdetei

Az ősi kultúrák (különösen az egyiptomi) gazdasági és kulturális tevékenységük során sok olyan technológiai eljárást fejlesztettek ki és használtak rendszeresen, amelyekben a későbbiekben kémiainak nevezett ismeretek sokasága játszott szerepet. Egyértelműen megállapítható, hogy már a görög tudományosság megjelenése előtt elterjedtek voltak az olyan tűzhasználaton alapuló technológiák, mint a sütés-főzés, a fazekasság, a fémkohászat, ill. a kovácsolás egyes technikái, mindenekelőtt a termésfémek felhasználása, majd az ércfeldolgozás révén réz, bronz, vas, sőt acél előállítása, egyes üvegipari eljárások, később az üvegfúvás is, vagy pl. a mész-, és gipszégetés. Széles körben gyakorolták a textilfestés eljárásait és az ehhez szükséges színezékek előállítását. Jól ismert volt a sör és bor előállításának módja, és rendszeresen használtak különféle gyógyhatású szereket és balzsamokat is. Ismert és tanulmányozott anyagok voltak az arany, az ezüst, a réz, a szén, a kén, az ólom, az antimon, az ón, a vas és a higany.

A görög-római fejlődés olyan további adalékokkal járult hozzá a kémiai ismeretekhez amelyek a fejlett kerámiaiparból származtak, ill. egyes fémötvözetek (pl. a sárgaréz), a cement, vagy a szappan előállítási technológiáiból eredtek.

Figyelemre méltó, hogy a fentebb említett, különféle anyagokra és technológiákra vonatkozó ismeretek az antik kultúrákban nem alkottak valamiféle egységes ismeretrendszert, semmiképpen sem lehet tehát antik anyagtudományról, vagy kémiáról beszélni. Általában persze az efféle technológiai tapasztalatokat is figyelembe vették az egyes korok uralkodó természetfilozófiái, mindenekelőtt Démokritosz, Platón, és Arisztotelész anyagszerkezeti elgondolásai, s így ezek az ismeretek is részei voltak a korabeli tudományos ismeretrendszernek: az anyagok tulajdonságait, a testek minőségi különbségeit, valamint mindezek változásait és átalakulási folyamatait értelmező magyarázatok a korabeli fizika (természetfilozófia) részét alkották. Mivel ezekről a teóriákról az egyes fizikai felfogások ismertetése során fentebb már volt szó, itt csak két - a legtöbb antik fizikai elgondolásban közös - problémakörre szeretnénk röviden visszautalni: az elemekre és az átalakulásokra vonatkozó gondolatokra.

A görög gondolkodók legtöbbje elfogadta a négy elemről szóló tan valamilyen változatát. Empedoklész (i. e. 495-435), akit egyesek e tan létrehozójának tartanak, például egész filozófiai rendszerét a négy egymásra visszavezethetetlen, változatlan, örök elem (tűz, víz, föld és levegő) segítségével építette fel. Más filozófusok is felhasználták ezt a tanítást, de rendszerint tovább analizálták, további "elemekre” bontották a “négy elemet''. Démokritosz különféle alakú atomokból és ürességből. Platón az elemi ideáknak tekintett “háromszögek”-ből építette fel a négy elemet, Arisztotelész pedig az anyagi szubsztrátumon működő elemi minőségek segítségével hozta létre őket. Talán már ezek alapján is látható, hogy a görögök általában elfogadták a létezők strukturáltságának, összetettségének gondolatát, a testek, ill. azok összetevőinek elemibb összetevőkre való felbontása, ill. ilyenekből való felépítettsége elvét. Ugyanakkor az elemiség kritériumai és szintjei számukra filozófiai, elvi jellegű kérdések voltak, s filozófiai értékrendjüknek megfelelően döntöttek róluk; ilyenformán a különféle természetfilozófiákban természetesen különböző (filozófiai) anyagelméleteket találhatunk.

A négy elemet igénybe vevő anyagszerkezeti álláspontok népszerűségéhez bizonyára hozzájárult az is, hogy ezeknek az elemeknek jól azonosítható, szemléletes és érzékileg könnyedén feltáruló tulajdonságaik vannak. <<<(((meg hogy talán nem a görögök találták ki őket -FÁ)))>>> Minden elemekről szóló elgondolásnak nyilvánvalóan gondot okoz ugyanis a választott elemek tulajdonságai és az ezekből az elemekből felépített objektumok tulajdonságai közötti kapcsolat elfogadható színvonalú levezetése. A különféle anyagok és testek tulajdonságainak a négy elem tulajdonságaiból való levezetése jól megfogalmazható és széles körben érdemben megvitatható problémakört jelentett. Ez alkalmat adott a nézetek kritikájára és továbbfejlesztésére, s az egész kérdéskörről jó eséllyel kialakulhatott valamiféle konszenzus is. A négy elem további összetevőkre való felbontása, s az ebből eredő további magyarázatok igénye már inkább valamiféle speciálisabb értékrenden, egyéni világfelfogáson és tapasztalatokon alapulhat. 122

122Lásd pl.: J. D. Bemal: Tudomány és történelem (Gondolat, Budapest, 1963); Balázs L.: A kémia története (Gondolat, Budapest, 1974).

A korabeli fizikai (természetfilozófiai) elméletekben megtalálhatjuk a testek (és anyagok) tulajdonságainak (pl. minőségének, színének, szilárdságának, hőmérsékletének) változásait értelmező gondolatmeneteket is. A tulajdonságváltozások legegyszerűbben a testet alkotó - saját természetüket tekintve változatlan minőségű - elemi összetevők testbeli arányainak megváltozásával magyarázhatók. Ekkor az a kérdés merülhet fel, hogy az elemi összetevők tulajdonságai változatlan formában épülnek-e be a keverékeikből létrejövő testekbe, vagy pedig minőségileg új tulajdonságok is létrejöhetnek ebben a folyamatban? Az első alternatívát ma inkább a keveredés fizikai folyamatának mondanánk, a második esetet pedig inkább a vegyülés kémiai folyamatával azonosíthatjuk. Számos antik szerző próbálkozik ezeknek a jellemző átalakulásfajtáknak a megkülönböztetésével.

Úgy tűnik, hogy a görög gondolkodók legtöbbje a testek, anyagok és tulajdonságaik átalakulásainak értelmezése során alkalmazott valamiféle naiv “megmaradási elvet” is. Vagyis a természetben átalakulásokról van szó, és nem pusztán keletkezésről, hiszen minden keletkezés valami más pusztulásával jár együtt és viszont; “semmiből nem lesz semmi”.123 (A görögök nem szimpatizáltak a semmiből való isteni teremtés gondolatával sem.)

123Lásd pl.: Balázs L., Hronszky I., Sain M.: Kémiatörténeti ABC (Tankönyvkiadó, Budapest, 1981).

Igaz ugyan, hogy a fentebb felidézett ókori technológiai ismeretekből nem állítottak össze valamiféle önálló tudományos vagy filozófiai rendszert, de ezeknek az ismereteknek jelentős részét felhasználva jött létre ebben a korszakban egy sajátos tevékenységforma és világszemlélet, az alkímia. Az alkímia természetesen sokféle formát öltött, sokféle törekvést hordozott az I. századi kezdetektől egészen a XVIII. századig húzódó története során. Úgy tűnik, hogy kezdeti - egyiptominak, hellénnek, vagy alexandriainak is nevezett - fejlődési szakaszában három különböző természetű összetevőt egyesít magában:

* egyiptomi technológiai ismereteket,
* bizonyos antik (arisztoteliánus, szofista, platonista) természetfilozófiai eszméket és
* ősi keleti, misztikus vallási tanításokat.

Maga a (későbbi évszázadok során kapott) alkímia név is az egyiptomi eredetre vall: az arab alkimiya kifejezés egyaránt utal a görög khuma (“fémek fúziója” jelentésű) és az egyiptomi chemi (jelentése: fekete) illetve a hellén “kémia” szóra. (Utóbbival a görögök Egyiptomra - fekete föld - és az alkimisták egyik kedvenc anyagára, a “fekete ólomra”, is utalhattak.)124

124R. Taton (ed.): History of Science. Ancient andMedieval Science from the Beginnings to 1450 (Basic Books, New York, 1963) 336. o.

Különösen bizonyos egyiptomi fémmegmunkálási technikák játszottak fontos szerepet az alkímia kialakulásában. Egyiptomi kézművesek, valószínűleg vallási szertartások számára, rendszeresen előállítottak színezett, díszített, ezüstözött fém-, kő- és szövettárgyakat. Úgy tűnik, hogy ezekkel rokon eljárásokról tudósítanak a Leydenben, ill. Stockholmban őrzött korabeli papirusztekercsek. Ezek a technológiai receptek nem tartalmaznak misztikus utalásokat, ill. értelmezéseket. Más források szerint valószínűsíthető asszír, ill. kínai technológiai ismeretek korabeli jelenléte is.125 Az anyagmegmunkáló technikák fejlettsége megfelelő gyakorlati ismereteket biztosított az alkímia számára.

125Lásd az előző jegyzetet, ill.: J. D. Bemal: A fizika fejlődése Einsteinig (Gondolat-Kossuth, Budapest, 1977), 115. o.

Az arisztotelészi anyagszerkezeti elképzelések, mindenekelőtt a “Meteorológiá”-bankifejtett formájukban, lehetővé tették az alkimisták számára, hogy a fémek tulajdonságainak megváltoztatása révén a fémek minőségének megváltozását is elérjék, vagyis szándékaik szerint átalakítsák azokat, pl. arannyá. (Ahogy korábban már láttuk, az arisztotelészi elgondolás alapja az anyagi szubsztrátumot megragadó ellentétes elemi minőségek küzdelme. Ez a folyamatos küzdelem azzal jár, hogy pl. az elemek átalakulnak egymásba. Ilyenformán, ha az alkimista elég ügyesen alkalmazza a minőségváltoztató technikákat, elérheti célját.) Az arisztotelészi természetfilozófia bizonyos elveinek elfogadása tehát elvileg lehetővé teszi az alkimisták gyakorlatát.

Mindazonáltal a hellén alkímia leglényegesebb összetevője, meghatározó tényezője, az elvi lehetőségek megvalósítására serkentő ösztönzése a sajátos misztikus tanításokban van. Ezek az elgondolások a korabeli hermetista, sztoikus, gnosztikus, neopüthagoreus, és neoplatonista tanítások elemeiből összeállított, különféle vallási elemekkel átszőtt nézetrendszerek. Az alapelveket és a legfontosabb műveket, a legmélyebb összefüggésekre rávilágító tanokat rendszerint valamilyen istentől, vagy isteni személytől, különlegesen tisztelt tekintélytől származtatják: Isistől, Hermésztől, Mózestől, Kleopátrától, Démokritosztól.

A hermetizmus például a Hermész Triszmegisztosz nevű istenségnek tulajdonított művekben kifejtett misztikus tanításokon alapszik, ezeket gyűjti össze a II. században keletkezett Corpus Hermeticum. A hermetista tanok sok közös vonást tartalmaznak az újplatonista és sztoikus világképpel is, de alapvető szerepet tulajdonítanak valamiféle szükségképpen titkos tudásnak, amit legfeljebb intuitív úton lehet felfogni. A tulajdonképpeni igazság a kimondhatatlan, - minél mélyebb igazságról van szó, annál inkább az - s a gondolkodónak az a feladata, hogy meglelje a lét, a régi tanítások, könyvek, isteni kinyilatkoztatások rejtett üzenetének megfejtéséhez a megfelelő kulcsokat.

A tulajdonképpeni alkimista munkák között híressé vált Pszeudó-Démokritosz126 (L-H. század) “Fizika és misztika” című műve, amelyikben talán elsőként próbálta kombinálni a technológiai, természetfilozófiái és misztikus tanokat. A leghíresebb hellén alkimista az Alexandriában tevékenykedő panopoliszi Zószimosz (V sz.) volt, aki könyveiben összefoglalta az alkímia addig elért eredményeit is. A legtöbb hellén alkimista mű Berthelot (1827-1907), a híres francia kémikus sikeres kutatómunkájának köszönhetően vált hozzáférhetővé.

126A “pszeudó” kifejezés arra utal, hogy a kérdéses mű valódi szerzője nem ismert, mivel munkáját más, tekintélyesebb szerző (ezúttal Démokritosz) neve alatt publikálta.

Az alkimista tevékenységek céljai közé tartozott az ún. alapvető fémek (réz, vas, ólom, ón) arannyá vagy ezüstté alakítása, vagy például az egészséget és örök fiatalságot biztosító “életelixír” előállítása. Ezeket elősegítendő megpróbálták felhasználni a reményeik szerint létrehozható “bölcsek kövét”, valamint különféle rituális gyakorlatokat és ceremóniákat, titkos beavatásokat, személyes erőfeszítéseket és varázslásokat. Az alkimista művek rejtett szimbolikájukkal, ezoterikus stílusukkal gyakran maguk is megfejtendő titkokként álltak olvasóik és követőik előtt.

A hellén alkímia leginkább talán valamiféle különös valláshoz hasonlítható, amelynek azonban számos sajátos, az alkimista személyiségének fejlesztését valamint a tudomány és technika fejlődését egyaránt elősegítő következménye is volt. Az alkimisták nagymértékben fejlesztették a bepárlás, oldás, desztillálás, és kristályosítás technikáit, és számos új laboratóriumi eszközt is előállítottak. Ezekben a fejlesztésekben élenjárt a III. században élt “zsidó” Mária. <<<(((? -FÁ)))>>>

## Összegzés *(Ropolyi László)*

Az antik tudomány ezeréves fejlődését áttekintve megállapíthatjuk, hogy a görögök sajátos társadalmi és politikai rendszereinek s ezek változásainak következtében a görögség képes volt megtalálni, megőrizni, lényegesen továbbfejleszteni, átörökítem és széles körben elterjeszteni a - korábban főként Egyiptomban és Mezopotámiában felhalmozódott - évezredes tudást. A görög viszonyok között kialakulhattak az összes ismeretet magukba foglaló filozófiai rendszerek, <<<(((ez pontatlan! Általában az ismereteket megalapozó ismeretelmélet volt fő eredményük – nem? Olyan ismeretelméleti alapokat, fogalmi sablonokat érleltek ki, amelyek később a szaktudományok önállóvá válását tették lehetővé, saját módszerük kialakítását úgy, hogy végül mégis egységes rendszert alkothattak. -FÁ)))>>> majd a filozófiáról leváltak a filozófiától eltérő célokat követő, más módszereket is alkalmazó tudásszférák, az ún. szaktudományok is. <<<(((a filozófiából kiszakadhattak, a filozófia mint táptalaj lehetővé tette a szaktudományok felépülését -FÁ)))>>> Létrejött az a gondolkodásmód és tevékenységforma, amit azóta is tudománynak nevezünk. A görög tudomány kiemelkedő teljesítményei, a matematika (mindenekelőtt a geometria) és a csillagászat számos későbbi évszázad során a tudományosság mintaképeként szolgálhattak, sok eredményük napjainkban is velünk van. A görögök fizikai, az állat és növényvilágra vonatkozó és orvosi ismeretei főként természetfilozófiai keretek között fejlődtek s álltak össze sajátos, összetett, harmonikus rendet tükröző világképekké. **A görögök világképe a környezetével való tevékeny összhangra törekvő aktív embert mutat, aki egy mozgásban lévő, ugyancsak aktív természeti és társadalmi környezetben él.** A görög ember inkább szemléli és értelmezi, mint használja környezetét. Mindemellett alkalomszerűen megjelenik a tudományos ismeretek hasznosításának igénye is, eredményeik főként a hadi technikákban, építő- és teherszállító eszközök és gépek létrehozásában hasznosulnak. Létrejön a tudományos tevékenységet lehetővé tevő infrastruktúra sok eleme: iskolák, könyvtárak és tudományos kutatóintézetek működnek évszázadokon át. A tudománnyal való foglalatosság metodológiái is fejlődésnek indulnak: létrejönnek a tudósok, ill. a tudományos művek kifejlődését és fennmaradását lehetővé tevő viszonyok, híres tudósok és művek születnek, kivételesen nagy egyéniségek alakulnak ki. A görög tudomány fejlődése a II. századtól lelassul, majd a VI. század körül véget is ér. A kedvezőtlen társadalmi viszonyok miatt sok tudós Perzsiába, ill. más vidékekre költözik. Lényegében velük megy a tudás is, hogy majd évszázadok múltán, arab tudósok ismét visszahozzák Európába.

Irodalom

Aristotclcs. Metafizika (Halasy Nagy József fordítása, 1936). Hatágú Síp, Budapest. 1992.

Aristotle. The Physics with cm English Translation bv P. H. Wicksteed and F. M. Cornford, I-II. vols.. Harvard University Press, Cambridge, és Heinemann, London. 1957.

Balázs, L..A kémia története. Gondolat, Budapest. 1974.

Benedek, István. A tudás útja (Negyedik, bővített kiadás). Magyar Könyvklub, Budapest. 1994.

Benedek, István. Hügieia. Az európai on’ostudomány története. Gondolat, Budapest. 1990.

Bemal, J. D.. Tudomány és történelem. Gondolat, Budapest. 1963.

Birtalan, Győző. Általános orvostörténelem (Egyetemi jegyzet). SOTE, Budapest. 1979.

Boeckh, A.. Untersuchungen über das kosmische System des Platons. Berlin. 1852.

Brittan, J. P„ Models and Precision: the Oualitv ofPtolemy's Observations and Parameters. Gerland, New York. 1992.

Bumet, J.. Early GreekPhilosophv (4th ed.). London. 1930.

Bynum, W. E, Browne, E. J., és Porter, R.. (eds.). Dictionary of the History of Science. Macmillan, London. 1982. Clagett, M.. Greek Science inAntiquitv. Abelard-Schumann, New York. 1955.

Cohen, M. R. és Drabkin, I. E.. A Source Book in Greek Science. Harvard U. P. Cambridge, Mass.. 1958.

Dicks, D. R.. Early GreekAstronomv toAristotle. Thames andHudson. 1970.

Dreyer, J. L. E.. A History ofAstronomy from Thales to Kepler. Dover Publication. 1953.

Duhem, P.. To Savé the Phenomena: An Essay on the Idea of Phvsical Theorv from Plató to Galileo. Chicago. 1969.

Eukleidész. Elemek. Gondolat, Budapest. 1983.

Evans, I. On the Origin of the Ptolemaic Star Catalogue 1 2.. Joum. fór the Hist. of Astronomy, 18 Part 2.. 1987. Farrington, B.. Tudomány az ókorban. Szikra, Budapest. 1949.

Fülöp, Zs..,4 bölcsek köve. Műszaki, Budapest. 1957.

Goldstein, B. R.. Saving the Phenomenon. Joum. fór the Hist. of Astronomy 28 Part 4.. 1997.

Hall, A. R. és Hall, M. B..A BriefHistory of Science. Iowa State U. P., Ames. 1988.

Heath. T. L.. Aristarchus ofSamos. Oxford. 1913.

Heath. T. L.. Greek Astronomy. Dower, New York. 1991.

Kampis, Gy., Rédei, M., Ropolyi, L., Szegedi, P., Székely, L„ Szigeti, A., Szilágyi, L., Vinkovics, M., és Zágoni, M.. Előadások a természetfilozófia történetéből (Egyetemi jegyzet). ELTE TTK, Budapest. 1997.

Kirk, G. S., Raven, J. E., és Schofield, M..A preszókratikusfilozófusok. Atlantisz, Budapest. 1998.

Knorr, W. R.. Plató and Eudoxus on the Planetarv Motions. The Joum. fór the Hist. of Astronomy 21 Part 4.. 1990.

von Kunitzsch, P.. (Hrsg.). Dér Sternkatalog des Almagest: die arabische-mittelalterliche Tradition 1-3.. Harrassowitz, Wiesbaden. 1986. 1990. 1991.

Lloyd, G. E. R.. Greek Science After Aristotle. W. W. Norton, New York. 1973.

Maróth, Miklós. Arisztotelésztől Avicennáig. Akadémiai, Budapest. 1983.

MittelstraJJ, J.. Die Rettung dér Phanomene. Ursprung und Geschichte eines antikén Forschungsprinzip. Berlin. 1962.

Neugebauer, Ottó. A History of AncientMathematical Astronomy. Vol. 1-3.. Springer. Berlin. 1975.

Neugebauer, O ..Az egzakt tudományok az ókorban. Gondolat. Budapest. 1984.

North, J. D.. Horoscopes and History. London. 1986.

Platón. Timaiosz (Platón Összes Művei 111.). Európa, Budapest. 1984.

Pólya, György. A gondolkodás iskolája. Gondolat, Budapest. 1977.

Rehm, Albert. Parapegmasstudien. Abhandunglen dér Bayerischen Akademie dér Wissenschaften. Phil.-.hist. Abteilung. Hefit 19., München. 1941.

Ritoók, Zsigmond, Sarkady, János, és Szilágyi, János György. A görög kultúra aranykora. Gondolat, Budapest. 1984.

Sain, Márton. Nincs királyi út!. Gondolat, Budapest. 1986.

Sambursky, S.. The Physical World of Laté Antiquity. Routledge, London. 1962.

Sartone, Georg. A History of Science 1-11.. Oxford U P, London. 1959.

Sarton, George. Ancient Science and Modern civilization. Euclid and Ptolemy. The end of Greek Science and culture. Lincoln. 1954.

Simonyi, Károly. A fizika kultúrtörténete. Gondolat, Budapest. 1978, 1981 stb..

Steiger, Kornél. Görög gondolkodók 1-2.. Kossuth, Budapest. 1992.

Steiger, Kornél, (szerk.). Parmenidész és Empedoklész töredékei. Gondolat, Budapest. 1985.

Swerdlow, N. M.. Ptolemy's Theory of the Inferior Planets. Joum. forthe Hist. of Astronomy, 20 Part L. 1989.

Szabó, Árpád és Kádár, Zoltán. Antik természettudomány. Gondolat, Budapest. 1984.

Szabó, Árpád. A görög matematika kibontakozása. Magvető, Budapest. 1978.

Szabó, Árpád. Az antik csillagászati világkép. Typotex, Budapest. 1998.

Szepes, Erika, (főszerk.). Antik lexikon. Corvina, Budapest. 1993.

Taton, R.. (ed.). History of Science. Ancient and Medieval Science from the Beginnings to 1450. Basic Books, New York. 1963.

Taub, L. C.. Ptolemy's Universe. Open Court, Chicago and La Salle, Illinois. 1993.

Vekerdi, László. Kalandozásoka tudomány történetében. Magvető, Budapest. 1969.

van dér Waerden, B. L.. Die Astronomie dér Griechen. Dannstadt. 1988.

van dér Waerden, B. L.. Egy tudomány ébredése. Gondolat, Budapest. 1977.

Zamarovsky, V.. A görög csoda. Madách, Bratislava. 1980.

# III. fejezet - A középkor tudománya *(Ropolyi László)*

Az európai antik rabszolgatartó társadalmi berendezkedés hosszú agóniája nem biztosított kedvező feltételeket a tudományos gondolkodás számára. A helyzet valójában persze gyakran még rosszabb volt. és már elért eredmények, korábban létrehozott alkotások, gondosan felépített művek mentek veszendőbe, váltak visszavonhatatlanul a történelmi viharok áldozataivá.

Az intenzív politikai változások (a római birodalom kettéválása, a népvándorlás egymást követő hullámai, a nyugat- római birodalom összeomlása, Európa évszázadokig tartó társadalmi átalakulása) közepette fokozatosan kiépül és uralkodóvá válik a kereszténység eszmerendszere, ami radikálisan átértékeli az egész antik világképet s ezen belül a tudás és a tudományos ismeretek helyét és szerepét is. A korszak gondolkodói tekintetüket az örök, égi, tisztán szellemi, isteni szférákra irányítják, számukra az érzéki világ legnagyobbrészt elértéktelenedik. “Csak az eszmék valóságosak” - hangzik a korabeli szentencia. Minek is foglalkoznának az érzékeket esetenként rabulejtő értéktelen “látszatokkal”? <<<(((pestis élménye és általában az Európában összeomló városi létforma (1.000-ben a korábban milliós Róma 35.000 (más adat szerint 17.000) lakosú … Kordoba pedig 450.000 fős. -FÁ)))>>> A tudás elveszíti korábban megszerzett jelentőségét, <<<(((és lehetőségét, nem lévén iskolák, könyvtárak, elhivatott pártfogók és pártfogolhatók -FÁ)))>>> ez a korszak nem a kritikus gondolkodásra, hanem az erős hitre alapozza világképét. A kor embere nem feltétlenül ellenséges a tudással, de nem érdekli, vagy esetleg annyiban mégis, amennyiben a tudás is hozzájárulhat valamivel hite erejéhez. A tudás legfeljebb a hit kiszolgálója lehet: filozófia helyett inkább teológiát produkálhat.

Természetesen a középkori világnézetnek is vannak különböző fokozatai és eltérő változatai. Nyilvánvalóan sok szempontból különbözik az V-X. századi koraközépkori gondolkodás a XII-XIII. századi gondolkodásmódtól, és a XIV-XV. századi későközépkoritól is. A koraközépkori időszak a patrisztika virágzásának kora:

* a tudás nyilvános használata megszűnik,
* a gondolkodás, ha egyáltalán jelen van, egyes egyházatyák tevékenységeként visszaszorul a fokozatosan kiépülő kolostorokba.

A szerzetesek világfelfogása általában neoplatonista világképre épül.

A XII XIII. században <<<(((lovagkor, skolasztika -FÁ)))>>> nagy változásokat figyelhetünk meg. Az egyik fontos fejlemény a világi képzési célokat követő egyetemek megalakulása és gyors szaporodása. Ez a változás visszaidézi és megváltozott formában megismétli az antik görög társadalomnak a tudás nyilvánosságát lehetővé tevő törekvését, és így rendkívüli jelentőséggel bír. Ugyancsak fontos változás, hogy ezidőtájt arab közvetítéssel visszaáramlik Európába a görög tudomány. Az ennek hatására kiépülő skolasztikus gondolkodásmód Arisztotelész természetfilozófiai és Galénosz orvosi ismereteire támaszkodik, ami a tudás pozíciójának részleges javulását jelenti. A filozófia ugyan továbbra is a teológia szolgálóleánya marad, de fokozatosan teret nyer a kettős igazságra vonatkozó elképzelés, ami a hit mellett a gondolkodást és a tudást is értékesnek ismeri el. <<<(((egy kérdés, hogy mit mondtak, vallottak ők maguk saját magukról. Másik lehetséges meggondolás, hogy mi milyen összefüggést fedezhetünk fel, nevezetesen a tudás és a hit között. És akkor van értelme a logikai kapcsolat keresésnek behelyettesítő, ellentmondó viszonylat helyett mindegyik erényét, előnyét, vívmányát alapul véve. Akkor az axiomatikusan rendezett, szerkesztett fogalmi rendszerű tudás mellett, mintegy rá támaszkodva ott a hit, amely arra próbál választ találni, hogy ha már tudunk, akkor azzal mit kezdjünk? És akkor az egyéni meggyőződésre is támaszkodó hit az emberi cselekvés mozgatójává válik, amelynek eszköze a tudás, eszközracionalitásként meghatározható racionalitással. De mindez a fogalmazás már XX-XXI. századi konstruktív, célkereső „kirakós játék”. -FÁ)))>>> A XIV-XV századi későközépkori fejlődésben fokozatosan feltárulnak a skolasztika korlátai: tekintélyelvűsége, életidegensége, és elméleteinek a tapasztalati megerősítést gyakran nélkülöző megalapozatlansága. <<<(((És meg kellene említeni még Marx, Lenin és Brezsnyev nevét is, ha már ideológikus szempontok érvényesülnek. Mert mi az összehasonlítási alap? Afrika, Ázsia, Amerika abban az időben. Náluk a tudományosság előrébb volt? Kevesebb hibával rendelkezett? -FÁ)))>>> Mindezek kritikája, és a középkorban folyamatosan zajló technikai fejlődés következményei hamarosan elvezetnek a reneszánsz tudományos gondolkodásához és a tudományos gondolkodás reneszánszához: az újkori tudományos forradalomhoz.

Alapvetően megváltoztatta a tudományos gondolkodás fejlődését a római birodalom keleti és nyugati részekre szakadása. A tudomány helyzete a görög nyelvű Bizáncban - talán az ott érvényesülő nagyobb politikai stabilitásnak, a nyugatitól némileg eltérő krisztianizálódási folyamatnak, és a még élő görög hagyományoknak köszönhetően - évszázadokig lényegesen jobb volt, mint nyugaton. Amikor a helyzet a VI. század körül ott is kedvezőtlenebbé vált sok tudós keletre költözött tovább, Szíriában és Perzsiában alakultak új tudományos közösségek és intézmények. Majd a térségben a VII. században bekövetkező arab expanzió következtében a tudósok, s velük együtt a régi nagy görögök művei és ismeretei szétterjedtek az egész régióban. Ilyeténképpen az arab birodalom különféle kalifátusai lettek a következő ötszáz éven át (nagyjából a VIII. és a XII. század között) a tudományos élet, a tudományos tevékenység központjai. Athén és Alexandria centrális helyét Bagdad és Cordoba foglalja el.

Az európai viszonyok stabilizálódása a XI-XII. századtól kezdve Európában is lehetővé tett valamiféle tudományos megújulást. Az arabok által megőrzött és továbbfejlesztett görög tudomány rövid idő alatt beáramlott Európába: számos addig ismeretlen mű került az európai egyetemek tudós tanárainak kezébe, hozzáférhetővé váltak Arisztotelész és Galénosz természetfilozófiai írásai, Avicenna, Averroes és sok kiváló arab matematikus, orvos és alkimista munkái. A XIII. századi európai tudomány már lényegében felveszi a versenyt az időközben meggyengülő arab tudományossággal és hamarosan vezető szerepet kezd betölteni. (Különösen akkor állíthatjuk ezt, ha eltekintünk a korabeli kínai tudomány eredményeitől.)

A középkori tudomány történetének jó összefoglalását nyújtja Bernal1 és Simonyi2 munkája is. Emiatt a középkor tudományának történetét itt csak röviden fogjuk tárgyalni és a további részletekre kíváncsi olvasót ezeknek a könyveknek a tanulmányozására buzdítjuk. Itt először a tudományok koraközépkori európai helyzetét fogjuk röviden jellemezni, majd bemutatjuk a görög tudomány hosszú vándorútját Perzsián és az arab birodalmon át a XIII. századi Európába. AXII-XIII. századi európai tudományos fejlődésből elsősorban az egyetemek kialakulásával és szerepével, valamint a korszak tudományos gondolkodását meghatározó, jelentősebb Arisztotelész kommentárokkal foglalkozunk. A középkori tudományra vonatkozó áttekintésünket egy speciális probléma, a természeti törvény fogalmának - az ókoron és az egész középkoron átnyúló - fejlődési folyamatát bemutató gondolatmenettel zárjuk.

1Bernal J. D.: Tudomány és történelem (Gondolat, Budapest, 1963), 161-229. o.

2Simonyi KA fizika kultúrtörténete (Gondolat, Budapest, 1978), 99-142. o.

## A. A tudomány helyzete a koraközépkori Európában

Amennyiben egyáltalán beszélhetünk koraközépkori tudományról, akkor mindenekelőtt azt kell figyelembe vennünk, hogy az tulajdonképpen kizárólag természetfilozófiaiként létezhetett. A korabeli természetfilozófia a platóni filozófiai hagyomány elemeiből épült fel, mint annak némileg misztifikált, irracionalizált változata. A koraközépkori neoplatonista természetfilozófia alapvető problémája Isten és a természet viszonyának helyes megértése. A korszak tipikus felfogása szerint a természet Isten műve, amit a semmiből teremtett meg. Így beszél erről Augustinus (354-430):

"... Bölcsességedben alkottál valamit és semmiből teremtettél.

Alkottad ugyanis az eget és a földet. Nem Magadból, mert akkor egyenlő volna Egyszülött Fiaddal és következőleg egyenlő Veled. És semmiképpen nem volna méltó, hogy Veled egyenlő legyen, ami nem Benned van. Rajtad kívül még semmi sem létezett, amiből ezeket megteremtsed, én Istenem, egyetlen Háromságom, és hármas szent Egységem.

Tehát a semmiből alkottad az eget és a földet. Nagy dolog az egyik és kicsiny a másik. Mindenható és jó vagy ugyanis minden jónak megteremtésére, a nagy ég és a kicsinyke föld megalkotására. Te voltál és más semmi sem volt, amiből alkottad volna az eget és a földet, e kettős valamit. Majdnem Te vagy az egyik és majdnem semmi a másik. Az egyiket alkottad, hogy csupán Te légy nála fölségesebb, s a másikat, hogy alacsonyabb nála már semmi sem legyen ...

Az egek ege a tiéd Uram. A föld azonban, melyet az emberek fiainak adtál, hogy szemléljék és járjanak rajta, nem olyan volt, amilyennek most látjuk és tapogatjuk. Láthatatlan volt és rendezetlen...

Az ősanyag azonban a maga egészében majdnem semmi volt, mert egyáltalán hiányzott alakja. Mégis létezett már valami alakítható.

A világot Uram ebből az alaktalan anyagból teremtetted. A semmiből alkottad ezt majdnem semmivé, hogy megépítsed belőle a tőlünk, esendő emberektől annyira megcsodált fölséges teremtményeidet.

Igen csodálatos Uram ez az anyagból való égboltozat. Boltozatul állítottad ezt a víz és víz közé, a világosság teremtése után a második napon. A 'Legyen' igével cselekedted ezt és valóságosan úgy lőn. Égnek nevezted ezt a boltozatot, ámde a föld és a tenger ege volt ez. Őket a harmadik napon teremtetted, midőn az alaktalan ősanyagnak látható alakot adtál.

Az ősanyagot pedig minden napok előtt szólítottad létbe. Eget is alkottál még a napok előtt, de ennek a mi egünknek egét, mivel kezdetben teremtetted az eget és a földet. A tőled alkotott föld csupán alaktalan anyag volt. Ebből a láthatatlan és rendezetlen földből, ebből az alaktalanságból, e majdnem semmiből teremtetted mindazt, amiből áll, és mégsem áll a változó világ.”3

3Augustinus A.: Vallomások (Gondolat, Budapest, 1982), 386-388. o.

Augustinus számára fontos az is, hogy Isten nem hagyja magára teremtett világát, mivel a világ állandó gondoskodására szorul. Augustinus álláspontjának jellegzetes összetevői: a semmiből való teremtés eszméje és a Bibliával való lehető legnagyobb összhang követelménye. Híres tézise szerint az anyag majdnem semmi, persze a teremtő isteni akarathoz viszonyítva az. <<<(((végső ok és elégséges ok különbsége -FÁ)))>>> Augustinus idézett sorai talán eléggé világossá teszik, hogy milyen lehetőségei maradtak a tudományos gondolkodás képviselőinek. Kérdés persze, hogy a középkori politikai és vallási indíttatású háborúskodások és a gyakran változó zavaros társadalmi viszonyok közepette maradtak egyáltalán gondolkodók?

A koraközépkori világ bizonytalansággal és túláradó érzelmekkel teli légkörében <<<(((az emberi lénynek az érzelmek az értelemmel egyenrangú de tőle egészen különböző megnyilvánulása, képessége. Az értelemmel mint eszközzel felerősített érzelem teljesebb életet ad. Ennek alapulvétele hiányzik ebből a tudománytörténetből. -FÁ)))>>> az elmélyült gondolkodásra törekvő lelkek gyakran arra kényszerültek, hogy a világból való “kivonulást”, a mindennapi élet zavaró tényezőitől való elszigetelődést válasszák. Kialakul a “remeteség intézménye”, <<<(((lehet, hogy akkori intézményei akkor alakultak ki, de a jelenség ősi, az ószövetségben ők voltak a próféták, továbbá ismert volt az összes nagyobb kultúrkörben. -FÁ)))>>> az anyagi világ hívságairól lemondó és a lehető legteljesebb mértékben eszmei értékeket követő emberek életformája. A magányos remeték mellett hamarosan létrejönnek a hasonló értékrendet követő elhivatottakat összegyűjtő kolostorok is, ahol a közösség minden tagja által elfogadott rendszabályok szerint zajlik az élet. A kolostorok a középkori intellektuális élet fontos, - sőt talán egyedüli - helyszíneivé váltak. Viszonylagos biztonságot és stabilitást nyújtottak a kolostorlakók számára - a legtöbb kolostor pl. anyagi szempontból is önellátó volt és alkalmat adtak a szellemi értékekkel való foglalatosságokra is. A kolostorok szellemi irányításában a kiépülő egyházi hatalom fontos pozíciókat szerzett. A sorra alakuló és a kolostorokba települő különféle szerzetesrendek a kolostorok világát sokszínűvé tették.

Hasonló folyamatok zajlottak egész (Nyugat-)Európa szerte, de a kolostorok érdekes módon leghamarabb és legnagyobb mértékben a mai Írország területén fejlődtek ki. A kolostorokban persze nem csak a kultúra iránt elkötelezett emberek gyűltek össze, hanem azokban koncentrálódott a fellelhető szellemi javak sokasága is: könyvek, készségek és technológiák is. A könyveket másoló szerzetes közismert figurája hozzátartozik a középkori világ képéhez. Figyelemre méltó, hogy a másolatok készítői gyakran nem értették a másolt szövegeket, alkalmasint ki- kihagytak érthetetlennek tűnő részeket. Tevékenységük tulajdonképpen nem is írás volt, hanem inkább rajzolás, mivel az ekkoriban elterjedt írás, a nagy latin betűk használata ezt követelte meg.

(A kisbetűs írást, vagyis a kézírás betűit, amelyekkel sokkal gyorsabban lehetett dolgozni csak a VIII. században vezette be yorki Alkuin (735-804), Nagy Károly aacheni udvarának legjelentősebb tudósa.)

A tudás “kolostorba vonulásának” nagy társadalmi jelentősége van. Mindenekelőtt azért, mert a tudás helyzete ezzel a változással ismét az antik Egyiptomban fennállott helyzethez vált hasonlatossá, ahol a tudás a papi kaszt kiváltságaként funkcionált. Ahogy korábban már megbeszéltük, a görög társadalom és kultúra fejlődését, nem utolsó sorban éppen az tette lehetővé, hogy a görögök társadalmában a tudás nyilvános használata lehetséges volt. Ennek a lehetőségnek a koraközépkori eltűnése - a történeti tapasztalatoknak megfelelően - a kulturális fejlődést jelentősen visszavetette, gyakorlatilag megszüntette. A tudás nyilvános, világi használatának ismételt feléledése a középkori Európában több hullámban zajlik le, legnyilvánvalóbb és legsikeresebb formában a világi egyetemek létrejöttének formájában a XII-XIII. században. <<<(((az egyetemi autonómia gyökere egyházi kiváltságon alapult, úgy volt független az államtól. Valahogy a görög időkről szólva nem volt ennyire kihegyezett a szöveg. Bertrand Russel filozófiai összefoglalójában is a görög rész a legjobb, de amikor a polgári korszakhoz érkezik, tücsköt-békát összehord és érdektelenül elfogulttá válik. Platón, az újplatonisták emlegetésével az ideák fontosságát emeli ki a szerző.

###### A személyesen keresett, megtalált, átélt, lelkiismerettel kontrollált hit is idea jellegű, egy felvállalt célt jelöl ki, a céltételező ember kultúrájának egy módja.

A tudást céltalan embereknek hozzáférhetővé tenni egy anarchista gondolat, ahonnan ugyan még jó pár lépés, de nem túl távoli a politikafüggővé tett látszólag civil ideológiák igénytelen sötétsége. -FÁ)))>>>

Az egyetemek létrejöttéig terjedő hosszú időszak gondolkodástörténetéből csupán néhány apróbb momentumot szeretnénk megemlítem. Először az ún. latin enciklopédisták néhány képviselőjének munkásságával foglalkozunk. Az nyugat-római birodalom tudományos életének utolsó képviselői közül fontosnak tűnik Boethius (kb. 475-525) fordítói tevékenysége. Latinra fordította Eukleidész Elemek című könyvét és Arisztotelész számos logikai munkáját, így pl. a Kategóriák-at, és a Hermeneutikát, valamint ezek különféle kommentárjait is. Így hozzájárult ahhoz, hogy ezek a művek meghatározó szerepet játszhassanak a középkori oktatásban.

Fordításai mellett jelentősek egy-egy tudományterületet összefoglaló (aritmetikai, zenei, csillagászati témájú) munkái is, és az “A filozófia vigasztalása” című, nagy hatású filozófiai esszéje.

###### <<<(((Boethius A filozófia vigasztalása c. munkájának számomra ismert, meghatározó központi gondolata, maradandó mondanivalója a személy fogalma volt. E mellett elmenve az európai gondolkodás története, amelynek része a tudományos gondolkodás, kisiklik. Nem? -FÁ)))>>>

Boethius kortársa Cassiodorus (kb. 480-575) is sokat tett a klasszikus műveltség megőrzése érdekében. Kolostorában tudatosan törekedett klasszikus művek összegyűjtésére és reprodukciójára. Boethius fentebb említett fordításain kívül a koraközépkori gondolkodók latinul olvashatták még pl. a következő munkákat is: Platón Timaioszát, Hippokratész, Galénosz és más orvosok számos művét, Nikomakhosz Aritmetikáját, s néhány további mechanikai és földrajzi írást.

A valamivel később tevékenykedő Sevillai Izidor (560-633) a korabeli tudományok összefoglalására vállalkozott. Csillagászati, meteorológiai, földrajzi, kozmológiai ismereteket felölelő munkáiból kitetszik a tudás hanyatlása. A középkori csillagászati feladatok közé tartozott az egyházi naptárhoz szükséges számítások elvégzése (az ún. kompútusz), mindenekelőtt a húsvét évről-évre változó időpontjának kiszámítása. Ebben a munkában jeleskedett a történetíróként is ismert Beda (673-735), aki a feladat megoldására egy, állítólag a Hold mozgásának pontos megfigyelésén alapuló, jobban érthető eljárást javasolt.

Karoling “reneszánsz”-ként szoktak hivatkozni a Nagy Károly uralkodása idején a IX. század elejétől Nyugat- Európában kibontakozó intellektuális fellendülésre. Ez mindenekelőtt abban állt, hogy a frank birodalomban az általános műveltség fejlesztésének feladatával többszintű iskolarendszer kiépítéséhez fogtak hozzá. Az iskolai szervezet struktúrája a hierarchikus egyházi struktúrához igazodva alakult ki. Meghatározták a tanítás tartalmi elemeit is. A régiek által “hét szabad művészet-nek nevezett tudásrendszert két részre osztották. A “szavak tudományaival” foglalkozó trivium része volt a grammatika, retorika és dialektika, az “egzakt tudományokat” reprezentáló quadrivium pedig aritmetikából, geometriából, asztronómiából és zeneelméletből állt.4 Az oktatás persze korántsem volt általánosan elterjedt, ráadásul az egész folyamat az aktuális politikai helyzet szorításában hamarosan elakadt, ill. háttérbe szorult.

4Mészáros I., Németh A., Pukánszky B.: Bevezetés a pedagógia és a: iskoláztatás történetébe (Osiris, Budapest, 1999) 50-51. o.

## B. A tudás hosszú vándorútja: Bizánc, Perzsia, arabok, Európa

Talán már a fenti rövid leírásból is látható, hogy az antik görög tudomány nyugat-európai jelenléte nem volt igazán jelentős. A görögök magas szintű ismeretei csak jelentős kerülővel és közel ezer éves késéssel jutottak el Európába ismét. Azt láthatjuk, hogy a sajátos történelmi körülmények következtében, a tudósok és tudományos centrumok fokozatosan kelet felé mozogtak, s csak az évszázadokon át fennálló, s az egész mediterrán térségre kiterjedő arab birodalom belső viszonyainak következtében indult el a fordított folyamat. így végül az arab közvetítés révén a görögök ismeretei Szicílián és a mai Spanyolországon keresztül a XI-XII. században megérkeztek Európába s ezáltal a görög tudomány ismét teljes mértékben bekapcsolódhatott az európai kultúra áramlatába. A tudás útjának fontosabb állomásai: Bizánc, Perzsia, a keleti, majd a nyugati arab kalifátusok, és végül Európa.

### 1. A bizánci tudomány

A bizánci tudomány meghatározó szerepet játszott az antik tudományos örökség megőrzésében. Konstantinápoly a korabeli világ legnagyobb városaként, a császári hatalom központjaként sok száz éven keresztül a tudomány és filozófia képviselői számára is vonzerővel rendelkezett. Bár a birodalom szinte folyamatosan harcban állt Perzsiával, a különféle “barbár” támadókkal, majd az arabokkal is, életviszonyait mégis a viszonylagos stabilitás jellemezte A kereszténység ideológiája itt is érvényre jutott, ami a nyugati változásokhoz lényegében hasonló következményekkel járt itt is, de lassabban és fokozatosabban bontakoztak ki a következmények. Így pl. csak a VI. században fejlődött odáig a helyzet, hogy Justinianus császár bezáratta Athénben a platóni Akadémiát, előnyös helyzetbe hozva ezzel az akkor már létező bizánci egyetemet. Hírek szerint különösen arra volt tekintettel, hogy a bizánci intézmény - szemben az athénivel - keresztény vezetés alatt állt. Mindenesetre Bizánc lényegében megőrizte görög jellegét a hellén kultúra számos elemével együtt.

A bizánci tudósok tevékenysége nem vezetett túl sok eredeti és maradandó gondolat, vagy gyakorlati eredmény előállításához, de az antik görög tudás (beleértve a régi kéziratokat is) őrzése és reprodukálása felbecsülhetetlen jelentőségűnek látszik. Emellett persze néhány érdekes fejleményről azért beszámolhatunk. így például az imént említett egyetem működése egyedülálló jelenségnek tekinthető. Nyugaton csak évszázadokkal később jönnek létre hasonló intézmények. Ugyancsak fejlett alkimista tevékenység folyhatott a birodalomban. Számos alkimista kézirat származik ebből a környezetből. A kémiai ismeretek fejlettségéről tanúskodik a kortársak által félelmetes fegyvernek tekintett “görögtűz” feltalálása és sikeres alkalmazása. Úgy tűnik, a bizánci birodalom lakói a gyakorlati tevékenységek művelését is nagy becsben tartották. Erre utalnak a kifinomult technikával előállított korabeli asztrolábiumok és más bonyolult időmérő mechanikai szerkezetek is.5

5Field J. V., Wright M. T.: Gears from the Byzantines: APortable Sundial with Calendrical Gearing, Annals of Science, 42, 87-138, 1985.

Vallási kérdésekben kirobbanó viták következtében keresztény tudósok jelentős csoportjai - főként akik a kereszténység nesztoriánus irányzatához tartoztak - költöztek az V. század végén a birodalom keleti peremvidékére, ill. a Szíriai Edessa-ba s a perzsa határon fekvő Nisibis-be. Itt felsőfokú tanulmányokat lehetővé tevő iskolákat alapítottak, ahol keresztény teológiával, matematikával, arisztotelészi logikával és orvosi ismeretekkel is megismerkedhettek a hallgatók. A szír és perzsa területeken gyorsan felvirágzott a szellemi élet. Sok alapvető régi görög könyvet fordítottak le szír, majd perzsa nyelvre. A perzsa uralkodó Bizáncba küldi követeit könyveket vásárolni, Perzsiába hívja a bezárt athéni Akadémia tudósait. (Szimplikiosz, a híres Arisztotelész kommentátor, például járt Perzsiában ekkoriban.) A klasszikus görög kultúra vissszavonhatatlanul beáramlik Perzsiába. Orvosok, csillagászok, filozófusok sokasága érkezik ide, akik hamarosan a helyi szellemi életet meghatározó tényezőkké válnak. Perzsia déli részén - Dzsundisápur városában - létrejön egy sajátos nesztoriánus keresztény kulturális központ is. Mindez lehetővé teszi, hogy a görög tudomány eredményei újabb népcsoportok számára váljanak elérhetővé Közép-Ázsiában és az arab félszigeten is.

### 2. Az iszlám tudomány

Az arab népek expanziója Mohamed (632-benbekövetkező) halálát követően hamarosan megindul. A Nagy Sándor- i birodalom méreteivel vetekedő birodalmuk néhány évtized alatt megszületik, s Indiától a Pireneusokig terjedően magába foglalja a mediterrán medence legnagyobb részét. Bizánc sikeresen ellenáll, de Perzsiát például meghódítják, s Perzsiával együtt az oda menekült görög kultúra is arab kézre kerül. Ámbár úgy tűnik, az arabok nagyon is jól sáfárkodnak vele.

Az arab kalifátusokban (kezdetben Damaszkusz, majd Bagdad volt a hatalmi és kulturális központ) a kultúra rendkívül sokszínű. Indiai, szír, görög és perzsa hatások keverednek s alakítják ki a sajátos iszlám kulturális közeget. Az arab uralkodók megtalálják a módját a kultúra támogatásának, iskolákat, egyetemeket, kutatóhelyeket létesítenek s tartanak fenn. Így például a híres Harun al Rasid kalifa fia Bagdadban a IX. század elején létrehozta a “Bölcsesség Háza” nevű kutatásokkal foglalkozó intézményt, ahol nagyjelentőségű fordítói munka folyt. Nagyszámú korábban görögről szír nyelvre fordított könyvet fordítanak le arabra, míg más munkákat görög eredetiből közvetlenül ültetnek át az új tudományos nyelvre. (Sok antik művet csak ezeknek a fordításoknak a révén ismerünk, mivel az eredeti művek később elvesztek.) Ezek az arab fordítások a birodalomban nyugatra vándorolván, hamarosan felbukkannak az arabok európai kalifátusában, pl. Cordobában is, s itt előbb-utóbb majd latin fordításaik is lesznek. Könnyen elképzelhetjük a szövegek hányattatásait: például egy ezerötszáz évvel korábbi Arisztotelész írás az eredeti görögről előbb szír, majd a szírből arab nyelvre fordítódik, végül az arab szöveg latin fordítása is elkészül, mondjuk a XII. században. Kész csoda lenne, ha a szöveg valamennyire még emlékeztetne az eredetire! És ezek a szövegek mégiscsak használhatóak! Szerencsére esetenként előkerül a görög forrásmű is, és lehet javítani a dolog eredetiségén, ha szükséges. Ámbár az is nagyon jellemző lehet, hogy egyes korokban ki és hogyan értette, vagy értelmezte a kérdéses műveket, vagyis a romlott szövegek is nagyon hasznosak tudnak lenni.

Az arab kultúra közvetítő szerepe mellett számos vonatkozásban hozzá is járult a régiek eredményeihez. Az arab tudomány (talán helyesebb volna iszlám tudományt mondani, hiszen az arab birodalomban élő és alkotó tudósoknak általában csak a vallása és a tudományban használt nyelve volt közös, de a legkülönfélébb népek szülöttei voltak: arabok, berberek, perzsák, üzbégek, görögök, törökök stb.) jellegzetesen arisztoteliánus elvekre épült - ez a szemléletmód élesen szemben állt az európai gondolkodás platonista ideológiai dominanciájával. Az arab tudós gyakran polihisztor, egyszerre orvos, filozófus, természettudós és költő is, mondjuk úgy ahogy Avicenna (Ibn Sina), vagy Omar Khajjám esetében megfigyelhetjük. Az arab tudomány jellegében az antik görögök tudományára emlékeztet, vagyis legnagyobbrészt természetfilozófiai formában létezik. A legjelentősebb korabeli arab filozófusok sokat tanultak Arisztotelésztől, lényegében az ő nézeteinek valamilyen továbbgondolásával találkozhatunk - ha nem is egyforma mértékben - al Kindi (801-866), al Farabi (870-950), Ibn Sina (Avicenna) (980-1037), al Gazali (1058-1111) és IbnRusd (Averroes) (1126-1198) gondolatiendszereiben.

Az arab tudomány legalább három területen produkált figyelemre méltó eredményeket: a matematikában, a csillagászatban és az alkímia területén. Az arab matematikusok vették át Indiából az ún. arab számok és a zérus használatát s munkásságuk révén terjedt el Európában is ez a számírási forma, ami a matematikai műveleteket (és az üzleti könyvelési gyakorlatot is) lényegesen leegyszerűsítette. Az arab matematikusok konkrét eredményeit könyvünk más helyén ismertetjük.6 A csillagászat területén jó megfigyelők voltak, megfigyeléseiket Ptolemaiosz rendszerének alkalmazásával értelmezték. Dzsabir (vagy Geber) hatalmas mennyiségű alkímiai műve az arab alkímia fejlettségéről tanúskodik.7

6Lásd továbbá Simonyi könyvében a 117-120 oldalakat.

7Balázs L., Hronszky I., Sain M.: Kémiatörténeti ABC (Tankönyvkiadó, Budapest, 1981) 21.

Az arab kultúra a XI-XII. században különösen az ibériai félszigeten virágzott. Cordoba akkoriban (Bizánc után) a világ második legnagyobb városának számított, milliós lakossággal, fejlett infrastruktúrával és kultúrával. Jellemző például, hogy a cordobai emirátus könyvtárában 400 000 kötetet őriztek. Jobbára itt élt és dolgozott a híres filozófus Ibn Rusd (Averroes) is. Averroes munkásságát főként Arisztotelész műveihez írt kommentárjai teszik jelentőssé. 38 ilyen kommentálja maradt fenn, egyes Arisztotelész művekkel többször is foglalkozott. Összefoglalta, magyarázta, megjegyzésekkel látta el Arisztotelész Fizika, Az égről, A keletkezésről és pusztulásról, Meteorológia és Metafizika című műveit. (Éppen azokat, amelyek Európában ismeretlenek ill. tiltottak voltak.) Megpróbált Arisztotelész neoplatonista értelmezése helyett visszatérni a filozófus eredeti mondanivalójához. Sikeres munkálkodását jelzi, hogy sokáig csak mint “a kommentátor”-t emlegetik. Kommentárjainak körülbelül a felét a XIII. században lefordították latinra s ezek révén nagy hatást gyakorolt az európai intellektuális élet fejlődésére, például Aquinói Tamás gondolkodására.

## C. Európa újra kezdi a XII—XIII. században

Természetesen nem csak Averroes Arisztotelész kommentárjai kerültek a nyugat-európai gondolkodók asztalára, hanem sok más mű is. Az arabról latinra való fordítások már a X. században megkezdődtek, és a XII. századra már sok mű fordítása elkészült. Időközben hozzáfogtak a fellelhető görög nyelvű szövegek latin fordításaihoz is. Ezeknek a folyamatoknak az együttes hatása következtében a görög kultúra a XII. századra lényegében ismét hozzáférhetővé vált Európa nyugati felén is. Ez egy új európai fejlődési folyamatnak a kiindulópontja lett. A görög kultúrára való európai “reakciók” több hullámát figyelhetjük meg:

* a XIII. századi skolasztikus gondolkodásmód kialakulása talán az első hullámnak tekinthető,
* a XV-XVI. századi reneszánsz világkép létrejötte részben szintén így fogható fel, s
* a XVII. századi újkori tudományos forradalom tetőzi be a változatok sorát.

A görög kultúra megismerésének a lehetősége önmagában természetesen még nem volna elegendő fontos kulturális és társadalmi változások kiváltásához. Ami még nagy jelentőséggel bír, az a közösségnek a tudáshoz való viszonyában megfigyelhető változás. A tudás fokozatosan ismét kikerül a kolostorok zárt világából és a közösség jelentős számú tagja számára hozzáférhető lesz.

###### <<<(((nem azért kerültek a „tudás” ismeretei a kolostorok falai közé, hogy oda zárják őket, hogy aztán legyen honnan kiszabadítani, hanem a kolostorok falai közt karolták fel őket először a római birodalom bukását követő nagy káoszban. -FÁ)))>>>

Megváltoznak az iskoláztatási szokások, a korabeli iskolák jellege is átalakul. A XII. században ebből a szempontból jelentősnek tartják a Chartresben, Orleansban és Párizsban egyházi intézményként működő iskolákat. Az iskolák és a diákok száma azonban erős növekedésnek indul és hamarosan egy új szervezet jön létre a középkori egyetem. Az első egyetemek Bolognában kb. 1150-ben, Párizsban (1200 körül) és Oxfordban (1220 táján) alakulnak meg. Az egyetem világi oktatási intézmény, mind képzési céljait, mind szervezetét tekintve. <<<(((van más vélemény is -FÁ)))>>> Az egyetem név egyszerre utal az ismeretek univerzumára és a diákok és tanítóik közösségére is. Ezek a közösségek többnyire a hatalom intézményeitől független, demokratikus működésmódra törekszenek. (Némileg emlékeztetnek ugyan a középkori kolostorok közösségeire is, de kevésbé hierarchikus szerkezetűek és a közösséghez való tartozás jellege is teljesen más.)

Rövid időn belül egyetemek alakulnak a következő helyeken: Montpellier (1220), Padova (1222), Nápoly (1224), Cambridge (1225), Toulouse (1229), Angers (1229), Salamanca (1230), Valladolid(1230), Salemo (1250). Egyes egyetemeknek hamarosan 1000- 2000 hallgatójuk van.

Az oktatott tananyag több részre oszlik. Alapozásként általában az ún. hét szabad művészetet tanulják, majd magasabb fokon speciális ismeretek kerülnek előtérbe. Itt már a rendelkezésre álló “klasszikus” görög szerzők, ill. arab követőik műveinek tanulmányozása is napirenden van.

Arisztotelész művei közül azonban kezdetben csak logikai írásai szerepelnek a tananyagban. 1200 körül az összes Arisztotelész mű olvasható volt már latinul, de az arisztotelészi természetfilozófia pozíciója eléggé ingatag volt. Az volt vele a fő probléma, hogy nem tartalmazta a teremtő Isten eszméjét, ezért a korabeli egyházi intézmények panteista felfogásnak tekintették, s tiltották hirdetését. A kifogásokat jól demonstrálja a következő korabeli jelmondat: “Krisztus szelleme nem uralkodik ott, ahol él Arisztotelész szelleme”. Párizsban 1210-ben és 1215-ben is tiltó határozatokat hoztak az egyházi hatóságok. A későbbiekben is hasonló rendelkezéseket adtak ki, sőt a korlátozást kiterjesztették más egyetemekre is

Az arisztotelészi tanok sorsa az újabb keletű kommentátorok kezében volt. Európában talán Nagy Albert (Albertus Magnus) (1200-1280) <<<(((püspök -FÁ)))>>> volt elsőként abban a helyzetben, hogy Arisztotelész minden munkáját ismerve kommentálhatta a nagy görög nézeteit. Így aztán ő lett az első “arisztoteliánus”, bár Arisztotelész értelmezése még sok platonista elemet tartalmazott s kevéssé volt sikeres.8 Albert híres tanítványa Aquinói Tamás (1224-1274) <<<(((szintén egyházi személy, szerzetes -FÁ)))>>> is arisztoteliánus lesz, de ő végül több sikerrel jár. Arisztotelész kommentáijaiban9 és más műveiben kifejezésre juttatja sajátos álláspontját, amelynek révén összhangba tudja hozni az arisztotelészi fizikát és a kereszténység teológiai felfogását. Magyarázata szerint, ahogyan a konkrét létező egyesíti az arisztotelészi formát és az anyagot, ugyanúgy a természeti létezőkben megfigyelhető értelmes isteni rend áthatja és formálja az anyagi világot, s ilyenformán Isten mindent áthatóan mindenben szükségszerűen ott van.

8Lang H. S.: Aristotle's Physics andItsMedieval Varieties (SUNY Press, Albany, 1992).

9St. Thomas Aquinas: Commentary on Aristotle's Physics (Yale U. P., New Haven, 1963)

Tamás tehát megpróbálja összebékíteni az egyházat a természettel, a gondolkodást a teológia igazságaival. Ehhez persze neki is a kettős igazság felfogására van szüksége. Tamás nézeteit a korabeli hangadó körök nem fogadták el, így Arisztotelész is tiltott maradt még egy ideig (1277-ben ismételt hivatalos elutasításban részesülnek, ezt a határozatot csak mintegy ötven év után vonták vissza), de néhány évtizeddel később a "hivatalos világnézet” rangjára emelkednek. Az arisztotelianizmus valamivel radikálisabb változatát képviselte Brabanti Sieger (1240-1284).

A középkori gondolkodás persze nem csak Arisztotelész természetfilozófiai problémáin rágódott. Hosszú időn keresztül zajlott a realizmus-nominalizmus vita (a kérdés egyszerűen az, hogy a nevek valóban léteznek, vagy sem[[5]](#footnote-5)), amelyikből egymással szembenálló egész szerzetesrendek is alaposan kivették a részüket. A dominikánusokat és a ferenceseket szembeállító vélemények érvényre jutottak a rendekhez kötődő természetfilozófusok álláspontjaiban is.

A korszak tudományos gondolkodását talán jól illusztrálja Grosseteste (1168-1253), “fényelmélete” amelytől azt remélte, hogy segítségével különbséget tehet káprázat és valóság között. A valósághoz való tudományos viszonyulás sajátos változatát képviselte Roger Bacon (1220-1292) a kísérletezés fontosságát hangsúlyozva. Occam (1285-1347) “borotvája”, vagyis gondolkodás-metodológiai elve is figyelemre érdemes: olyan feltevésekkel éljünk, hogy lehetőleg ne szaporítsuk szükségtelenül a létezők számát.

A kialakuló egyetemeken folyó tudományos munka érdekes eredményekre vezet párizsi és oxfordi fizikusok körében. A mozgások leírásának problémájával foglalkozó Nicole D'Oresme (1320-1382), Bradwardine (1290-1349), Heytesbury (1340 körül) és Swineshead (1330 körül) észreveszik az átlagsebességre vonatkozó ún. Merton szabályt. Bundán (1300-1358) az ókori Philoponoszhoz hasonlóan a levegőben mozgó test mozgásban levését nem a horror vacui elvvel, hanem saját, ún. impetuselmélétével magyarázza. Az impetus a testet mozgásban tartó, a test által a mozgatás során megszerzett hatás. Bundán impetuselmélete az arisztotelészi természetfilozófia elfogadásának korában sajátos módon már az arisztotelészi dinamikával való szakítást készíti elő. Hamarosan egyre több régi jói bevált tudományos elgondolás válik kétségbevonhatóvá s sorolódik a dogmák körébe. <<<(((nagyon meglepő, hogy hová tűnt a korábbi korok higgadt hangnemű tárgyalásmódja. Miért kell kétségbe vonni egy évezredes fogalmi modellt ahelyett, hogy úgymond szigorúbb, szerencsésebb absztrakciók formálódtak meg? -FÁ)))>>> Nicolaus Cusanus (1401-1464) felveti a Föld forgásának lehetőségét <<<(((ami az egész görög korszakra jellemző volt, tehát felejtésbe ment akkor, amikor Rómának 17 ezer lakosa volt, amikor a római infrastruktúra összeomlásakor emberiséget tizedelő járványok voltak, nem pedig a vallási oskurantizmus került a tudományosság helyébe. -FÁ)))>>> , Kopernikusz (1473-1543) még radikálisabb változást ajánl, s Kolumbusz is világképünket megváltoztató útnak vág neki.

Az arisztotelészi természetfilozófia sorsától némileg függetlenül, a latinul frissen olvashatóvá vált Galénosz is sok gondolkodót, ill. orvost segített tájékozódni. A középkori világban stabilan jelen van az alkímiai is. Hamarosan eljön azonban Paracelsus ideje, aki mindkét gondolatvilágban jelen van, orvos is és alkimista is, és valahogy mégis mindkettőtől különböző világkép híve.

A kibontakozóban lévő reneszánsz is mintha egyszerre akarná megőrizni és megszüntetni a frissen megszerzett antik kultúra értékeit.

A középkori gondolkodás gyakori változásai mellett felfigyelhetünk a középkor csendes “technikai forradalmára”. Malmok, lószerszámok, hajók kormányai lesznek másokká. A technológiai szférában is hamarosan létrejön azonban valami egészen új - a könyvnyomtatás. A könyvnyomtatás és a vallási reformációs mozgalmak együttes hatásainak következtében kialakuló modem személyiség végképp véget vet a középkornak s immár történelmi léptékkel mérve is kezdődhet valami új.

## D. Egy hosszú történet: a természeti törvény fogalmának kialakulása

A mai felfogásunkkal lényegében megegyező természeti törvény fogalom a XVII. század óta használatos. Ebben az időszakban,

Descartes (1596-1650),

Spinoza (1631-1677),

Hooke (1635-1703),

Boyle (1627-1691), és

Newton (1642-1727) munkáiban találhatjuk meg e fogalom használatának valamilyen egybehangzó, az ókori és középkori felfogásoktól világosan különböző módját.

Évszázadokon át tartó fejlődés eredménye volt mindez. Ebben a folyamatban a meghatározó tényező, a legfontosabb kérdés az volt, hogy vajon, a természet önálló, a világ egyéb részeitől elválasztható, s azoktól független létező-e, illetve milyen értelemben függ össze más dolgokkal, mindenekelőtt az istenekkel, ill. Istennel, továbbá az emberi, társadalmi szférával. A kérdés különféle megoldásai ismeretelméleti szempontból is különböző eredményre vezetnek. Így például nyilvánvaló, hogy egy nagyobb önállósággal rendelkező létező működésének a jellemzésére sajátos, csak rá vonatkozó törvényeket is érdemes keresni.

Az ókortól a XVII. századig terjedő időszak világnézeti küzdelmeinek egyik eredményeként a természetet egyre szuverénebb, önállóbb létezőnek tekintik. Hasonló folyamat zajlott le a természeti törvény vonatkozásában is. Míg kezdetben feltétlenül érvényesülő isteni parancsokról beszélnek, később Isten természetre gyakorolt befolyása lényegesen korlátozódik.

Ugyanakkor hosszú időn keresztül azt gondolták, hogy a társadalmi, erkölcsi és természeti törvények egymáshoz teljesen hasonló módon működnek, és csak a XVII. századra kifejlődő új szemléletmódban választották határozottan külön ezeket a törvényfajtákat. Természetesen az ilyen körülmények között kialakuló természeti törvény fogalomban tükröződni fognak megszületésének körülményei is. Ezek a körülmények adnak magyarázatot például arra, hogy a természeti törvények ma is sokak felfogásában az egyes természeti objektumok, események fölött uralkodó általános hatalomnak látszanak. Ez persze nem szükségszerűen van így, hanem csupán a sajátos történeti fejlődés következtében gondoljuk ezt a természeti törvényekről. Ebből a szempontból hasznos lesz egy összehasonlítás: a nyugati (európai) és keleti (kínai) gondolkodás természeti törvény felfogásának összevetése. Ebből kitűnik majd, hogy az európaitól lényegesen eltérő társadalmi fejlődés más gondolkodásmódot részesített előnyben, s ez a különbség markánsan tükröződik a jellegzetesen eltérő természeti törvény koncepcióban is.

Mindezek arra utalnak, hogy egy tudományos fogalom természetének és kifejlődésének a megértéséhez érdemes figyelembe venni az adott kor konkrét anyagi és szellemi környezetének sok tényezőjét, a mindennapi élet ismétlődő mechanizmusaitól kezdve, a társadalmi struktúrán és érdekviszonyokon keresztül, a korszak vallási és filozófiai nézeteiig terjedő széles spektrumban.

A továbbiakban először a természeti törvény fejlődésének Európában végbement folyamatát tekintjük át, majd röviden felidézzük a kínai filozófia álláspontját is.10

### 1. A természeti törvény fogalmának előtörténete

A természeti jelenségek számára törvényt szabó istenség eszméje már az ősi mítoszok világképében megjelenik. Ismeretesek babiloni források, amelyek ilyen értelemben szólnak. Ezek szerint Maiduk napisten (aki i. e. 2000 körül vált főistenné) a csillagok törvényadója. Utasítja a csillagokat, parancsai révén pályáikon tartja őket, “előírja törvényeiket,... kiszabja határaikat.”

Hasonló szellemben szól a zsidó hagyomány is. Isten a világ teremtője s törvényhozója. Mindenható hatalma egyaránt érvényesül népének körében

az erkölcsi és

vallási törvények követése révén, és

a fizikai világban a parancsának engedelmeskedő természeti folyamatok által.

Az Ószövetségben azt olvashatjuk, hogy Isten törvényt hozott az esőről, határt szabott a vizeknek, parancsolt a tengernek. Természetesen a Biblia szemléletmódja rendkívül erősen befolyásolta a későbbi korok gondolkodóit.

Az első görög filozófusok a természetben érvényesülő szükségszerűségről beszéltek inkább, s nem törvényekről. A későbbiekben lényegében sem Démokritosz, sem Platón, sem Arisztotelész nem használja a törvény fogalmát természeti folyamatok értelmezésére. Rend, összefüggés, szükségszerűségek és okok játszanak inkább szerepet náluk. Érdekes, hogy noha a korabeli tudomány több törvényt is ismert (pl. az emelők, a tükrözés, a felhajtóerő törvényeit), ezekről a nagy Arkhimédész is, mint bizonyos axiómákból szükségszerűen következő tételekről írt.

Lényeges változást figyelhetünk meg az i. e. IV-ik századtól, a sztoikus filozófiai rendszer kiépülésétől kezdődően. A sztoikusok felfogásában összekapcsolódik három korábban létrejött világmagyarázó elem.

* A világban található rend (kozmosz) az univerzális rendezőelvnek, (görögül: logosz-nak) köszönhető.
* Az emberi világban, a polisz közösségében a rend fennállását a polisz törvényei (görög szóval: nomosz) biztosítják.
* Továbbá, elfogadták az isteni törvényhozó eszméjét is.

Mindezeket egybefoglalva alakították ki nagyhatású gondolatrendszerüket: logosz és nomosz, Isten és Természet egyek, nincs különbség természeti és társadalmi szükségszerűségek között, a természeti és emberi világot egyaránt az univerzális isteni törvény uralja és kormányozza.

Nézeteiknek sok fontos következménye támadt. Így mindenekelőtt fontos észrevenni, hogy az isteni szféra, valamint a természeti és társadalmi viszonyok egy rendszerben való értelmezésével azok értékrendje szükségképpen összehasonlíthatóvá, sőt összehasonlítandóvá válik. Ennek egyrészt az a következménye, hogy a természeti folyamatokkal kapcsolatban erkölcsi, jogi s más társadalmi szempontokat is alkalmazni kell. Vizsgálható egy természeti folyamat haszna, vagy kára, jósága, rosszasága, megengedett, vagy tiltott volta. Másrészt fontos kérdéssé lesz a társadalmi folyamatok, ill. törvények természettel való összhangját firtatni; keresni a természet szerinti jót, s rosszat, a természetes erkölcsi értékeket, törvényeket, a természet szerinti jogot. Fontos az is, hogy a törvények isteni eredete örök, megváltozhatatlan, minden konkrét helyzetet uraló hatalmi jelleget kölcsönöz nekik. <<<(((tehát a természetjog fogalma is görög eredetű lehet? -FÁ)))>>>

10 A felhasznált irodalom: Fehér M.: A természetfelfogás változásai. Az ókortól a természettudományos forradalom kezdetéig, Világosság, 20, 488-497, 1979; Needham J.: Az emberi törvény és a természeti törvények, Filozófiai Figyelő, VI., 79-100, 1984; Zilsel E.: A fizikai törvény fogalmának keletkezése, Filozófiai Figyelő, VIII., 89-113, 1986; Nádor Gy.: A természettörvény fogalmának kialakulása, Akadémiai, Budapest, 1957. Megjegyeznénk, hogy könyvünknek ez a fejezete az Előadások a természetfilozófia történetéből című egyetemi jegyzet (ELTE TTK; Budapest, 1997) III/2. fejezetének rövidített és némileg átszerkesztett változata.

A sztoikus tanítások erőteljesen hatottak az antik Rómában. Ennek egyik megnyilvánulása az is, hogy a római jog figyelembe vette a fent említett lehetőségeket. A Corpus Juris11 megkülönböztet

* pozitív jogot, ill. törvényt, ami egy nép, vagy állam polgári törvényeit jelenti,
* és nemzetjogot, ami lényegében a természeti törvényekre épülő, természetjoggal azonos.

11 Corpus Juris Civilis a római jognak a VI. században összefoglalt gyűjteménye. Gyakran használták társadalmi jelenségek értelmezésére.

A pozitív jog sokféle lehet, de a természetjog a természetes észre hivatkozik, valami olyan örök dologként, amit a legtöbb ember igazságosnak tart; pl. Isten tiszteletét, a szülőknek való engedelmességet, továbbá:

“a természetjog az, amit a természet tanít meg minden élőlénynek; s ez nemcsak az emberi nem sajátja, hanem közös minden állatra is, amely a földön, a tengerben vagy a levegőben él. Ebből ered a férfi és a nő egyesülése, amit házasságnak nevezünk, s vele a gyermekek nemzése és gondozása, és valóban azt találjuk, hogy minden állatra, még az igen vad állatokra is jellemző ennek a törvénynek az ismerete."12

12Ezt a részt korábban említett dolgozatában Needham idézi a Corpus Jurisböt.

Látható, hogy ezekben a nézetekben a természeti folyamat, mint a jogi megítélés tárgya jelenik meg (ami alkalmat ad pl. állatperek lefolytatására is), illetve a természetjogra hivatkozva emberi tettek, társadalmi folyamatok természetesnek, vagy természetellenesnek nyilváníthatók.

A középkori fejlődés saját igényeihez igazítva használta fel mindezen előzményeket a természeti törvény fogalmának fejlesztésében.

### 2. Isten és természet. Természetes és csodás dolgok

A középkori ember számára a természet Isten alkotása. Ámde ezen az általánosan elfogadott nézeten belül maradva is igen sok vitára adhat alkalmat az egyes konkrét létezők értelmezése és beillesztése a nagy világrendszerbe. Az egyes konkrét esetekben annak az eldöntése nem teljesen egyszerű feladat, hogy a szóban forgó dolog természetes-e? Mi lehet még ezen kívül? A középkori ember világképében fontos szerepet játszottak a természetellenes, természetfeletti és mesterséges képződmények is. Ha ezeket is meg akarjuk magyarázni, felvetődik a kérdés, hogy vajon minden, ami a világon van az isteni teremtő aktus s gondoskodás következtében létezik-e, vagy vannak dolgok, amelyek más módon jöttek létre, illetve maradnak fenn? Isten csak a természetes dolgokat hozza létre, vagy valami módon hozzájárul a természetellenes dolgok létrejöttéhez is? Az e problémák kapcsán felmerülő kérdések gyakran tartalmaztak általánosabb, Isten természetének feltárására hivatott teológiai szempontokat is. E két kérdéskör (az egyes létezők természete és Isten természete) elvi problémáit sűríti magába a kor számára nagyon fontos dolgoknak, a csodáknak, a csodás tetteknek, csodás eseményeknek és jelenségeknek a kutatása. <<<(((Isten a szabad embert társul hívta meg a teremtésben és nagyra tartja az emberi szabadságot mint e teremtéstársi (azaz alkotási) képességet. -FÁ)))>>>

A középkori ember érzelmekkel telített világban élt. A mindennapokat kitöltő mélyen átélt érzelmek - áhítat, kegyetlenség, tisztelet, arcátlanság, reménytelenség, féktelen jókedv és bánat, gőg, alázat, irigység, félelem voltak a kor jellegzetes érzelmei -, kétségbeejtő kavargásában a hit nyújthatott némi bizonyosságot. Nem pusztán a vallásos képzetekben való hitről van szó persze. A hit általánosabban értendő, inkább úgy, mint valami elvont általános érzelem, érzelmi állapot, orientáció vagy beállítódás, ami általánossága és elvont jellege miatt képes nyújtani egy érzelmekkel megközelíthető és elérhető bizonyosságot. (Pár száz évvel később a tudásban bizakodnak majd hasonló céllal az emberek.) A korszak szörnyűségekkel teli történetéből könnyű megérteni az emberek végletes kiszolgáltatottságán alapuló áhítozást valaminő biztonságra. A hiszékenység magas foka, a hit sóvárgó akarása világosan mutatja ezt az igényt. Figyeljük meg Tertullianus (kb. 150-225) szavait:

“Keresztre feszítették Isten fiát, ez nem szégyen, mert szégyellni kell. És meghalt Isten fia, ez azért hihető, mert képtelen. És eltemettetvén feltámadt, ez biztos, mert lehetetlen."13

13Idézi: Friedell E.: Az újkori kultúra története I. Középkor, pestis, misztika (Holnap Kiadó, Budapest, 1989), 115. o. Senki se csodálkozzon napjaink hasonló gondolatmenetein! Ugyanazon okokból ma a hit (jelentős részben a vallásos hit) reneszánsza dívik.

A középkori ember számára a csoda a mindennapok része, méghozzá nélkülözhetetlen része, hiszen befogadása igénybe vette, s ébren tartotta hitét, s így életközelben tartotta a bizonyosságot. A bizonyosságot, hogy a látható világ szörnyűséges rendje csak látszat, bármikor eltérhetünk tőle, ezer jele van a nagyszerűségnek, magasztosságnak, szépnek! A bizonyosságot Istenben, a királyban, az egyházban, a sorsban, a törvényben, az emberben - kinek miben.

Felmerül persze a kérdés: miként kapcsolódik mindez a természeti törvény problémájához? Egyáltalán, ha a korszak emberében a hit uralkodott az élet minden vonatkozásában (s ekként természetesen, a tudás felett is), vajon milyen viszony lehet a hit és a tudás, a hit és a tudáshoz tartozó törvények között, vagy netán vannak a hitnek is törvényei? Ennek a sokfelé ágazó kérdéskörnek csak egyik vonulatával foglalkozunk most, nevezetesen azzal, hogy vajon törvény szerint történnek-e a csodás események?

Bizonyos, hogy a csodák természetének kérdése nagy jelentőséggel bírt a korszak gondolkodói számára. A különféle filozófiai, természetfilozófiai irányzatokhoz tartozók persze eltérő megközelítéseket alkalmaztak.

Az arisztoteliánus világképbe nem illeszthetők be a világ természetes rendjével abszolút módon szembenálló események, folyamatok. Minden, ami van, valahogyan természetesen van. A természetesség nem abszolút érvényű egy adott dolog vagy jelenség vonatkozásában, hanem viszonylagos. Ha valami nem felel meg “saját” természetének, mert hibás, szokatlan, vagy romlott, s ebből a szempontból természetellenes, akkor más szempontból még lehet természetes, s így az egész természettel mégis összhangban marad. Például egy elhibázott ércszobor ekkor is ércből való, egy ötlábú borjú továbbra is természetes folyamatok eredményeként születik, stb. Eszerint a felfogás szerint nyilván a csodásnak tekintett események is beleilleszkednek egy univerzális természeti rendbe, s ebből a nézőpontból természetesnek mutatkoznak, csodák abszolút értelemben tehát nincsenek. Az is nyilvánvaló, hogy a mozdulatlan mozgatónak, az első oknak, szóval egy ilyen fogalmi keretben elképzelhető Istennek nincsen közvetlen befolyása a csodásnak tekinthető folyamatokra.

A sztoikus felfogástól is idegen csodák feltételezése. A világ egységes, rendjét nem lehet felforgatni. Hogyan volna elképzelhető az, hogy az isteni természet saját akaratának érvényesülését akadályozza, vagy felfüggessze? Más tényező pedig végképp nem befolyásolhat semmit. A világ rendjét megszabó szükségszerűségek egyértelműen determinálnak minden eseményt és folyamatot. Más elvek alapján jutnak egészen hasonló következtetésre a démokritoszi tanítások követői. <<<(((a csoda tehát a meglepő, szokatlan, érthetetlen? -FÁ)))>>>

Az igazán érdekes és a korszak világfelfogásában sokáig domináló elképzeléseket a platonista-neoplatonista hagyományokra alapozó keresztény gondolkodóknál találhatjuk meg.

A Biblia könyveiben szerepet játszó szokatlan események (égő csipkebokor, a tenger kettéválása, Bálám szamara, stb.) tulajdonképpen nem tekinthetők csodáknak, hanem inkább isteni jeleknek vagy jelzéseknek. Ahhoz, hogy csodáról beszélhessünk, szükségünk van a világban zajló folyamatok normális, szokásos, természetes rendjére vonatkozó elképzelésre. A csodás dolgok csak mint ezektől eltérők vehetők észre. Csodás és természetes tehát csak együtt értelmezhetőek.

Philón (i. e. 25 - i. sz. 50) a sztoikusok természettörvény fogalma alapján kialakított egy hosszú ideig használatos fogalmi keretet. Eszerint a természeti törvények Isten parancsai. A természeti létezőknek engedelmeskedniük kell eme parancsoknak, ezáltal lesznek természetessé. Mindazonáltal Isten alkalmasint, például jelet akarván adni, mást is parancsolhat. A szokásos rendtől való eltérés, a csoda, így Isten akaratából, az ő külön parancsára, vagy korábbi, a természetességet előíró parancsát felfüggesztő újabb döntésén múlik. Philón elképzelhetőnek tartja azt is, hogy valami csak a korlátozott tudású, Isten parancsát nem ismerő emberek számára tűnik csodának, holott Isten nem nyilvánítja benne ki külön akaratát. (Isten valódi akaratának kifürkészése persze végeérhetetlen teológiai tanulmányokat tesz lehetővé.)

Természetes és csodás tehát: Isten szokásos és rendkívüli parancsa szerint való. Ám, ha a parancsok értelmezése nem mindenki számára nyilvánvaló, megjelenik az a lehetőség, hogy adott esetben egy szokatlan dolgot, egy kellemetlenkedő létezőt Isten valódi parancsával való szembeszegüléssel vádoljanak, s így méltónak tartsanak a pusztulásra. A tojást rakó kakas, az ötlábú borjú elleni inkvizíciós indíttatású perek világa köszönt be. És az állatperek még a kedvezőbb változatok. Hasonló okokból tiltották a tudományos kísérletezést is. A kísérletező, azzal, hogy megváltoztatja a természetes szituációt, tulajdonképpen beleavatkozik az isteni paranccsal definiált természetes rendbe, s ilyenformán ellenszegül érvényesülésének, illetve isteni pozícióba tolja fel magát. Ez Isten elleni vétek, üldözendő. Így az olyan tudományos aktivitás ami nem tudott meglenni kísérletezés nélkül - mint például az alkímia - tiltott, titkos tevékenységként folyhatott csak.

Hasonló nézeteket képviselt Tertullianus is. ő azonban a hangsúlyt Isten abszolút mindenhatóságára helyezi, semmi sem korlátozhatja az ő akaratát. A csodákban, a nyilvánvalóan természetellenesben éppen ez az igazi isteni tulajdonság, a korláttalan akaratnyilvánítás jelenik meg. A csodás nála a természetes fölötti, uralmi helyzetbe kerül, s ezzel elveti, illetve kétségbe vonja a természeti szféra autonómiáját is.

Alexandriai Kelemen (150-211) és Origenész (185-254) éppen ezért inkább a természetes és természetfeletti fogalmakkal próbálkoznak. A természetes szférában a természettörvények működnek, míg a természetfelettiben, a csodák szférájában Isten akarata nyilvánul meg. Isten hatalma korlátozott, de csak saját tulajdonságai által. Éppen ez mutatja tökéletességét, tudniillik, hogy korlátai is hozzá tartoznak. Nem képes ugyan meghalni - ámbár sok száz év múltán Nietzsche másként látta -, de csakis a rossz és a tökéletlenség tulajdonságainak hiányában. Isten a transzcendens, a természettől elkülönülő, a felette álló létező. <<<(((óvatosan ezt érintettem, hogy a végső ok nem lehet létező, mert a létezés a forma és az anyag valamilyen együttes változata. -FÁ)))>>>

Augustinus (354-430) szerint az egész természet, mint Isten műve csoda. Így ebben az értelemben minden természeti jelenség csodálatos. Ami az egyes jelenségeket illeti, azok legfeljebb a természet ismert folyásával lehetnek ellentétesek, s tűnhetnek csodának, de nem a tulajdonképpeni, általunk nem ismert törvényekkel irányított isteni természettel.

Lényeges változást figyelhetünk meg a XII-XIII. században a skolasztika arisztoteliánus, averroista irányzatainak kifejlődésével. Ekkor már többen is problematikusnak látják Isten abszolút mindenhatóságának védelmezését, és a világ egyes szféráit megpróbálják kivonni Isten közvetlen hatalma alól. Logikai, fizikai, sőt erkölcsi szükségszerűségek jelennek meg önálló hatókörrel, Isten közvetlen befolyásától mentesen.

Elterjed a kettős igazság felfogás: a hit igazsága mellett a gondolkodás által szerzett ismeret is lehet igaz. Mindezek a természeti szférának Isten közvetlen uralma alól való felszabadításával járnak, s egyúttal azt is jelentik, hogy a természet sajátos törvényeit már nem szükséges, mások szerint nem is lehetséges Isten közvetlen parancsaként értelmezni.

Aquinói Tamás (1224-1274) még arról beszél, hogy a “természet egészének minden mozgása és cselekménye az örök törvénynek van alárendelve”, s így a csodáknak is vannak okai.

###### <<<(((nekem meg az fészkelte be magát a fejembe, hogy ismeretelméleti oldalról van korlátja gondolatainknak. És emlegetve Gödelt, hogy ha a személynek tulajdonsága a szabadsága, akkor ezen szabadságot mi okságában nem elemezhetjük, nem bonthatjuk fel, nem oszthatjuk részekre, mert akkor elveszne a felelősség fogalma is. -FÁ)))>>>

Az örök törvény Isten bölcsességének egyik típusát képviseli. Ez Istenben eleve adott, s ezen keresztül gyakorolja hatalmát a természeti szféra felett. Noha, híres gondolata szerint a filozófia a teológia szolgálóleánya - vagyis a tudás kiszolgálja a hitet -, mégis a kettős igazság valaminő érvényesülésének szellemében erőfeszítéseket tesz Isten létezésének bizonyítására is. Ez a törekvése összhangban van ama véleményével, hogy Isten nem hozhat létre logikai ellentmondást. Az ezen a problémán való elmélkedés eredményeképpen a logikai szféra is kikerülhet Isten uralma alól. <<<(((vagy ki kell forrjon, hogy a hit, az Istenkép nem tudomány művelési szempont, hanem lelki beállítódás, lelki kultúra, a lelki élet „tartozéka”. -FÁ)))>>>

Határozottabban fogalmaz Brabanti Sieger (1240-1284), aki szerint “Isten nem képes felfüggeszteni a létezők természetét”, sőt azt is mondja, hogy “Isten nem teremthetett volna valamely másfajta világot”. Világos, hogy csodákról beszélni egy ilyen felfogásban értelmetlen volna, a természeti szféra pedig már nagymértékű autonómiával rendelkezik.

Isten hatalmának korlátozása persze nem ment komoly küzdelmek nélkül. Az arisztotelianizmus sok elemét többször is hivatalosan bírálták, illetve terjesztésüket tiltották az egyházi hatóságok, amint korábban említettük 1210-ben, 1231-ben, 1255-ben, és 1277-ben is.

Mindez azonban nem tudta feltartóztatni a természetről való gondolkodás szekularizálódásának folyamatát. Kicsivel később Buridan (1300-1358) már arról beszél, hogy a természetfelfogásnak el kell tekintenie a csodák lehetőségétől, továbbá, hogy Isten és a természet viszonyában Isten csak “rendes” hatalmát gyakorolja, a rendkívülit nem.

A természetes és csodás viszonyának alakulását végiggondolva tehát azt mondhatjuk, hogy amíg kezdetben a természeti törvényekkel szembenálló, vagy felettük álló csodákban vélték felfedezni Istennek a természetben való jelenlétét, később már a vizsgálódó, elmélkedő ember számára is felfogható természeti törvények hordozták Isten akaratát. A régebbi korokban Isten korlátlan úrként parancsolhatott, a természeti létezőknek a feltétlen engedelmesség szerepe jutott. Ezzel szemben a XIII-XIV századi világfelfogás szerint a természetes objektumok sajátos természete is megnyilvánulhat, és Isten figyelembe veszi hatalmának gyakorlása során ezeket az összefüggéseket is. <<<((( A legtöbb hívó embernek vulgáris felfogása volt a tudományról és ez a helyzet többé-kevésbé ma is. Legáltalánosabban nincsen is komolyan vehető tudományos érdeklődése. Tehát a problémát sem lehet vele megtárgyalni, hogy Isten átlépheti-e a világ teremtőjeként saját maga alkotásának saját maga adta szabályait. Sőt ha komolyan veszem, hogy a „végső ok” nem egy oksági fogalom, hanem egy oksági határfogalom, éppen annak jelölésére, hogy az már az okkeresés lezárása, akkor lehet, hogy Isten-fogalmunk gyökerei vissza eredeztethetőek a görög filozófia nagy korszakaiba vagy éppen az újplatonizmushoz, ám annak saját, a filozófiához, szűkebben véve a tudományfilozófiához viszonyítva öntörvényű jelentése alakult ki az elmúlt évezredben. Ahogyan a filozófiától elváltak a filozófia által megalapozott fogalmi készlettel, sablonokkal, modelltípusokkal a szaktudományok, hasonló a helyzet a teológiában is. Tehát nem csupán a fogalmak eredete vezethet a tisztánlátáshoz, a mai helyzet megértéséhez, sőt a mai értelmezési lehetőségekhez, hanem egyfajta funkcionális megkülönböztetés is. … „hit” és „tudás”, teológia és tudomány avagy teológia és filozófia, ismeretelmélet között. … -FÁ)))>>>

### 3. Társadalom és természet. Természetjog és természeti törvény

Társadalom és természet a középkori gondolkodásban sok szempontból elválaszthatatlan területek voltak. Ha mégis megpróbálkozunk különválasztásukkal azt kell látnunk, hogy helyzetük nagymértékben hasonló volt: mindkét szféra Isten hatalma alatt állt, mint az ő állandó tevékenységének terepe, parancsainak, törvényeinek alávetett birodalmak. A bizonytalan elválaszthatóság, és a világban elfoglalt hasonló helyzetük alapján érthető, hogy hasonló fogalmi szerkezetek analóg működésmódját fedezhetjük fel mindkét területen. Nincsenek lényeges különbségek természeti és társadalmi objektumok, folyamatok, ill. viszonyok között. Sok dologban tükröződik mindez, de egyik legfontosabb megnyilvánulása a társadalom működését értelmező természetjog és a természet működését értelmező természettörvény fogalmi megkülönböztethetetlensége. <<<(((amiben az emberi társadalmi felelősség vagy társadalmi fejlesztési törekvés, felelősség nem nagyon értelmezhető -FÁ)))>>>

Ezeket az összefüggéseket illusztrálandó, talán érdemes röviden felidézni a természeti törvény fejlődésével kapcsolatba hozható társadalmi folyamatokat. A következő érdekes párhuzamokat lehet megfigyelni:

A természeti törvény fejlődésének előtörténetében oly fontos szerepet játszó sztoikus tanítás a mindent átfogó egyetlen törvényről a Nagy Sándor után kialakuló birodalmak korában, az akkoriban kívánatos és érvényes társadalomszervezési modellt tükrözi vissza. Az egy - alkalmasint elérhetetlenül távolinak tetsző - központból, az önkényúr által megszabott egységes törvények szerint irányított birodalmi államgépezet, s a kérlelhetetlen, univerzális, isteni törvényeknek kiszolgáltatott természet azonos működésmódja teljesen nyilvánvalónak látszik. (Hasonló ideológiai hátteret fedezhetünk fel a korábbi zsidó és babiloni elgondolások mögött is.) <<<(((és a hatásmechanizmus az axiomatikában is érezhető, hiszen a kölcsönös megállapodás szabad vitafelek közt és hatalmi-ideológiai szorításnak kitett helyzetben egészen másként működhet -FÁ)))>>>

A középkori államszervezet hierarchikus marad ugyan, ám lazábbá válik. A hűbérurak hatalma, tekintélye mindazonáltal visszautal a hűbéri hatalom isteni eredetére, ugyanakkor sokszor csak kiváltságok, kegyek, privilégiumok adományozásában nyilvánul meg. Ez a gyakorlat kétségtelenül emlékeztet Isten és a csodák kapcsolatára.

A felbomlóban lévő feudális állam arra kényszerül, hogy hatalmát ismét megszilárdítsa. A XVII. században Európa szerte az abszolutizmus térhódítását látjuk, ahol újból előtérbe kerül az egyetlen racionális törvényhozó uralkodó eszméje. Csakhogy időközben a világ alapvető egysége megbomlott. Az egységes egészből önállóságra igényt tartó területek válnak ki. Így egy törvény csak az egyes, önállóságra igényt tartó szférákon belül marad érvényes, elveszíti abszolút univerzalitását. Különválnak az egyes szférákra jellemző törvényfajták, így a természeti és társadalmi törvények is. Ahogyan Suarez, egy spanyol teológus megjegyezte 1612-ben:

“... a nem eszes dolgoknak, valójában nem lehet törvényük, és nem képesek az engedelmességre sem. Ezeknél az isteni hatalom működését és a természeti szükségszerűséget nevezik metaforikusán törvényeknek.”

A természet Isten tevékenységének tárgya helyett, egyre inkább mint az emberi tevékenység tárgya szerepel. Ez a felfogás felértékeli a konkrét tetteket, a tevékeny embert, az álmodozó, spekuláló, szemlélődő rovására. A tudományos tevékenység is átalakul: a kísérletezés immár visszavonhatatlanul bevonul a tudomány eszköztárába. Isten csak létrehozza a világot, de később már nem avatkozik bele a dolgok folyásába, a konkrét természetalakító munkát immár az ember végzi. Az ember maga akarja uralni létének természeti feltételeit. Isteni szerepre készül. A modern kor polgára el is éri majd ezt a célt, legalábbis abban a formában, hogy olyan "saját” világot gondol maga köré melynek mindenható ura, Istene lehet.

### 4. Tudomány és természet. A természettudományok törvényfogalmának alakulása

Milyen új elemekkel tudott hozzájárulni az újkor a természeti törvény fogalmához? Vajon ezen a téren is megmutatkozik-e a középkori nézetekkel való radikális szakítás, vagy itt inkább egy folyamatos átmenet tanúi lehetünk? Talán meglepő, de alighanem az utóbbi esettel van dolgunk.

Bármilyen erőteljesek és alaposak voltak az újkor gondolkodóinak skolasztikaellenes támadásai, sajátos módon, a természeti törvény problémáját közvetlenül alig érintették. A korszak legtöbb tudósa és filozófusa elfogadta azt a hagyományos álláspontot, hogy a világi szféra (a természet és a társadalom is) Isten által adott örök törvényeknek, az isteni gondviselésnek alávetetten működik. A vélemények jelentős megváltozását legfeljebb a gondviselésnek a jellegével és hatókörével kapcsolatban figyelhetjük meg. Talán azt is mondhatnánk, hogy

* a középkori világfelfogás racionalista kritikája inkább az isteni gondviselés (s így a természeti törvény) jellegéhez szólt hozzá, míg
* az empirista kritikai attitűd inkább a hatókör kérdésében volt hatékony.

A korabeli tudományos munkákban e két szempont gyakran együtt szerepel s együtt határozza meg az adott tudós törvényfelfogását.

Kopernikusz (1473-1543) nem említ törvényeket, a világ olyan gépezetéről ír, amelyet a legjobb kézműves alkotott. Stevin (1548-1620) és Pascal (1623-1662) annak ellenére, hogy ismerik, nem alkalmazzák a természeti törvény fogalmát.

Galilei (1564-1642) igazán sok fizikai törvényt ismert fel és írt le. Mindazonáltal érdekes, hogy (hasonlóan nagy elődjéhez és példaképéhez Arkhimédészhez) munkáiban nem törvényekről, hanem, olyan tételekről, lemmákról, ill. korolláriumokról beszél, melyek matematikai érvelésekbe illeszthetők. Ez érvényes még az inga, vagy a szabadesést végző test mozgására, és a hajítás pályájára vonatkozó megállapításaira is. Galilei szerteágazó tudományos munkásságából a későbbi fejlődést leginkább befolyásoló gondolatnak ma azt látjuk, mely szerint a matematika a természet leírásának a megfelelő nyelve. A tudást ezen a nyelven kell kifejezni. (Az újkorban megfigyelhetjük, hogy a mennyiségi viszonyok tanulmányozása felértékelődik, s háttérbe szorulnak a pusztán minőségi szempontokat figyelembe vevő megközelítések. <<<(((de a minőségi ismérvek nem eltűnnek, talán nem is a paradigmák homályába hátrálnak, hanem az induktív axiomatika által kezelhető tényleírásokba, ellenőrizhető kísérleti eljárásokba, szabványokba stb kerülnek! -FÁ)))>>> Mindez nagyon fontos összetevője a kialakuló modern világképnek; gazdasági, ideológiai, politikai szempontok ugyanúgy szerepet játszanak ebben a folyamatban, mint a tudomány igényei. A matematikai nyelvezet természetesen alkalmas arra, hogy mennyiségi összefüggéseket is tükrözzön. Mondhatjuk azt is, hogy Galileit elsősorban természetfilozófiai teljesítménye, így például ennek a változásnak a felismerése, tette képessé tudományos eredményeinek elérésére s a későbbi korok számára igazán fontos tudóssá.) <<<(((ez egy sajnálatosan pontatlan fogalmazás, amely kizárólag a deduktív jellegű matematikát hangsúlyozza a modern tudomány ismérveként annak számos egyidejű, a minőséget kezelni hivatott algoritmusa mellett. -FÁ)))>>>

A természeti törvények vonatkozásában számára elsősorban az volt a fontos, hogy megtalálja a fizikai mennyiségek közötti helyes függvénykapcsolatokat. Galilei tehát, úgy tűnik, nem annyira a természeti objektumok és viszonyaik sajátos, csak rájuk jellemző, elidegeníthetetlen, belső meghatározottságait, hanem inkább a matematikai gondolatmenetekben általánosan érvényesülő logikai törvényszerűségeket vette igénybe a természeti összefüggések leírásához. Noha megállapításait nem nevezte törvényeknek, azok mégiscsak hordoztak a természeti törvényekre jellemző jegyeket; a vizsgált rendszer konkrét körülményei között feltétlen érvényességgel bírtak és kiszámítható következményekre vezettek. Adott esetben tehát alkalmasak voltak egy konkrét folyamat zajlására magyarázatot adni, s lehetséges kimenetelére érvényes és ellenőrizhető jóslatokat megfogalmazni.

Amint az jól ismert, Galileit rendkívül erőteljes támadások érték szemléletmódjának következményei, az egész világra való kiterjesztése miatt. Ez érthető, hiszen a korszak uralkodó világszemléletét lényegében még az ókori és középkori értékrend maradványai határozták meg. Nyilvánvaló, hogy ennek a helyzetnek a fennmaradása megfelelt a világi hatalommal is felszerelkezett egyház érdekeinek, <<<(((miért van szükség erre? Mintha a középkor Európában kizárólag teokráciában zajlott volna és nem a világi és egyházi hatalom párhuzama jellemezte volna -FÁ)))>>> hiszen ez az értékrend harmonizált az ő kulturális és politikai befolyását biztosító világfelfogással. De a kialakulófélben lévő új, polgári értékrend számos vonatkozásban kikezdte ezt a nézetrendszert. Mivel Galilei nézetei eme új rendbe illeszkedtek, s ráadásul Itáliában keletkeztek s hatottak, állásfoglalásra késztették az egyházi ideológusokat. Az ennek nyomán kialakuló egyházi álláspont úgy próbálta meg asszimilálni az új tudományos nézeteket, hogy megpróbálta különválasztani a tudás ismeretelméleti és ontológiai oldalait, annak érdekében, hogy az ontológia vonatkozásában megőrizhesse befolyását, és egyúttal utat engedjen a tudomány fejlődésének és gyakorlati hasznosításának.14 Ez azt jelenti, hogy az egyház akarja eldönteni - például a Bibliával való összhang fenntartása érdekében - azt, hogy mi létezik, s mi nem, de megengedi az általa meghatározott valóságszférák leírásának különféle, esetleg egyre összetettebb változatait. Ennek szellemében az például hirdethető, hogy a Naprendszer heliocentrikus felfogása és leírása is lehetséges, de az nem, hogy ez volna a valóságos helyzet. <<<(((mert az a XX. Századi vélemény szerint sem áll fenn a különböző vonatkoztatási rendszerek egyenértékűsége miatt? Ezen itt olvasható megfogalmazás jól megfér a valóság és a matematikai leírás megkülönböztetésének. Még olyat is hallottam már, hogy Galileivel az volt a baj, hogy a Bibliát akarta mindjárt átfogalmazni, nem pedig hogy mit csinál a Föld bolygó a Nap körül. -FÁ)))>>>

14Érdekes elemzést olvashatunk erről a problémáról Lukács György: A társadalmi lét ontológiájáról című (Magvető, Budapest, 1976) monumentális művének I. és III. kötetében.

Ez az egyházi álláspont igen fontos befolyást gyakorolt az újkori gondolkodás fejlődésére egész Európában. Egyik hatásaként azt láthatjuk, hogy a filozófiában is évszázadokon keresztül előtérbe kerülnek az ismeretelméleti kérdések, a módszer kérdései.

###### Sok filozófus ma is tartózkodik az ontológiai kijelentésektől. <<<(((az is lehet hogy azért, mert ott metaforán kívül mást nagyon nem is tudna tenni?! -FÁ)))>>>

Egy ilyen álláspont a természeti törvények esetében lehetővé teszi felállításukat és kimondásukat, de problematikussá teszi értelmezésüket. Az minden további nélkül elfogadható, ha továbbra is az isteni akarat - egyre komplexebb - leírásainak tekintjük őket, de sokkal nehezebb elfogadtatni e törvényeket olyanokként, amelyek a valóság elemeinek saját természetét tükrözik. Galilei - ahogyan korábban említettük is - általában nem ragaszkodott az utóbbi felfogáshoz. Nevezetes meghurcoltatása mégis egy ilyen kérdés körül forgott. Mindez nagy hatást gyakorolt kortársaira s az utókorra, s kétségtelenül hozzájárult - sok egyéb mellett - a természeti törvény fogalmának további fejlődéséhez is.

Az anglikán egyház álláspontja mérsékeltebbnek mutatkozott, továbbá Európa más tájain a reformáció tanai, Luther (1483-1546) és Kálvin (1509-1564) nézetei tettek szert befolyásra. Ebben a szellemi környezetben a tudományos gondolkodás is valamivel szabadabban fejlődhetett. E vallások esetében <<<(((a vallás és felekezet meg a rítus fogalma nem szinonimák -FÁ)))>>> az egyes ember lényegében az egyházi hierarchia közbeiktatása nélkül, közvetlenül került kapcsolatba Istennel, illetve a Bibliával, s a számára fontos értékeket ebben a közvetlen viszonyban, bizonyos mértékben önállóan választhatta ki. Az eleve elrendelés eszméje15 mindeme ráborította ugyan az isteni gondviselés palástját, de ez fejlettebb formában tartalmazta a katolikus egyház “ismeretelméleti engedményét”, hiszen minden tudós jelentős részben maga dönthetett az elrendelés értelmezéséről. A Bibliával való foglalkozás maga után vonta kritikai analízisét, az ellentmondó részek összehasonlítását, s ennek következtében sokkal inkább lehetővé vált ontológiai kérdések felvetése, a valóság kritikai analízise, átértelmezése, kísérleti ellenőrzése is. Nézzük meg, milyen eredményekre vezetett ez az attitűd!

15Lásd pl. Kálvin J.: /Ír eleve elrendelésről (Európa, Budapest, 1986)

Mostani témánk szempontjából érdekes felidézni Kepler (1571-1630) álláspontját. Kepler, noha nem híres törvényeinek leírásakor, de időnként használta a természeti törvény kifejezést. Többféle értelemben. Egyrészt a fizikai mennyiségek között érvényesülő viszonyokat, arányokat nevezi törvényeknek, másrészt beszél olyan “geometriai törvényekről”, amelyek érvényre jutnak a természeti folyamatok esetében. Érdekes, hogy ebben a vonatkozásban Keplerre nem annyira Arkhimédész, hanem inkább Püthagorász eszméi hatottak. Vagyis úgy gondolja, hogy Isten a világot a “geometriai szépség” szabályai szerint rendezte el, s a természeti törvények valójában eme szépség isteni alapelvei. A tudós felfedheti a világ szép rendjét, a dolgok közötti viszonyokban érvényesülő harmóniát, s Istent mint e harmónia létrehozóját dicsérheti. Ez az álláspont igen közel esik egy deista felfogáshoz. (A deizmus nézete szerint Isten szerepe a világ létrehozására, megteremtésére korlátozódik, a későbbi folyamatokba nem avatkozik bele, hiszen a teremtésben adott törvények nyomán minden amúgy is rendelete szerint folyik.)

Történészek egybehangzóan állítják, hogy a természeti törvény teljesen kifejlett fogalmát Descartes (1596-1650) használta műveiben először. Az Értekezés a módszerről című művében például így ír:

“... felfedeztem néhány törvényt is, amelyeket Isten olyképpen állapított meg a természetben, amelyeknek olyan fogalmait véste lelkünkbe, hogy kellő megfontolás után nem tarthatjuk kétségesnek pontos érvényesülésüket mindabban, ami van vagy történik a világban...

... én csak erről beszélek: mi történnék egy új világban, ha Isten most valahol a képzelt terekben elég anyagot teremtene, hogy világot alakítson belőle; ha ennek az anyagnak különböző részeit különbözőképpen, minden rend nélkül mozgásba hozná, úgyhogy olyan zűrzavaros Káosz jönne belőlük létre, amilyent költő csak elképzelhet; ezután pedig nem tenne egyebet, mint hogy rendes közreműködését nyújtaná a természetnek, s ezt az általa megállapított törvények szerint engedné működni...

Továbbá megmutattam, melyek a természet törvényei; s anélkül, hogy okoskodásaimat más elvre alapítottam volna, mint Isten végtelen tökéletességeire, igyekeztem bebizonyítani mindazokat a törvényeket, amelyekhez bármi kétség férhetne, s olyanoknak láttatni őket, hogy ha Isten több világot teremtett volna, akkor nem lehetne egyetlen egy sem olyan, amelyben e törvények ne lennének érvényesek.”16

16Descartes R.: Értekezés a módszerről, Matúra bölcselet sorozat 1. kötet (Ikon, Budapest, 1992) 53-54. o.

Descartes ezek után felsorol néhány olyan területet (kozmológiai, csillagászati, fizikai, meteorológiai, geológiai, kémiai, élettani, stb.) amelyeken a fent jellemzett törvények érvényesülését észrevette. Másutt megtaláljuk az általa megállapított fénytörési törvénynek, a tehetetlenségnek, vagy a mozgásmennyiség megmaradása törvényének konkrét leírását is.

Mindezek alapján világos, hogy Descartes deista módon elfogadja a természeti törvények isteni eredetét, majd pusztán ezek működése révén értelmezi az egész világmindenséget. <<<(((ami megint megfelel az oksági lánc és a végső ok fogalmi különböző természetének -FÁ)))>>> Ennek során nagy szerepet szán a velünk született, közvetlen isteni eredettel rendelkező, univerzálisan érvényes fogalmak összefüggéseiből logikus gondolkodással levezethető, bizonyítható törvényeknek. Descartes figyelembe veszi a kísérletezők konkrét tapasztalatait is, ám az egyes tapasztalat, akár az egyes természeti létező, csak a különböző mértékben általános igazságok alá besorolva igazolódik, így értelmezhető. Az is fontos, hogy Descartes sem elégszik meg a minőségi leírással, hanem mennyiségi összefüggések is foglalkoztatják. Sok példáját láthatjuk ennek mechanikai és optikai gondolatmeneteiben. Ő is komoly híve a matematika, a geometria ilyen értelmű alkalmazásának. A test és lélek dualizmusára vonatkozó nézetei, mechanicisztikus felfogása alapján az is érthető, hogy nála már különválik a természeti és az emberi törvény fogalma. Descartes nagyon nagy hatású gondolkodó volt, így az is érthető, hogy törvényfelfogása világszerte elterjedt mindenekelőtt Spinoza, Huygens, Newton és Leibniz közreműködése révén. Az ő tevékenységükkel azonban itt már nem foglalkozunk.

### 5. A természeti törvény természete

Az eddigiekben megpróbáltuk jellemezni a természeti törvény fogalmának európai fejlődését. Láthattuk, hogy az európai gondolkodás történetében fontos szerepet játszó zsidó, görög és keresztény hatások következtében évszázadokon át széleskörűen elfogadott volt az isteni törvényhozó eszméje. A törvényekben az isteni akarat megnyilvánulását látták. Ez az akarat érvényre jutott a világ minden szférájában, a természeti, társadalmi, emberi, anyagi, szellemi világban egyaránt. Semmi sem vonhatta ki magát az isteni uralom köréből, a létező dolgok 'kötelessége' egyszerűen az, hogy alávessék magukat ennek a hatalomnak. Eme közös alávetettség egyfajta egységet létesít a világban, s világosan utal a törvényben kifejezett összefüggések általános, bármely szférában, bármely konkrét esetben értelmezhető, közös jellegére. Az egyes létezők, események, folyamatok nem közvetlen módon függenek egymással össze, hiszen amiatt, hogy valamennyi az isteni utasításokat követi, csak ezen az isteni közvetítésen keresztül működő, közvetett kapcsolataik vannak. Ha a halandó egyáltalán képes kifürkészni és felfogni az isteni akarat működését, akkor a törvények feltétlenül érvényesülő, örök, magasztos, eszmei jellegét veheti észre.

A törvény ilyen fogalmának s az ezzel a fogalommal kapcsolatba hozható gyakorlatnak fontos szerepe volt a középkori társadalmak életének szervezésében, működésében. Így érthető, hogy a feudális társadalmi struktúra átalakítását eredményező küzdelmek nem hagyták érintetlenül a törvényfogalmat sem. A társadalom-átalakító harcok egyik következményeként az isteni és emberi, az égi és földi szférák közé még sok, relatív önállósággal rendelkező szférát iktattak, ezzel a világkép némileg pluralizálódott, a létszférák száma nőtt, a hatalom megosztottabbá vált. Ebben a folyamatban fokozatosan különvált a természeti és társadalmi szféra is, s kialakultak a külön szférákra vonatkozó sajátos törvényfajták, így a természeti törvény is. Mindazonáltal a sok évszázados történet következtében ez a természettörvény fogalom hordozza az isteni törvénykezés, illetve a társadalmi és erkölcsi törvények jellegzetes vonásait.

Hasonló összefüggéseket találunk, ha felidézzük az korabeli kínai gondolkodók jellegzetes álláspontját.17 Ott is az istenségre vonatkozó elképzelések és a - nyilvánvalóan eltérő - társadalmi szerkezet alakította a törvények, s így a természettörvény fogalmát. A jelentősen különböző körülmények azonban az Európában létrejötthöz képest egészen különböző eredményre vezettek. Az ókori kínai filozófiában nem lehet találkozni a természeti törvény fogalmával, sőt a korszak gondolkodói gyakran éppen azt hangoztatják, hogy nincsen értelme általános törvényekről beszélni, hiszen a konkrét körülmények mérlegelése segíthet megértem a dolgot, a konkrét körülmények pedig minden esetben mások és mások. A Kínában kialakított istenkép nem teremtőt, nem személyt, nem törvényhozót ábrázol, így nem is lehet olyasminek az alkotója, mint a természeti törvény. A későbbi fejlődés - nagyjából az előzőekben áttekintett európai fejlődéssel egyidőben egy olyan világképet alakít ki, amelyben a létezők együttműködése nem egy felsőbb lény parancsának engedelmeskedve történik, hanem amiatt, mert mindannyian a nagy kozmikus egésznek, abba beleilleszkedő részei, és ebben a beilleszkedésben saját belső természetük parancsát követik. A világ így egy organikus, dinamikus egész lesz, mintázatok és összefüggések szövevénye, melynek elemei úgy kapcsolódnak egymáshoz, mint a háló szemei. De ennek a hálónak nincsen készítője, nem külső parancsra szövődik. Az egész rendszer működése titokzatos, az ember számára lényegében megfejthetetlen, nincsen semmi értelme olyanféle összefüggéseket keresni, melyeket egy végtelenül racionális lény belehelyezett, mint akaratának hordozóit, a természetbe. (A társadalmi összefüggéseket csak jelezni tudjuk: az efféle dolgok bizonyára alapvetően fontosak voltak a hatalmi harcoktól sújtott, bürokratizálódó, hatalmas kiterjedésű kínai birodalom embere számára.) Európai értelemben vett természeti törvény fogalom tehát Kínában nem alakult ki.

17 Needham J.: Az emberi törvény és a természeti törvények. Filozófiai Figyelő, VI., 79-100, 1984

Az európai tudományos fejlődés fontos következménye a természet leigázásának programja. Ez a XVII. századi gondolat a természeti törvény európai fogalmában már benne van. “Mindössze” annyit kell változtatni, hogy Isten helyét az emberrel kell betölteni. A természetre vonatkozó tudással felfegyverzett ember korlátlan úrnak érzi magát, s újabb és újabb parancsait sorolja. És nem is sikertelenül. De talán nem is sikeresen. Hiszen - eléggé fájdalmas tapasztalat - Isten se tudta csak a jót világra hozni, s a rosszat, a kedvezőtlent, a halált, a bűnt távoltartani. Nem sikerülhetett ez a modem kor emberének se: a racionalitásra, a szükséges törvények ismeretére épülő modernitás világa összedőléssel fenyeget: ökológiai katasztrófák és szörnyű társadalmi kataklizmák ingatják. A nem kívánt eredmény alighanem azzal függ össze, amit a kínaiak hangoztattak annakidején: legyünk figyelmesebbek, hagyjuk a dolgokat maguktól világgá szerveződni, hiszen csak ronthatunk a dolgon, mivel azt hisszük, hogy minden szempontot figyelembe véve döntünk, holott ez gyakran lehetetlen, vagy kétséges. Több alázatot és kevesebb erőltetést, ha lehet. Vagy legalább másféle törvényeket, olyanokat, amelyekben kifejeződhet az egyes dolgok saját természete is, s e természet nem kizárólag szenvedő, az általános hatalmát elszenvedő lehet, hanem rendelkezik valamiféle “hatalom” vonásaival is. Ha már nem szabadulhatunk meg a hatalmi szempontoktól, kérdés, hogy kereshetünk-e “demokratikusabb”, plurálisabb vagy “anarchista” jellegű törvényfogalmakat? A válasszal alighanem várni kell még néhány száz évet.

## E. Összegzés

Az antik tudományos örökség hosszabb ideig veszni látszott, az európai társadalmak fejlődése valamiféle nem- tudományos értékrend megvalósításának az irányába indult el. Ezekben az évszázadokban azonban az arab birodalom filozófusai és tudósai kerültek abba a helyzetbe, hogy megőrizhették az antik tudomány legtöbb eredményét. A görögök tudománya a középkor végére jutott végleg vissza Európába s mintegy ezeréves pihenés után úti előkészületeket folytat, készül új feladatainak megoldására.

Irodalom

Balázs, L..A kémia története. Gondolat, Budapest. 1974.

Bemal, J. D.. Tudomány és történelem. Gondolat, Budapest. 1963.

Bynum, W. F„ Browne, E. J., és Porter, R.. (eds.). Dictionarv of the History of Science. Macmillan, London. 1982. Clagett, M.. Greek Science in Antiquity. Abelard-Schuman, New York. 1955.

Collins, R.. The Sociology of Philosophies. A Global Theory of Intellectual Change. Harvard U P, Cambridge Mass.. 1998.

Delumeau, J.. Reneszánsz. Osiris, Budapest. 1997.

Dijksterhuis, E. J.. TheMechanization ofthe WorldPicture. OxfordU P, London. 1961.

Eisenstein, E. L.. The Printing Press as an Agent of Change, vol. 1-11.. Cambridge U P, Cambridge. 1979.

Febvre, L. és Martin, H-J.. The Corning of the Book. Verso, London. 1997.

Floistad, G. és Klibanski, R.. (eds.). Contemporary Philosophy vol. 6, Part I-II., Philosophy and Science in the MiddleAges. Kluwer, Dordrecht. 1990.

Friedell, E.. Az újkori kultúra története I. Középkor, pestis, misztika. Holnap, Budapest. 1989.

Friedell, E.. Az újkori kultúra története 11. Reneszánsz és reformáció. Holnap, Budapest. 1990.

Fülöp, Zs.. A bölcsek köve. Műszaki, Budapest. 1957.

Grant, E.. A Source Book in Medieval Science. Harvard U P Cambridge, Mass.. 1974.

Grant, E.. Physical Science in theMiddle Ages. Cambridge U P, Cambridge. 1977.

Grant, E.. Studies in Medieval Science and Natural Philosophy. Variorum reprints, London. 1981.

Grant, E.. The Foundations of Modern Science in the MiddleAges. Cambridge U P, Cambridge. 1996.

Hall, A. R. és Hall, M. B..A BriefHistory ofScience. Iowa State U P, Ames. 1988.

Huizinga, }.. A középkor alkonya. Helikon, Budapest. 1982.

Kampis, Gy., Rédei, M„ Ropolyi, L„ Szegedi, P., Székely, L„ Szigeti, A., Szilágyi, L., Vinkovics, M., és Zágoni.

M.. Előadások a természetfilozófia történetéből (Egyetemi jegyzet). ELTE TTK; Budapest. 1997.

Komjáthy, A.. A tudás fája. Egyetemi Nyomda, Budapest. 1947.

Lindberg, D. C.. (ed.). Science in theMiddle Ages. U Chicago Press, Chicago. 1978.

Lindberg, D. C.. (ed.). The Beginnings of Western Science. U Chicago Press, Chicago. 1992.

Nasr, S. H. és Leaman, O.. (eds.). History oflslamic Philosophy, Partl-II.. Arayeh Cultural Ins., Tehran. 1995. Simonyi, K.. A fizika kultúrtörténete. Gondolat, Budapest. 1978.

Taton, R.. (ed.). Elistory of Science. Ancient andMedieval Science from the Beginnings to 1450. Basic Books, New York. 1963.

Taton, R.. (ed.). History of Science. The Beginnings of Modern Science. From 1450 to 1800. Basic Books, New York. 1964.

Tumer, H. R.. Science inMedievalIslam. U Texas Press, Austin. 1997.

# IV. fejezet - Újkori forradalom a tudomány jellegében és társadalmi helyzetében. A mechanikai világkép kiépülése

## A. Bevezetés *(Szegedi Péter)*

A XVII. század óriási fordulatot hozott a tudomány történetében. Mint általában a fordulatok, természetesen ez sem előzmények nélküli. Az előzmények között tudományon kívüli - tehát társadalmi, gazdasági - és tudományon belüli tényezőket egyaránt találhatunk. A társadalmi hatások esetében nagy általánosságban az új típusú társadalom kialakulását jelölhetjük meg, konkrétabban pedig utalhatunk a technika rohamos fejlődésére, vagy akár a szellemi élet (pl. a vallási gondolkodás) radikális átalakulására, az emberek közötti érintkezés könnyebbé válására. Mindezek - és még sok más tényező - hatására megváltozott a tudomány társadalmi szerepe, a tudósok presztízse, növekszik a tudománnyal foglalkozók száma. Megszilárdulnak a tudománnyal kapcsolatos intézmények, vagyis az egyetemek, tudós társaságok, a levelezési, majd a folyóiratrendszer, a könyvkiadás.

Ha a tartalmi változást akarjuk jellemezni, akkor először arra kell utalnunk, hogy a gazdaság, a kereskedelem, a közlekedés, a hadviselés, a gyógyítás mindenütt jelenlévő igényein kívül az ókori és középkori természetismeret ellentmondásai, hiányosságai vezették a természettudósokat arra, hogy újra meg újra foglalkozzanak a bolygómozgások, a hajítások stb. problémáival. A fokozatosan létrejövő módosított ókori, majd új modellek végül gyökeres világképi szemléletváltást hoztak létre. A folyamat közvetlen kiindulópontjaként Nikolausz Kopernikusz (1473-1543) munkásságát szokták megnevezni. Az emberiség önismeretének tényleges ugrása azonban inkább csak jó fél évszázaddal a jeles csillagász halála után következik be. A következő fejezetekben megpróbáljuk ezt a rendkívül érdekes és gyakran kerülőutakat használó történetet bemutatni. A történet főszereplői lesznek: a misztikus Johannes Kepler (1571-1630), a félig arisztoteliánus, félig (tudományos) eretnek Galileo Galilei (1564-1642), a magának való Isaac Newton (1642-1727) és még sok más zseniális gondolkodó.

A kor és természetkutatása nemcsak új ismereteket hozott, hanem új stílust is. Már csupán a tudomány mennyiségi növekedése is kiváltott módszertani problémákat. Egyre komolyabb igény mutatkozott ugyanis a tevékenységek összehangolására, ami végül elvezetett a módszertan közös megalapozásához. Ennek kapcsán felemlítjük majd Francis Bacon (1561-1626) és René Descartes (1596-1650) egymást kiegészítő ötleteit.

A tudós közösség által egyre inkább elfogadott módszertan azonban nem valamiféle üres, formális keret. Már az ókori atomizmusban fellelhetjük egy mechanikai világkép alapelveit, amely itt és most uralomra jut. Legtudatosabb kezdeményezője talán az utoljára említett Descartes, betetőzője pedig Newton. Munkásságuk - és sok más kollégájuk tevékenységének - eredménye, hogy a különböző területeken dolgozó tudósok mind magukénak vallanak egyfajta előfeltevés-rendszert, a kuhni paradigmafogalomnak talán legtisztább megvalósulását. Ennek létrejötte az első tudományos forradalom, amely egyben a mai értelemben vett tudomány megszületése is. Ami ez után következik, az már a fejlődés normál szakaszának mondható: tökéletesítési törekvések egyfelől, modell-átültetési kísérletek több-kevesebb sikerrel másfelől. Látni fogjuk, hogy Robert Boyle (1627-1691) például az anyagszerkezet kutatásában, J. O. de Lamettrie (1709-1751) az emberi szervezet felépítésében keresi a mechanikus modell alkalmazhatóságát.

##### Melyek a mechanikus természetkép főbb jellemzői?

Először talán monizmusára mutatunk rá, melynek földi és égi világ közé emelt évezredes falakat sikerült ledöntenie

* Az égi és a földi világ - utóbbiba beleértve az élettelen és élő természetet egyaránt - ugyanazokból a fizikai- mechanikai objektumokból épül fel: testekből, vagyis szilárd, folyékony és gáznemű anyagokból, végső soron talán atomokból.
* Ezek minden állapotukban ugyanolyan jellegű mechanikai mozgásokat (hely- és helyzetváltoztatásokat) végeznek. Minden test képes a mozgásra, és viszont: minden mozgás mögött fizikai- mechanikai objektumokat kell gyanítanunk.
* A mozgásokat - jelentkezzenek a valóság bármely területén - erők hozzák létre.
* Az erők okok, amelyek meghatározzák a világ (múlt és) jövőbeli állapotait.
* Véletlenek nincsenek, minden szükségszerűen történik. A természettörvények mindenhol ugyanolyanok, és nincs kivétel alóluk.
* A mechanikus felfogás tehát szélsőségesen determinista.

Ennek következtében is, az új természetkép optimista: a jelenségek megfigyelése és különösen a kísérletek elvezetik a kutatót az erőtörvényekhez, amelyek segítségével aztán vadonatúj és hasznosítható ismeretekre tehet szert. Ehhez a matematika szolgál eszközül, hiszen a természet könyve a matematika nyelvén van megírva (e megfogalmazás Galileitől származik, de Descartes, Newton és mások is sokat fáradoztak azon, hogy kidolgozzák a megfelelő “fordítást”).

A mechanikus természetkép nagyon fontos eleme a matematikain kívül maga a mechanikai modell is. A paradigma Kuhn szerint mintákon, példákon keresztül teljed és érteti meg magát. A kor tipikus mechanikai modellje az óramű. A modell elterjedésével fokozatosan óraművé válik az élő szervezet, az ember és az egész világ is. Az így létrejött elméletek aztán vezérfonallá válnak nemcsak a tudományban, hanem azon kívül is. A newtoni óraművilág kialakulásához és széles körű elfogadásához valószínűleg nagyban hozzájárult a társadalom korabeli állapotának megfelelő korszellem. Most pedig a társadalom kezdi visszakapni mindazt, amit a tudományba befektetett.

E rész célja, hogy bemutassa ezt a természetképet, amely tehát a XVII. században keletkezett, de hosszú ideig (legalább kétszáz évig) döntő befolyással volt a természettudományokra, sőt, nemcsak azokra. A következőkben a (nem szigorú) kronológián alapuló tematikus sorrendben tárgyaljuk a mechanikus természetkép kialakulásának folyamatát és kiterjesztésének-kiteljesedésének főbb állomásait, de foglalkozunk a módszertani kérdésekkel is.

## B. A csillagászat története Ptolemaiosztól Keplerig *(Székely László)*

### 1. Bevezetés

A Római Birodalom bukását követően a görög tudományra és kultúrára, s ezzel Ptolemaiosz rendszerére Európában nagyobbrészt feledés várt, melyben nem annyira a birodalom bukását okozó barbárok “barbárság”-a, mint inkább a koraközépkori kereszténység szellemi merevsége, sokszor fanatizmusa játszott szerepet. <<<(((kár hogy nem ez volt az első mondata, mert bele sem olvastam volna elfogult vulgármaxista acsarkodássá züllik időnként -FÁ)))>>> Igen kifejező, hogy Justinianus császár1 (482-565) Platón közel 900 éven át működő Akadémiáját a görög filozófiai tanok barbárságára (értsd: nemkeresztény voltára) hivatkozva záratta be, s a tragikus sorsú kiváló matematikusnőt, Hyphátiát, alexandriai Theón leányát sem a nomád horda, hanem a fanatikus alexandriai keresztények kövezték meg. <<<(((a fanatikus kommunista barbárságról vajon milyen szavai lesznek? -FÁ)))>>>

1Kelet-római császár, aki rendszerbe foglaltatta a római jogot, s ezzel a Codex Justiniánit, mely még ma is az európai jogrendszerek alapjául szolgál. Nevéhez fűződik a Hagia Sophia templom építtetésének megkezdése is.

Ezekben az átmeneti, a szellem számára “sötét” századokban az arab kultúra volt az, mely megőrizte és ápolta a görög tudomány és filozófia kimagasló teljesítményeit, közöttük Arisztotelész filozófiáját és Ptolemaiosz csillagászati munkáit. <<<(((a szellem nem csupán tudományból áll. Ez az egyoldalú szemlélet váltotta ki azt a szerencsétlen törekvést, hogy szabaduljunk meg a tudománytól az emberi minőséghez vissza találás érdekében. -FÁ)))>>> Amikor Európában - elsősorban a nyugat-európai egyetemeken - a X-XI. században ismét föllendülésnek indul a szellemi élet, számos görög mű, így Ptolemaiosz Szüntaxisza is, arab közvetítéssel jut el a latin világba: nem véletlen, hogy ezen utóbbira mindmáig az arab Almagest2 névvel szokás hivatkozni.

2Al magest” = “a legnagyobb”.

### 2. Az Almagest és a korabeli arab világ

Az Almagest arab életének részletesebb bemutatására itt nincs hely, csak a legfontosabb mozzanatokat említjük meg. Ezek közül az egyik jellegzetes tendencia az volt, hogy az arab csillagász-fizikusok - akik a filozófia, s így a “fizika” terén Arisztotelész követői voltak -, nem elégedettek meg a puszta “matematiká”-val, hanem Ptolemaiosz rendszeréhez következetesen hozzárendeltek egy olyan vele ekvivalens szférastruktúrat, amilyennel már a görögöknél is találkozhattunk.3 Ezzel párhuzamosan részben filozófiai, részben gyakorlati megfontolásokból kísérleteket tettek az eredeti ptolemaioszi rendszer korrekciójára is, ám e próbálkozások egyetlen kivételtől eltekintve eredménytelenek maradtak. A Hold köreinek Ibn al-Satir4 általi módosítása volt, mely kiküszöböli azt a nagymértékű ingadozást, mely a Hold-Föld távolságot az eredeti ptolemaioszi elméletben jellemzi.5 Ez a módosítás később, a középkori Európában ismeretlen maradt, így nem tudjuk, hogy amikor Kopernikusz rendszerében hasonló korrekciót alkalmazott, újból fölfedezte-e ezt az egyszer már megtalált megoldást, vagy esetleg valamilyen forrásból már tudomása volt róla, s így az arab csillagász nyomán vezette be azt? Viszont Kopernikusz az eredeti arab forrást ismerve tudatosan használ egy másik arab eredményt, Naszireddin at-Tuszi6 (1201-1274) szintén csillagászati megfontolásokból megfogalmazott geometriai tételét, mely szerint valamely s/2 sugarú kör kerületi pontja egy sugarú kör átmérője mentén mozog, ha az előbbi kör az utóbbi belsejében gördül.7

3Vö. Dreyer, J. L. Er. A History of Astronomy from Thales toKepler (Second Edition, Dover Publication, 1953)257-260. o.

4 Arab csillagász. A tudománytörténészek e században fedezték tol, hogy a Hold mozgásának ptolemaioszi elméletét Kopernikuszt megelőzve ugyanolyan módon korrigálta, mint később a lengyel csillagász.

5Vö. Saliba, G.: A Medieval Arabic reform of the Ptolemaic Lunar Model, Journal fór the History of Astronomy 20 Part 3. (October/1989) 157-164. o.; Roberts, V.: The Solar and Lunar Theory of Ibn ash-Shatir, Isis 48 (1957) 428-432. o.; Kennedy, E. S.: Laté Medieval Planetary Theory, Isis 57 (1966) 365-378. o.

6Arab csillagász, a ptolemaioszi rendszer kiváló szakértője, aki többek között deformálódott - ám végeredményben mégiscsak tökéletes körmozgásokból összeállítható - bolygópályák bevezetését javasolta. Nevezetes tételét, mely alapján oszcilláló pontot generálhatunk körmozgások segítségével, alkalmazta Kopernikusz is.

7Dreyer, id. mű: 268-270. o.; Bono, M. di: Copemicus, Amico, Fracastaro and Tusi's Device, The Journal fór the History of Astronomy 26 Part 2. (May 1995)

Az arabok azonban nemcsak jól ismerték Ptolemaiosz rendszerét, hanem használni is tudták azt, s képesek voltak arra, hogy a rendszer alapján új bolygótáblázatokat készítsenek. Ugyanakkor megfigyelő csillagászokként is elsőrangúak voltak. Így nem véletlen, hogy amikor a csillagászattal személyesen is foglalkozó X. Alfonzó8, Kasztília királya új bolygótáblázatokat készíttet, ebben arab csillagászok is segítik. A táblázatok Alfonzó trónra lépésének idejében, 1252-ben készültek el, s a következő évszázadokban Európa-szerte használták őket.9

8X. Alfonzó vagy “bölcs” Alfonzó (1221-1284), Kasztília királya, a tudományok, s ennek részeként az arab csillagászok pártfogója, aki nem csak intenzíven érdeklődött a csillagászat iránt, hanem ő maga is művelte e tudományt. Nevéhez fűződik az a mondás, hogy Isten helyében egyszerűbb rendszert gondolt volna ki a csillagvilágra.

9Az arab csillagászat Ptolemaiosz rendszerének az arab csillagászaton belüli történetéről lásd pl.: Saliba, G.: “A Medieval Arabic reform of the Ptolemaic Lunar Model”; uő.: “A Sixteenth-Century Arabic Critique of Ptolemaic Astronomy.” in: Journal fór the History of Astronomy 25 Part 1. (February/1994.) 15-38. ouő.: “Early Arabic Critique of the Ptolemaic Cosmology.” in: Journal fór the History of Astronomy, 25 Part 2. (May/1994) 115-141. o.

### 3. A skolasztika és Ptolemaiosz

A XIII. század második felében - elsősorban Albertus Magnus és Aquinói Szent Tamás tevékenységének eredményeképpen - Európa egyetemein az arisztoteliánus filozófia jutott uralomra, s ennek nyomán Ptolemaiosz is csillagászati tekintéllyé vált. Ptolemaiosz rendszere és az Alfonzi Táblák ettől kezdve 300 éven keresztül szinte kizárólagosan uralták az európai csillagászatot, s ebben az sem okozott gondot, hogy az arisztotelészi szféraelmélet nyilvánvalóan ellentétben állt az excenterekkel és az epiciklusokkal (nem is beszélve az ekvánsokról). A skolasztika számára itt olyan kompromisszumos közvetítésre sem volt szükség, mint az arabok nem homocentrikus szféraelmélete: a skolasztikusok az arisztotelészi homocentrikus szférák “realitásában” nem kételkedtek, s a jelenségeket matematikailag visszaadó ptolemaioszi elmélet vele való ellentmondását azon dolgok közé sorolták, melyeket a véges és korlátozott emberi elme nem képes - vagy még nem képes - átlátni.

“... nem szükséges, hogy a kidolgozott hipotézisek igazak legyenek; még ha ezek a hipotézisek lehetővé teszik is a látszatok megőrzését, akkor sem fontos, hogy igaznak mondjuk őket, mert a csillagokat illető látszatokat talán más módon is meg lehetne őrizni, amit az emberek még nem értettek meg”

- írta például Aquinói Szent Tamás a “fizika” és a “matematika” viszonyának jól ismert problémájával kapcsolatosan.10

l0Aquinói Szent Tamás Commentaria in libros Aristotelis De caelo at munclo című Arisztotelész-kommentárja II. fejezetének 17. pontja. A szöveget magyaul P. Rossi Galilei-esszéjének magyarul megjelent fordítása nyomán idéztük; in: P. Rossi: A filozófusok és a gépek (Kossuth, Budapest, 1975)227. o.; A témával kapcsolatosan lásd még: E. Grant: “The Medieval Cosmos.” Journal fór the History ofAstronomy 2SPart 2. (1997. május) 147-168, o., különösen: 154-158. o.

Bár a modern újkori természettudomány a skolasztikával harcolva nyerte el önidentifikációját, a skolasztika számos esetben - így főképpen a logikában és a mechanikában - előkészítette ezt a fordulatot. Az impetuselmélet pl. igen fontos volt a mechanika története szempontjából. Csillagászattörténeti szempontból pedig kiemelendő, hogy a skolasztikában újból megfogalmazódott a Föld forgásának tana (pl. Nicole de Oresme vagy másképpen Nicolaus Oresmius11. francia skolasztikus matematikus és fizikus részéről, aki Lisieux püspökeként halt meg 1382-ben12). s logikai lehetőségként egyes skolasztikus gondolkodók foglalkoztak a világok sokaságának eszméjével is.

11 Oresme, Nikolaus (kb. 1321—1382): természettudományokkal, valamint társadolom— és gazdaságelméleti kérdésekkel foglalkozó középkori francia filozófus, 1377-től Lisieux püspöke.

12Vö. pl.: Simonyi Károly: A fizika kultúrtörténete (3. kiadás, Gondolat, Budapest 1986) 144-147. o.

Az általános szellemi pezsgés által jellemzett, s a “valami új” megszülésére készülő XV századi Európa - gondoljunk csak itt a századvégi földrajzi fölfedezésekre, a következő századi reformációra, valamint Kopernikusz elméletére - horizontján belül természetesen a csillagászat, s így a ptolemaioszi rendszer körül is megélénkültek az események. Nemcsak arról volt szó, hogy a széles körben használt Alfonzi Táblák a század végére két és fél évszázadossá váltak, s ugyanakkor éppen erre az időszakra kerültek előtérbe a Juliánus-naptárral kapcsolatos problémák is. Ptolemiosz rendszere az arisztotelészi filozófiától való eltérése és belső “szépséghibái” miatt is újból a figyelem középpontjába került.13

13Vö. még pl. Grand, E.: The Medieval Cosmos: Its Structure and Operation, The Journal fór theHistory ofAstronomy 28Part 2. (May 1997)

Az Arisztotelész-Ptolemaiosz párossal jellemzett skolasztikus kozmológia és csillagászat első határozott revíziójával Nicolaus Cusanus (1401-1464) kardinális, német származású teológus és filozófus próbálkozott.

### 4. Cusanus

Cusanus14 szerint világunkban - mivel csupán teremtett világ - semmi sem lehet tökéletes: a tökéletesség csak Istennek, s Isten transzcendens birodalmának sajátossága. Ezért Cusanus kozmoszában a Hold fölötti kozmosz ugyanúgy romlandó, mint a Hold alatti világ. A világ teremtett, “másodlagos” voltából az is következik Cusanus számára, hogy sem a tökéletes körpályák és az egyenletes mozgások, sem a tökéletes nyugalom; sem a tökéletes gömbformák és a pontos középpontok nem jellemezhetik azt. Mindennek következtében a Föld nem lehet a világegyetem középpontjában, s ugyanígy nem lehet teljesen mozdulatlan sem; a bolygók pedig mozgásuk során nem követhetnek tökéletes pontosságú matematikai pályákat.

14Cusanus (Nikolaus von Cusa, 1401-1464): német teológus, filozófus és matematikus, 1448-tól bíboros, 1450-től Brixen érseke. Teológiája és filozófiája - melyet befolyásolt a neoplatonizmus - számos ponton szakít a korát uraló arisztoteliánus-skolasztikus teológiai-filozófiai tradícióval. Fő filozófiai témájú műve: De docta ignorantia. (Bár a filozófia történetében “Cusanus”-ként ismert neve, az angol és német lexikonok gyakran a “Nikolaus von Cusa” címszó alatt, az “N” betűnél tartalmazzák.)

Cusanus egyúttal a világegyetem arisztotelészi végességét is tagadja: igaz tanítása szerint a végtelenség kizárólagosan Isten attribútuma, s ezért a világegyetem nem lehet végtelen. Azt azonban mégsem végesnek, hanem “meghatározatlan”-nak tekinti, s ennek megfelelően egyértelműen elveti az arisztotelészi határokat. Végül a Hold alatti és a Hold fölötti régió egyneműsítésével kapcsolatosan megemlítendő még, hogy Cusanus azt is föltételezi, hogy a többi égitesten a Földhöz hasonlóan van élet.

Cusanus most ismertetett állításait csak általános fejtegetések formájában fogalmazza meg, s ezért bizonyos homályosság és kétértelműség jellemző rájuk. Annyi azonban bizonyos, hogy tévesek azok az értelmezések, melyek Cusanus kozmológiájában Kopernikusz napközéppontú rendszerének vagy Bruno kozmológiájának előfutárát látják. Cusanus világegyeteme valójában inkább egyfajta “lerontott”, “lefokozott” arisztotelészi kozmosz, ahol a Hold alatti világ romlandósága és tökéletlensége a Hold fölötti világot is jellemzi, aminek következtében az égi szférarendszer olyanná válik, mint egy rossz kézműves által készített konstrukció. Megmaradnak az arisztotelészi szférák, ám azok nem tökéletesek, csupán közelítőleg gömbök, s csak hozzávetőlegesen rendelkeznek középponttal. Mozgásuk csak közelítőleg homocentrikus: forgásuk közben ingadoznak, “lötyögnek”; fölszínük csak körülbelül követi a körpályát, sebességük csak megközelítőleg egyenletes: mint egy rosszul összeszerkesztett, pontatlan, “kotyogó” csapágyé. Ugyanígy, a Föld valahol középen van ugyan, de nem “igazán” középen, hanem valahol a hozzávetőleges, elmosódott középponti régió környékén, s itt végez valamiféle, közelebbről pontosan meg nem határozott, szabálytalan, ingadozó mozgást.

Nem derül ki egyértelműen, hogy Cusanus pusztán teológiai megfontolások alapján jutott-e el a kozmosz ilyen képéig, vagy esetleg az arisztotelészi és a ptolemaioszi leírás eltérése, illetve a bolygótáblázatok és a megfigyelt bolygómozgások közötti eltérések is motiválták erre? Ez a koncepció mindenesetre mind a két említett kozmológiát aláássa, hiszen éppen közös előföltevésüket, a tökéletes, matematikai kozmosz -, illetve a tökéletes, matematikai csillagvilág - tézisét tagadja meg. Ugyanakkor azonban tagadása partikuláris: annyit ugyanis elismer, hogy az égitestek mozgása, illetve a világegyetem fölépítése hozzávetőlegesen, tökéletlenül matematikai struktúrákat - körpályákat, homocentrikus gömböket stb. - követ. Ezzel pedig egyrészt választ ad arra, hogy miképpen lehetséges mégis egy precíz matematikai rendszer segítségével közelítőleg reprodukálni a tökéletlen égi mozgásokat, s másrészt az is következik belőle, hogy e reprodukció szükségképpen mindig csak közelítő lehet: nem a fölhasznált matematikai rendszer pontatlansága miatt, hanem éppen ellenkezőleg: mivel a matematikai leírás tökéletes és pontos struktúrákat tartalmaz, még a Hold fölötti régió esetében sem ragadhatja meg a Cusanusnál teremtett voltából következőleg pontatlan és tökéletlen világot.

Cusanus kozmológiája tehát válasszal szolgál az Arisztotelész- és Ptolemaiosz-féle bolygóelméletek és a megfigyelt mozgások differenciáira, mégpedig oly módon, hogy ezeket az elméleteket Cusanusra hivatkozva az általa hamisnak tekintett közös előföltevésre, a matematikai-geometriai értelemben tökéletes és harmonikus kozmosz eszméjére vezethetjük vissza. Cusanus tanítását elfogadva ezért nincsen értelme a további kísérletezésnek a rendszerek finomítása, pontosabbá tevése érdekében: az ilyen próbálkozások a világegyetem, a kozmosz természetéből következőleg sohasem vezethetnek eredményre. Ezt figyelembe véve Cusanus koncepciója nemhogy nem készíti elő, hanem egyenesen elzárja a kopernikuszi rendszerhez vezető utat. <<<(((a mai elméleti fizika szinte Cusanus-korszak, a funkcionális analfabétizmus megnyilvánulása. Lelki kérdésekben ez a tudománytörténet is egy Cusanus-kiterjesztés? -FÁ)))>>>

### 5. Kísérlet a homocentrikus szférák elméletének megmentésére

Cusanus-szal ellentétes attitűddel közelítettek a bolygómozgások problémájához Girolamo Fracastoro15 (1483-1553) és Giovanni Battista Amici16 (7-1538), olasz csillagászok, akik Ptolemaiosz elméletét radikálisan elvetve ismét a homocentrikus szférák elmélete felé fordultak. Fracastaro ennek során rámutatott arra, hogy (a távolságingadozásoktól eltekintve) megfelelő számú homocentrikus szféra bevezetésével elérhető az epiciklusoktól megkívánt hatás, s ennek alapján 79 homocentrikus szférával kívánta Ptolemaiosz rendszerét helyettesítem. Amici nem rögzíti le véglegesen a szférák számát, hanem úgy véli, azokat a bolygók mozgásának további megfigyelése alapján még bővíteni kell.

15Veronai olasz matematikus-csillagász, 1501 és 1508 között a páduai egyetem logika tanára, majd Veronában él, ahol csillagászattal, orvostudománnyal és költészettel foglalkozik. Föleleveníti és korszerűsíti a homocentrikus szférák ókori tanát. Ezzel kapcsolatos műve: Homocentrica. Giordano Bruno nagy becsben tartotta s párbeszédeiben gyakran szerepelteti, mint saját nézeteinek tolmácsolóját.

16Vélencei olasz csillagász, aki 1536-ban megjelent könyvében kísérletet tesz a homocentrikus szférák ókori elméletének modernizálására.

Mint a görög csillagászattal foglalkozó részben már utaltunk rá, a Nap és a Hold korongjának méretváltozásait, s a bolygók fényességváltozásait egy klasszikus homocentrikus szférarendszer önmagában sohasem adhatja vissza. Fracastaro és Amid ezen egy szellemes ötlettel segít: a Hold alatti régióban föltételeznek egy olyan szférát, mely a többi szférához hasonlóan átlátszó, ám anyagában inhomogén, s az e szféra által kiváltott optikai hatásokra vezetik vissza a fenti jelenségeket.17

17Dreyer: id. mű: 296—304. o.

### 6. Kopernikusz

A megváltozott szellemi klíma, s e klímával összhangban a ptolemaioszi elmélettel szemben elfoglalt “aktív” - azaz nem egyszerűen csak befogadó, hanem elemző-kritizáló - attitűd elkerülhetetlenül ráirányította a figyelmet arra, is, hogy e rendszeren belül a Föld mellett a Napnak is kitüntetett szerepe van (így pl. az epiciklus-középpont és a rajta keringő bolygó által definiált egyenes mindig a Nap-Föld tengellyel párhuzamos, azaz a bolygó epicikluson való körmozgása mintegy követi a Nap föld körüli körmozgását). Ennek kapcsán elsősorban az osztrák Peuerbach 18 (1423-1461) és tanítványa, a német Regiomontanus 19 (1436-1476) nevét kell említenünk. Bár az utóbbi határozottan kitartott a Föld középponti pozíciója és mozdulatlansága mellett, közvetve mégis befolyásolhatta Kopernikuszt azáltal, hogy Peuerbachot követve a Napnak a ptolemaioszi rendszeren belüli különös szerepét hangsúlyozta.20

18Georg Peuerbach:osztrák matematikus, csillagász és költő, Ptolemaiosz szakavatott ismerője. A bolygómozgásokat Ptolemaiosz nyomán tárgyaló műve a következő évtizedek legfontosabb tankönyve volt, melyet több mint 50 latin nyelvű kiadása mellett számos más nyelvre is lefordítottak. Ebben fölhívja a figyelmet arra, hogy az epiciklusokon történő bolygómozgások valamilyen módon kapcsolatban vannak a Nap mozgásával. Megkezdi Ptolemaiosz művének újrafordítását, melyet tanítványa Regimontanus fejez be.

19Müller Johannes Regimontanus (1436-1476): német matematikus és csillagász, Ptolemaiosz rendszerének szakértő ismerője, művének Peuerbach által megkezdett újrafordítását ő fejezi be. Már 12 éves korában bolygópályákat számol, 15 éves korában ő készíti el III. Frigyes császár menyasszonyának horoszkópját. Egy ideig Mátyás király udvarában is élt. Tycho de Brahe Regimontanusnak az égi jelenségek napi parallaxisának meghatározására kigondolt módszerét alkalmazta az 1572-es nova és az 1577-es üstökös megfigyelése során.

20Vö.: Simonyi Károly: A fizika kultúrtörténete 161., 170. o.; Dreyer: 289-300., 316. o.

Mielőtt azonban Kopernikusz 21 (1473-1543) felé fordulnánk, meg kell még említenünk egy kultúrtörténeti összefüggést. Miként ez ismeretes, a reneszánsz időszakában megváltozott az egyoldalúan arisztoteliánus tradíció, újra fontosakká váltak Platón művei, s rajta keresztül föltámadt az érdeklődés a püthagoreusok iránt is. A későhellén és a római filozófiatörténet-írásban jellegzetes volt az a vélekedés, mely a püthagoreusok egyes képviselőinek napközéppontú kozmológiát tulajdonított, s Platón mellett elsősorban e források alapján vált ismertté a püthagoreus iskola. Kopernikusz nagy művének elején, az előszóban kifejezetten utal a püthagoreusokra22, s így joggal föltételezhetjük, hogy ez a püthagoreusokkal kapcsolatos vélekedés is szerepet játszhatott annak a szellemi pályaívnek formálódásában, mely a napközéppontú rendszerhez elvezette.

21Bár elsősorban a kopernikuszi fordulat fűződik a lengyel tudós nevéhez, a reneszánsz szellem hordozójaként sokoldalú gondolkodó volt, akinek pl. közgazdasági tárgyú írásai is említésre méltóak.

22Vö.: Nicolaus Copemicus: DieKreisbewegungen dér Weltkörper. (De Revolutionibus Orbium Caelestium). Erstes Buch. (Akademie, Berlin 1959. latin-német kétnyelvű kiadás.) 4-5. o. Kopernikusz a kéziratban az első könyv végén is hivatkozik a püthagoreusokra, ám ezt a részt végül kihúzta, s így nyomtatásban nem jelent meg. Vő. id. kiadás, Alexander Birkenmajer 137. számú jegyzet. Vő. még: Bilinski, Br.: II pitagorismo di Niccolo Copernico (Wroclaw, 1977).

#### A. Kopernikusz élete

“De mindenek középpontjában a Nap áll. Hiszen ki tette volna e fényt e csodálatos templomban más vagy jobb helyre, mint ide, ahonnan egy időben az egészet megvilágíthatja? Így méltán nevezték őt egyesek a világ lámpásának, mások eszének, s megint mások uralkodójának. Triszmegisztosz a látható istennek nevezi, Szophoklész Elektrája a mindent látónak. Így kormányozza valóban a Nap, királyi trónján ülve, az őt körülvevő csillagok családját ...” (Kopernikusz: Revolutionibus Orbium Coelistium, 1. könyv, X. fejezet, 75. o.)

“E rendben tehát a világ oly csodálatos szimmetriájának lehetünk tanúi, s a mozgás és a pályák nagysága között oly szilárd, harmonikus összefüggésnek, melyet más módon nem lehetnénk meg.” (uo.)

Nikolausz Kopernikusz (latinosan: Nicolaus Copernicus) 1473. február 19.-én született a Visztula-menti Thorn (Torun) városában “Niklas Koppemigk” néven. Tanulmányait Krakkóban kezdte, majd olasz egyetemeken folytatta. 1506-tól haláláig, 1543-ig Frauenburgban élt, s itt vette kézbe utolsó napjaiban az égitestek körforgásáról írt nevezetes művének Nürnbergben kinyomtatott példányát.

Első pillanatban úgy tűnhet s meglepetést válthat ki, hogy ez a kultúrtörténeti fordulópontot jelentő mű Frauenbergben, lengyel szerzőtől született meg - azaz távol Európa kulturális centrumától. Valójában azonban nem ez a helyzet. A skolasztika jelentős központja sokáig Párizs volt, s amikor a reneszánsz időszakában a kulturális és szellemi dominancia Itáliába tevődött át, a “szűkebb” értelemben vett tudományosságot képviselő tárgyak - így az elvont matematikai-csillagászati diszciplínák - fokozatosan a német egyetemeken találnak befogadást. Az a lengyel terület, ahol Kopernikusz élt és alkotott, e német egyetemi régió vonzáskörébe tartozott. S éppen Krakkóban egy igen neves egyetem működött ekkor, ahol a matematikai és a csillagászati tudományokat különösen magas színvonalon oktatták. Kopernikusz tágabb otthona tehát a kor színvonalas természettudományos és matematikai- csillagászati kutatásainak egyik neves központja volt, s ugyanakkor a lengyel tudós itt megszerzett alapos matematikai tudását itáliai tanulmányai során kiegészíthette a kor filozófiájának - így az ismét az érdeklődés centrumába kerülő Platónnak és a püthagóreusoknak - megismerésével, s a filozófia oldaláról inspirációt kaphatott az égitestek körforgásának rejtélyével kapcsolatos töprengéseihez.23

23A Kopernikusz gondolkodását formáló filozófiai hatásokról lásd: Bilinski, Br.: II pitagorismo di Niccolo Copernic; Duhem, R: Le systeme du monde; Hermanowski, Georg\ NikolausKopernikus: zwischenMittelalter undNeuzeit (Styria, Graz, 1985); Hooykaas, R.: The Aristotelian Backgroundto Copemicus's Cosmology Jour. Hist. Astr. 18 Part 2. (May/1987) 111-116. o.

#### B. A Commentariolus

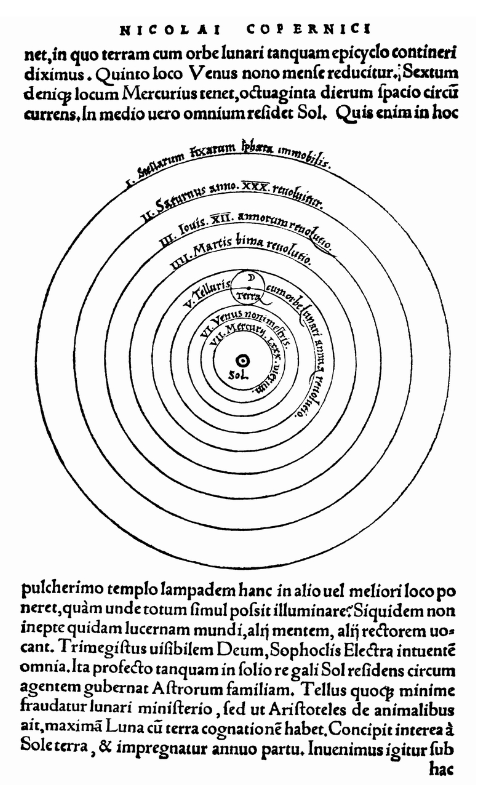
Tanulmányai során Kopernikusz Európa egyetemein kapcsolatokra és bizonyos hírnévre tett szert, melynek következtében már évtizedekkel nagy művének megjelenése előtt elterjedt az a hír, hogy egy gyökeresen új csillagászati rendszer készül. Kopernikusz a nagy érdeklődésre tekintettel kibocsátott egy levél formájú - ma úgy mondanánk “kézirat” kiadású - rövid művet, az úgynevezett Commentariolust, mely azután Európa-szerte ismertté vált.24 Ez a mű nemcsak azért jelentős, mert arról tanúskodik, hogy már ekkor határozott formában előtte állt a napközéppontú bolygórendszer képe, hanem azért is, mert röviden megemlíti azt a motivációt, mely a Föld- középpontúság elvének föladására ösztönözte. A sokat emlegetett legendával szemben ugyanis ez nem az elmélet és a tapasztalat közötti eltérés - vagyis a bolygómozgások pontatlan reprodukciója - volt, hanem az eudoxoszi és a ptolemaioszi rendszer természetfilozófiái alapjaival függött össze. Kopernikusz ugyanis Cusanus-szal szemben meg volt győződve arról, hogy az égitestek a püthagoreus és a platóni elvnek megfelelően tökéletes körpályákon, egyenletesen keringenek. Ennek kapcsán pedig elgondolkodott azon, hogy ezek közül az egyik - az eudoxoszi - eleget tesz ugyan ennek az alapelvnek, ám nem alkalmas a jelenségek kellő hatásfokú megmentésére, a másik viszont - mely e vonatkozásban eredményesebb - megsérti az egyenletes körmozgás elvét az ekvánsok bevezetésével. Kopernikusz tehát szigorúbb, ortodoxabb módon értelmezte az egyenletes körmozgás követelményét, mint Ptolemaiosz, nem fogadta el a kibúvókként alkalmazott “ekvánsok”-at, s a ptolemaioszi rendszert filozófiai szempontból tartotta revideálandónak. A szerző célja az volt - fejtegeti a Commentariolusbm Kopernikusz -, hogy a körök új elrendezésével kiküszöbölje a ptolemaioszi rendszer e fogyatékosságát, s erre szolgál a napközéppontú rendszer.

24Simonyi: id. mű: 171. o.; Dreyer: 317-318. o.

#### C. A Revolutionibus

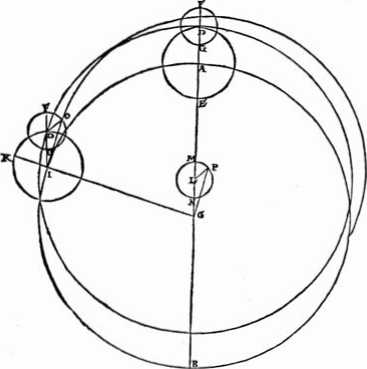
Kopernikusz nagy műve, a De Revolutionibus Orbium Coelestium Ptolemaiosz Almagest-jének fölosztását és stílusát követi.25 Ennek során Kopernikusz rendszerét Ptolemaioszhoz hasonlóan kvantitatív részleteiben is kidolgozta, s ugyancsak Ptolemaioszhoz hasonlóan a rendszer alapján bolygótáblázatokat készített. Ezzel közel másfél évezred után először jelent meg egy új, részletesen kidolgozott csillagászati rendszer, s születtek olyan bolygótáblázatok, melyek méltó párját képezték ugyan Ptolemaiosz táblázatainak, ám mégsem az ő rendszere alapján készültek.

25Kopernikusz fő művének elérhető modem kiadásai: Copemicus: Gesamtausgabe II: De Revolutionibus. Kritischer Text. (Hrsg. von H.M. Nobis und B. Sticker Hildesheim: Gerstenberg Verlag, 1984); Copemicus: Complete Works, Vol. 1. The Manuscript of On the Revolutions (Macmillan, London, Warsaw, Cracow 1972); (Copemicus) Kopemikus: De revolutionibus orbium coelestium. FaksimiledmckderErstausgabe (Leipzig, 1965); Copemicus: DieKreisbewegungen dér Weltkörper. (DeRevolutionibus Orbium Coelestium). Erstes Buch. (Akademie, Berlin, 1959. Latin-német kétnyelvű kiadás).



Kopernikusz művének egyik oldala a kopernikuszi rendszer sematikus ábrájával. Ennek az ábrának - amely a rendszer egyszerűségét sugallja - nagy szerepe volt az új kopernikuszi tan “propagandájában”. Az ábra körül az életrajzi pont elején idézett szöveg látható.

Ez pedig igen fontos mozzanat Kopernikusz munkásságának hatástörténetében. Ugyanis **Kopernikusz műve** nem egyszerűen a “kopernikuszi fordulat” - azaz a bolygórendszer napközéppontúságának fölvetése - miatt számított nagy tudományos alkotásnak s gyakorolt alapvető hatást a Kopernikuszt követő korszak európai gondolkodására, hanem éppen annak a részletes kimunkáltságnak köszönhetően, melyben **Ptolemaiosz Almagestjét** leszámítva nem akad sem méltó párja, sem méltó elődje. E kidolgozottság igen fontos tényező volt, hiszen enélkül - mint ahogyan ezt a napközéppontú bolygórendszer eszméjét röviden ismertető Commentariolusis bizonyítja - a napközéppontúság hipotézisének fölvetése nem váltott volna ki akkora tiszteletet és érdeklődést s nem jelentett volna akkora szenzációt, mint a Revolutionibus. Az a közkeletű legenda, mely szerint Kopernikusz rendszere azért győzedelmeskedett volna a ptolemaioszi rendszer fölött, mert “jobb” - egyszerűbb és pontosabb - volt, ugyanis hamis. Bár a platonista filozófia szempontjából kifogásolható ekvánsok eltűntek, s ebben a vonatkozásban Kopernikusz elérte célját a rendszer ezzel együtt sem volt egyszerűbb, mint a ptolemaioszi, s ugyanakkor pontosabb sem volt nála.



Kopernikusz egy másik ábrája, mely az előbbivel szemben a rendszer valóságos bonyolultságát tükrözi.

#### D. A kopernikuszi és a ptolemaioszi rendszer összevetése

A bonyolultság és a pontatlanság egyszerűen abból származtak, hogy a napközéppontúság ideája önmagában nem szüntethette meg azokat a problémákat, amelyekkel a ptolemaioszi rendszernek meg kellett küzdenie. Ha ugyanis föltesszük azt, hogy az égitestek tökéletes, koncentrikus körpályákon, egyenletes sebességgel keringenek, valamint azt is, hogy e körpályák síkja egybeesik, akkor a földközéppontú rendszer öt defferenssel, öt epiciklussal, valamint a Napnak és a Holdnak szolgáló egy-egy epiciklus nélküli körpályával - azaz összesen 12 körrel - pontosan vissza fogja adni a látszólagos bolygómozgásokat. Ugyanilyen föltételek mellett a napközéppontú rendszernek 7 körre lenne szüksége - hiszen az öt epiciklus fölöslegessé válna ám ugyanakkor a bolygók Nap körüli pályájukon elfoglalt pozícióját - vagyis a Nap középpontjából látszó helyét - még át kellene számolni a Földről látszó pozícióra, amire viszont a földközéppontú rendszerben nincsen szükség. Ezért a 12 és a 7 körpálya közötti különbség nem oly jelentős, hogy a földközéppontúságot megérné föladni érte, hiszen a földközéppontú rendszernek - azon túl, hogy összhangban van az égitestek mozgásával kapcsolatos mindennapi élményünkkel - megvan az az előnye, hogy egyből a látszó pozíciót, illetve a bolygók látszó mozgását adja vissza. Ha a ptolemaioszi rendszer bonyolult, s e bonyolultságával együtt csak bizonyos tűréshatárig pontos, ez nem a földközéppontúságából következik, hanem abból, hogy a bolygók közvetlen, fölbontás nélküli pályája nem körpálya, s sebességük nem egyenletes sebesség, valamint abból, hogy a bolygópályák nem esnek pontosan egy síkba egymással. (A “közvetlen, fölbontás nélküli” megszorítás azért szükséges, mert a Fourier-tétel alapján az ellipszispályákon történő mozgás is fölbontható körpályamozgásokra, azaz a Kepler-féle pályák is reprodukálhatóak tökéletes körmozgások eredendőjeként.) A Föld-Nap helycsere viszont ebből a szempontból nem hoz semmi változást, s így a kopernikuszi rendszer eleve nem lehet minőségileg egyszerűbb és pontosabb, mint a ptolemaioszi. Igen kifejező ebből a szempontból, hogy ott, ahol Kopernikusznak a legjelentősebb javítást sikerült elérnie - a Hold mozgásában -, nem volt szerepe a Föld és a Nap helycseréjének, hiszen a Hold pályájának középpontjában a kopernikuszi rendszerben is a Föld marad.

Mindez természetesen nem azt jelenti, hogy a kopernikuszi rendszernek egyáltalában nincsenek előnyei a ptolemaioszi rendszerrel szemben. Így láthattuk, hogy a ptolemaioszi, defferensekből és epiciklusokból fölépülő bolygópályák kicsinyíthetőek és nagyíthatóak, s ennek során csupán két dologra kell ügyelnünk: 1. arra, hogy a pályák ne keresztezzék egymást; valamint arra, hogy 2. a defferenskörök elég nagyok legyenek ahhoz, hogy a Föld felszínén való helyváltoztatásból származó parallaxis elhanyagolható legyen. Ahogyan fogalmaztunk, a ptolemaioszi rendszerben a távolságoknak nincsen jelentőségük, a bolygók sorrendje pusztán konvencionális, aminek következtében a rendszerben szereplő konkrét pályáknak sincsen közvetlen fizikai tartalma. Ezzel szemben Kopernikusz rendszerében funkcióval bírnak a távolságok, de egyúttal magyarázatot kapunk arra is, hogy a Merkúr és a Vénusz látszó mozgása során miért követi a Napot. Azaz a kopernikuszi rendszerben bizonyos matematikai és geometriai összefüggésnek közvetlen fizikai tartalma van - jóllehet, a fizikai tartalomnak az értéke itt is jelentősen gyengül az epiciklusok és az excenterek sokasága miatt, melyet Kopernikusz bevezetni kényszerül: összesen 34 körpályára volt szüksége ahhoz, hogy rendszere működőképessé váljék.

#### E. A “kopernikuszi fordulat” mögött rejlő tudományos és kulturális tényezők

Figyelembe véve azt, hogy Kopernikusz elmélete sem egyszerűbb, sem pedig pontosabb nem volt, mint a ptolemaioszi elmélet, mivel magyarázható az előbbi térhódítása, s győzelme a másik fölött? Hiszen az előbbiekben fölsorolt erények kevésnek tűnnek ehhez.

Valóban, a kopernikuszi rendszer nem csupán ezeknek az erényeinek köszönhette sikerét. Ahhoz, hogy megértsük a kopernikuszi elmélet fogadtatását, s a napközéppontú világegyetem eszméjének elterjedését, figyelembe kell vennünk az akkori európai szellemi és kulturális légkört. Ez az az időszak, amikor a középkori világ erkölcsi, kulturális, szellemi eszményei általában megrendülnek, amikor fokozott az érzékenység a fölbukkanó új eszmék, elvek s elméletek iránt. A tudomány területén ez a megújulásigény elsősorban az elmerevedett s a megújulóképesség tekintetében kifáradt arisztoteliánus skolasztika elleni támadásban fejeződött ki. <<<(((még ma is ez bukkan fel a felszín alól, hogy a skolasztikát és Arisztoteleszt kell „támadni” – nem értem. Mi volt Arisztoteleszben olyan káros? Vagy csak pszichikailag kellett kimozdítani a paradigmákat? Mert utóbbi esetben ez nem fizikai vagy filozófiai kérdés volt, hanem a bürokrácia kereti közt dúló hatalmi vetélkedés, a megmerevedett bürokrácia elleni mozgolódás … tudományos hivatkozásokkal. -FÁ)))>>> Kopernikusz elmélete, azáltal, hogy az egész kozmoszt fölforgatta, s megváltoztatta az ember kozmoszon belüli helyét, radikális formában tett eleget a középkori világ értékrendszerének megingása nyomán keletkező kulturális igényeknek, s ugyanakkor azzal, hogy konkrétan az arisztotelészi fizika kozmoszát borította föl, nemcsak összhangban volt a kor tudományos szellemiségének anti-arisztoteliánus tendenciáival, hanem egyben új impulzust is adott ezeknek: a kulturális és szellemi megújulással kapcsolatos bizonytalan vagy kevésbé bizonytalan igények mintegy a kopernikuszi elméletben szintetizálódtak, s így a “kopernikuszi fordulat ” döntő módon hozzájárult ezek megerősödéséhez és uralomra jutásához. A kopernikuszi rendszer tehát nem oldotta meg a bolygómozgások problémáját sem a pontosság, sem pedig az egyszerűség tekintetében, ám a megjelenése utáni évtizedekben alkalmasnak bizonyult arra, hogy a kor új szellemi és kulturális tendenciáinak kifejezőjévé váljék, s ugyanakkor ezeket mintegy megerősítve és szintetizálva a maga kozmológiai fordulatával gondolkodástörténeti fordulatot hajtson végre.

A most tárgyalt általános kultúrtörténeti mozzanat mellett még szerepet játszott egy szűkebb, speciálisabb, csillagászattörténeti tényező is Kopernikusz sikerében. Kopernikusz művének megjelenésekor a ptolemaioszi elmélet közel másfél évezredes elmélet volt már, s abban, hogy ez az elmélet ily sokáig uralhatta a csillagászatot, kétségenkívül annak erényei játszották a legfontosabb szerepet. Ugyanakkor láthattuk azt is, hogy ismertek voltak fogyatékosságai is, s ezek kiküszöbölésére, az elmélet "jobbá” tételére történetek már kísérletek Kopernikuszt megelőzően is. E kísérletek azonban eredménytelenek maradtak, s a ptolemaioszi rendszer közel másfél évezreden keresztül gyakorlatilag változatlan maradt. Miután a rendszer fogyatékosságainak kijavítására irányuló kísérletek ennyi idő után sem vezettek eredményre, nem igen volt már remény arra, hogy az eredeti struktúra megőrzésével történő jövőbeli próbálkozások eredményesebbek lehetnek. Kopernikusz elmélete e vonatkozásban új perspektívát nyitott. Bár nem volt pontosabb és egyszerűbb, mint Ptolemaiosz elmélete, ám ezen utóbbi, évezredes elmélettel szemben friss, új elmélet volt, s így magában hordozta a jövőbeli sikerek ígéretét. Maga Kopernikusz is ennek megfelelően értékelte saját elméletét, s munkásságát pusztán az új úton megtett első lépésnek tekintve rendszerének továbbfejlesztésére szólított föl. Elméletének ezen újdonsága, s ebből fakadó ígéretessége Kopernikusz javára szólt Ptolemaiosszal szemben.26 Az ígéretesség tette hamar népszerűvé Kopernikusz bolygótáblázatait, és ez a titka a kopernikuszi rendszer alapján Erasmus Reinhold 27 (1511-1553) által készített, és 1551 -ben publikált úgynevezett Porosz Táblázatok (Tabulae Prutanicae) sikerének is, melyek fölépítésükben a kopernikuszi táblázatokkal egyeztek meg, ám egyrészt részletesebbek voltak náluk, másrészt pedig Reinhold nagyobb pontosságig számolta ki az adatokat bennük, mint Kopernikusz.28

26E problémakörrel kapcsolatosan lásd pl. Lakatos, I.-Zahar: “Why superseed ... “ in: Lakatos, I.: SelectedPaper /., ed. by J. Worral and G. Curris, Cambridge LTniversity Press, Canbridge, 1978).

27 Erasmus Reinhold (1511-1553): német református csillagász, wüttenbergi egyetemi professzor, Kopernikusz rendszerének szakavatott értője, aki azonban Kopernikusz rendszerét csak hipotézisként és hasznos matematika eszközként fogadja el. Amíg maga Kopernikusz rendszerének alapján csupán ívpercnyi pontosságú bolygótáblázatokat készített, Reinhold Kopernikusz rendszere alapján kiszámolja az 1551-ben megjelent úgynevezett “Porosz táblákat" (“Tabulae Prutinicae"), amelyek másodpercadatokat is tartalmaznak.

28Dreyer: 343-344. o.

Végül hangsúlyoznunk kell még azt is, hogy a kopernikuszi elmélet a csillagászaton belül egyáltalában nem volt annyira sikeres és diadalmas, mint amilyennek ma a kulturális és gondolkodástörténeti értelemben vett “kopernikuszi fordulat” jegyében tűnik. A kor talán legnevesebb csillagásza, Tycho de Brahe egy másik rendszert javasolt helyette, s halálos ágyán fiatal munkatársát, Keplert arra kérte, hogy az általa összegyűjtött megfigyelési adatok alapján ezt a másik rendszert dolgozza ki matematikai részleteiben, s igazolja ezáltal. Kepler pedig - miután Brahe halálát követően elindul a maga választotta úton -, a kopernikuszi rendszer pontatlanságait csökkentendő, bevezeti e rendszerbe is az ekvánsokat, s így azt az eredeti kopernikuszi motiváció szempontjából megengedhetetlen módon átalakítja. S bár az így kapott kepleri rendszer már valóban pontosabb, mint a ptolemaioszi, Keplert ez sem elégíti ki: végül föladja a körmozgásokat, s velük a defferenseket, az epiciklusokat és az excentereket. Nem telik el száz év. s immár Kopernikusz rendszere tudománytörténeti múlttá válik.

Kepler elmélete ugyanakkor jelentősen hozzájárult a kopernikuszi fordulatnak, mint kultúr- és gondolkodástörténeti fordulatnak a kiteljesedéséhez. Mert a jelzett kulturális összefüggések ellenére Kopernikusz elmélete nemcsak a régi világképhez ragaszkodó római egyház és az arisztoteliánus skolasztika követőinél váltott kijelentős ellenállást, hanem számos olyan esetben is, amikor az új szellemi és vallási tendenciák képviselőiről volt szó. Így a kopernikuszi gondolat elvetői közé tartozott többek között Luther29, Melanchton30 vagy Francis Bacon31, de - mint láttuk - a kiváló csillagász, Tycho de Brahe is. Abban, hogy Kopernikusz elmélete mégis fölülkerekedett, s a “kopernikuszi fordulat” visszafordíthatatlanná vált, Bruno filozófiája, Galileo Galilei csillagászati és fizikai vizsgálódásai mellett igen nagy szerepe volt a konkrét kopernikuszi rendszert megsemmisítő Kepler-törvényéknek is.32

29Luther Márton (1483-1546): mint az első egyházi “reformátor”, a reformáció kezdeményezője, az evangélikus (lutheránus) egyház alapítója. 1517 október 31. -én a wittenbergi vártemplom ajtajára kifüggeszti 95 tételét, vitára hívva fel a teológusokat a búcsú hatékonyságáról. A tételek nem várt nagy mozgalmat indítottak el a katolikus egyházban, s ezt a napot szokás a reformáció kezdetétnek tekinteni. Kezdetben nem akart elszakadni Rómától: az egyházszakadáshoz 1523. január 3-i pápai kiátkozása vezetett. Az inkvizíciótól Bölcs Frigyes, szász választófejedelem védelme mentette meg.

30Philiph Melanchton (1497-1550): német humanista, teológus, egyetemi tanár Wittenbergben, Luther harcostársa és egyik jobb keze a reformációban. Ő adja ki Luther tanításának első rendszeres összefoglalását (Loci Communes, 1521) Luther halála után az egyházak közötti megbékélésre, a kálvinizmussal és a katolicizmussal történő kiegyezésre törekedett. Érdeklődött a fizika és a csillagászat iránt. Ini ti a Doctrinae Physicae című műve sokáig tankönyv volt a reformáció hatása alatt álló német egyetemeken.

31Bacon, Francis (1561-1626) angol filozófus, az empirizmus és az induktív módszer képviselője. Nevéhez kapcsolódnak a nevezetes “ködképek” (“idolok) s “a tudás hatalom” formula. Fő műve: Nóvum Orgánum.

32Kopemikusz elméletének recepciójáról lásd pl.: J. Dobrzycki (ed.): The Reception of Copernicus' Heliocentric Theory (Reidel, Dordrecht, 1973); Koyré, A.: Front the Closed Word to the Infinite Universe (Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1957); uő.: The Astronomical Revolution: Copernicus-Kepler-Borelli (Methuen, London, 1973); Kuhn, T. S.: The Copernican Revolution (Harvard Univ. Press, Cambridge, Massachusetts, 1957); Moss, J. D.: Novelties in the Heavens: Rhetoric and Science in the Copernican Controversy (Univ. of Chicago Press, Chicago, 1993); Rosen, Edward: Copernicus and the Scientific Revolution (Kriger, Malabar, 1984)

### 7. Tycho de Brahe

A kopernikuszi rendszer megszületése és fogadtatása elválaszthatatlan volt tehát az akkori európai kulturális és szellemi klímától. A természetkutatásban pedig ennek egyik igen fontos mozzanata volt az empíria felé fordulás. S itt nemcsak a természettel kapcsolatos beállítódásban bekövetkezett eltolódásról volt szó, hanem arról is, hogy új technikák, eljárások és műszerek jelentek meg, s ezek új, korábban elképzelhetetlen megfigyeléseket, illetve a hagyományos vizsgálódásokban korábban elérhetetlen pontosságot tettek lehetővé. Az új vizsgálódásokat eredményező műszerek paradigmatikus példáját Galilei távcsöve nyújtotta, míg a korábbi mérések pontosságának meghaladására az egyik tipikus területként szintén a csillagászat szolgált a kezdetben II. Frigyes dán király, majd később II. Rudolf császár prágai udvarában dolgozó dán csillagász, Tycho de Brache33 (1546-1601) munkássága révén. Tycho de Brache nagy pontosságú csillagászati megfigyelései rendkívüli tudománytörténeti jelentőséggel bírnak, hiszen Kepler e megfigyelések eredményeinek alapján ismerte föl a bolygópályák ellipszis alakját, s fedezte föl másik két törvényét is.

33Brahe, Tycho de (1546-1601): dán csillagász, aki az általa kifejlesztett műszerekkel és módszerekkel a csillagászati megfigyelések pontosságában minőségi változást hozott: a Brahe-féle megfigyelések pontosságát a csillagászat csak a távcső bevezetése után tudta meghaladni. Kepler döntően a bolygók mozgásáról Brahe által gyűjtött precíz adatok alapján fedezte föl törvényeit. Brahe mint teoretikus neve a ptolemaioszi és a kopernikuszi rendszer között álló, általa kidolgozott speciális földközéppontú rendszeréért ismert. Fontos megfigyeléseket végzett az 1572- es nova és az 1577-es üstökös kapcsán, melyek jelentősen hozzájárultak az égi világ változatlanságával, illetve a szilárd bolygószférák létezésével kapcsolatos természetfilozófiai elképzelések elvetéséhez.

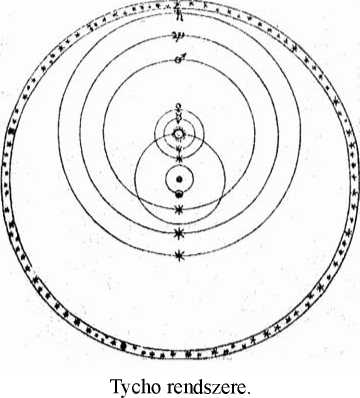
Tycho de Brahe azonban nem csupán mint empirikus kutató volt jelentős, hanem tevékenységében elméleti megfontolások és törekvések vezették. Így éveken keresztül vizsgálta a Hold mozgását abból a célból, hogy még pontosabbá tegye Ptolemaiosz Kopernikusz által korrigált Hold-elméletét, s e területen valóban jelentős előrehaladást ért el: elmélete a legsikeresebb volt a körpályatézist fönntartó Hold-elméletek közül, s mint ilyen - a Mars mozgásának ekvánssal korrigált kepleri, napközéppontú elméletével együtt - a tökéletes, egyenletes körmozgások eszméjén alapuló matematikai csillagászat egyik utolsó nagy teljesítménye.

A Hold mozgása mellett Tychot természetesen foglalkoztatta a ptolemaioszi és a kopernikuszi rendszer viszonya is. Ennek során a Föld mozgásának tanát sem a Nap körüli keringés, sem pedig a tengely körüli forgás értelmében nem tudta elfogadni, s a Nap körüli keringés ellen a szokásos érvek mellett egy igen figyelemreméltó új érvet hozott föl. A távcső csillagászati fölfedezése előtt a csillagok látszó fényerejében tapasztalható különbségeket a szögben megadott látszó átmérőkre vezették vissza, azaz a csillagoknak olyan korongszerű megjelenést tulajdonítottak, amely a kis szögátmérő miatt csupán a fényességkülönbségekben érzékelhető. Tycho a csillagok parallaxisának hiánya, s a fényesebb csillagoknak tulajdonított ívátmérő alapján kiszámolta, hogy a kopernikuszi rendszer alapján e csillagok valós átmérőjére a Föld Nap körüli pályájának méretéhez hasonló értéket kapnánk, amit abszurd eredmények tartott. Brahe ugyanakkor Ptolemaiosz rendszerét sem fogadja el, s egy olyan rendszert javasol, mely arra a már tárgyalt rendszerre hasonlít, melyet az ókorban az “egyiptomi” jelzővel emlegettek, s amelyet ma Calcidius alapján Herakleidosznak szoktak tulajdonítani. Láttuk, hogy e rendszerben két bolygó - a Merkúr és a Vénusz - a Föld körül keringő Nap körül kering. Most Tycho egy olyan rendszert vázolt föl, melyben nemcsak e két bolygó, hanem a Mars, a Jupiter és a Szaturnusz pályája is ilyen, mégpedig oly módon, hogy a két utóbbi esetében a pálya körbefutja a Nap Föld körüli pályakörét is, a Mars esetében pedig ugyancsak a pálya belsejében található a Föld, míg maga a pálya a Nap pályáját metszi.

Tycho de Brahe e rendszert úgy alkotta meg, hogy az kalkulatív szempontból teljesen ekvivalens Kopernikusz rendszerével, azaz a Tycho-féle rendszerben számított pozíciók pontosan megegyeznek a kopernikuszi rendszer alapján számított pozíciókkal. Ezért Tycho de Brahe rendszere - bár a kopernikuszi vetélytársa - közvetve mégis Kopernikusz diadala, hiszen alkotója számára már nem a ptolemaioszi, hanem a kopernikuszi rendszer volt a mérce. Ugyanakkor ez a mérce pusztán kiindulópontul szolgált Tycho de Brahe számára: mint kiváló megfigyelőcsillagász tisztában volt a kopernikuszi rendszer eredeti, kopernikuszi formájának pontatlanságaival, s bolygómegfigyeléseivel saját rendszerének finomítására és pontosítására törekedett.

Tycho de Brache rendszerének figyelemre méltó mozzanata a Nap és a Mars pályájának kereszteződése, melyről Tycho megjegyzi ugyan, hogy szokatlan, ám ezzel együtt is problémamentesnek tekinti, mivel elveti az égi szférák reális, fizikai létezését. A bolygószférák realitásának e tagadása szintén empirikus alapokon nyugodott: az üstökösök pályájának vizsgálatával volt összefüggésben. Tycho parallaxismérései ugyanis egyértelműen megmutatták azt, hogy ezek a Hold pályája fölötti objektumok, melyek mozgásuk során metszik a bolygók pályáját, s ez tarthatatlanná tette a szilárd, áthatolhatatlan égi szférák további föltételezését.34Az üstökösökkel kapcsolatosan megemlítendő még, hogy az 1577-ben megjelent üstököst vizsgálva Tycho szintén megállapította, hogy annak pályája nem kör, hanem “ovális” alakú, s ez volt az első eset, amikor egy **csillagász anélkül tulajdonított a körtől eltérő alakú pályát egy égitestnek, hogy azt körmozgások eredendőjeként értelmezte volna.** Ez persze nem jelentette azt, hogy Tycho föladta a körpályatézist: az üstökösöket egyszerűen nem tartotta olyan jelentős égitesteknek, hogy pályájuk szabálytalansága, “tökéletlensége” megzavarta volna a kozmosz rendje szempontjából alapvető égitestek, a bolygók, a Nap és a Hold mozgásának tökéletességére vonatkozó meggyőződését.

34Az égi szférák “feloldódásáról'’, s ebben Tycho de Brahe szerepéről vő. pl.: B. R. Goldstein and R Barker: “The Role of Rothmann in the dissolution of the Celestial Spheres.” The British Journal fór theHistory ofScienc 28 Part 4. No. 99. (1995 december) 385-403.



Különös véletlenként éppen ezekre a csillagászat - és általában a tudomány - szempontjából mozgalmas Kopernikusz utáni évekre esett, hogy több mint fél évezred után egy új csillag fénylett föl a földi égbolton. E csillag pozícióját Európa több városában is megmérték, s az így kapott eredmények alapján Tycho de Brahe megállapította, hogy az nem mutat napi parallaxist, s ezért jóval a Szaturnusz pályája “fölött” helyezkedik el - azaz valódi csillag, s nem meteorológiai jelenség, mint ahogyan ez Arisztotelész nyomán következne. Ennek az eredménynek igen nagy jelentősége volt a változatlan égi régióval kapcsolatos arisztoteliánus tanítás hiteltelenné válásában.35

35Tycho de Brache-ről lásd: Simonyi: id. mű: 178-181. o.; J. L. E. Dreyer,: Tycho de Brache (Adam and Charles Black, Edinburgh, 1890); Dreyer: A History ofAstronomy 345-371. o.; René Taton and Curtis Wilson (eds.): Planetary Astronomy from the Renaissance to the Rise of Astrophysics. Part A: Tycho Brahe to Newton. (The General History ofAstronomy, Vohtme 2.) (Cambridge University Press, Cambridge, New York, 1989) 3-44. o.

### 8. Kepler

Tycho de Brahe termékeny munkásságának 1601-ben bekövetkezett hirtelen halálával tragikusan végeszakadt. Halálos ágyán ifjabb munkatársát, a kiváló fiatal matematikust, Johannes Keplert (1571-1630) kérte meg arra, hogy fejezze be az általa elkezdett munkát, s az általa összegyűjtött adatok alapján dolgozza ki részletesebben, pontosítsa - s ezáltal a kopernikuszi rendszerrel szemben védje meg - rendszerét, mint az égitestek mozgásának egyedül igaz leírását. Kepler ekkor már igen határozott híve volt a napközéppontú bolygórendszernek, s eltökélten e rendszer alapján kereste az égitestek elrendezésének és mozgásának “titkos” harmóniáját, s így Tycho de Brahe végakarata már nem téríthette le arról az útról, mely a napközéppontúság eszméjén alapulva végül a körpályatézis föladásához, s a Kepler-törvények fölfedezéséhez vezette. Mégsem lett ezáltal hálátlan mesteréhez: az általa meglelt három törvény mégiscsak azt nyújtotta, amire Tycho de Brahe, s a görögöktől kezdődően minden csillagász vágyott: a bolygómozgások titkának megfejtését.

Johannes Kepler 1571-ben született Würtenbergben. 1589-től a tübingeni egyetemen folytatott tanulmányokat Itt meghatározó módon hatott rá a kiváló matematikus és matematikai csillagász, Michael Mastlin36) 1550-1631), aki Kepler figyelmét a bolygómozgások problémája felé irányította, s aki egyúttal megnyerte tanítványát a kopernikuszi rendszer számára. Kepler első műve, a Mysterium Cosmographicum 25 éves korában, 1596-ban jelenik meg, s témája már ekkor a nagy kepleri téma: a bolygórendszer fölépítésének titka, a kozmosz számokkal és geometriai alakokkal jellemezhető misztikus harmóniája.37 A műben Kepler határozottan kiáll a kopernikuszi rendszer mellett, s - a Revolutionibusban található megfontolásokat is fölhasználva - a ptolemaioszi rendszer magyarázat nélkül maradó belső összefüggéseire hivatkozva érvel Kopernikusz oldalán. Így utal a bolygók epicikluson való keringése és a Föld-Nap tengely iránya közötti összefüggésre; a Merkúr és a Vénusz keringésének Naphoz kötöttségére; arra, hogy a Mars, a Jupiter és a Szaturnusz esetében az epiciklusok átmérője a defferenskörhöz viszonyítva egyre kisebb és kisebb lesz, valamint arra, hogy a Napnak és a Holdnak nincsen epiciklusa. Ezekre az összefüggésekre a ptolemaioszi rendszerben nincsen magyarázat - hangsúlyozza Kepler - míg Kopernikusz alapján természetessé válnak.

36Michael Mastlin (1550-1631): a thübigeni egyetemen Kepler asztronómia tanára, ő ismerteti meg Keplert Kopernikusz rendszerével.

37KMysterium Cosmographicum elérhető modem kiadásai: az 1596-os kiadás: Gesammelte IVerke, ed. M. Caspar, München: C. H. Beck'sche Verlagsbuchhandlung, 1. Bánd, 1938; a későbbi, 1621-es kiadás: Ges. Werke, 8. Bánd (1963). Angolul: Kepler: Mysterium Cosmographicum - The Secret of the Universe (Transl. by A.M. Duncan. Abaris Books, New York, 1981)

A Mysterium Cosmographicum célja, hogy a bolygók elrendezésében olyan matematikai összefüggést-“harmóniát” - találjon, melynek birtokában egyetlen egy bolygópálya ismeretében rekonstruálható lesz az egész rendszer. Ugyanis Kepler már ekkor mélyen meg van győződve arról, hogy a kozmosz fölépítése - mely számára Giordano Brunoval szemben még elsősorban a Naprendszer fölépítésével azonos - nem esetleges, hanem átfogó, egyetemes matematikai harmónia jellemzi. AMysterium Cosmographicum vizsgálódásaiban Kepler még nem adja föl a reális szférák elméletét, hanem a kopernikuszi elmélet köreihez égi szférákat kapcsol, s ezek egymáshoz való viszonyát az öt szabályos geometriai testtel hozza összefüggésbe. Mivel ehhez a szférák vastagságára is szüksége van, s az eredeti kopernikuszi rendszerből következő szférák nem feleltek meg céljainak, bizonyos korrekciókat hajtott végre rajta, s ezek a rendszer predikcióit is megváltoztatták. Keplert azonban ez nem zavarja: mesterétől, Mastlintől tudja, hogy Kopernikusz rendszere eredeti változatában pontatlan, s bízik benne, hogy az újabb megfigyelések az ő spekulatív megfontolások alapján bevezetett kiigazításait fogják alátámasztani. Ennek reményében fordul Kepler a Dániából számára szerencsés időpontban Csehországba áttelepülő Tycho de Brahehoz, aki viszont a fiatal és tehetséges matematikusban azt a személyt véli meglátni, aki majd igazolni fogja az ő rendszerét.

Kepler most tárgyalt könyvében szintén vizsgálja már a bolygók keringési idejének és Naptól való távolságának összefüggését, s megfogalmazza azt a hipotézisét, hogy mozgásuknak egy olyan erő a kiváltója, melynek forrása a Nap. Egyúttal azt is fölteszi, hogy ennek az erőnek a nagysága fordított arányban áll a Naptól való távolsággal. Ez a gondolat igen fontos következménye s továbbvitele a “kopernikuszi fordulat”-nak, hiszen

**korábban Arisztotelészt követve a csillagszférán kívül föltételezett szellemi természetű első mozdulatlan mozgatót tekintették a bolygómozgások forrásának**. <<<(((tehát az arisztoteleszi modellel szemben a szférák áthatolhatatlan valósága és isteni eredetű mozgatása volt a kifogás tárgya. -FÁ)))>>>

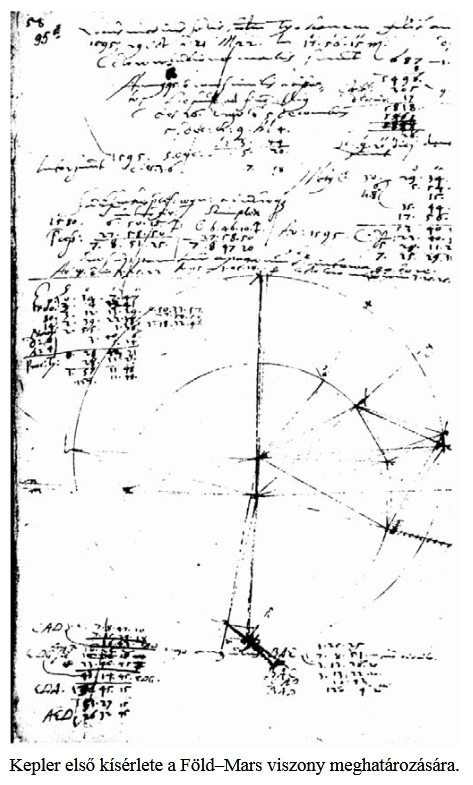
De fontos volt a Napra mint kozmikus erőforrásra vonatkozó hipotézis azért is, mert ez vezette el később Keplert második törvényéhez, melyet időben még az ellipszispályák fölfedezése előtt, az excenterek relációjában fogalmazott meg: a törvényhez vezető okoskodása szerint, ha a bolygók mozgásának erőforrása a Nap, kézenfekvő azt föltételeznünk, hogy azok Nap-közeiben gyorsabban, a Naptól távolabb pedig lassabban keringenek.38

38Vö. pl.: Donahue, W. D.: “Kepler's Invention of the Second Planetary Law.” in: The Brit. Journ.for theHist. of Science 27 Part 1., No 92. (March/1994) 89-102. o.

Az bolygók változó sebességű keringéséről számot adó kepleri összefüggés megfogalmazásában szerepet játszottak Keplernek az ekvánsokkal kapcsolatos próbálkozásai is. Mint láttuk, Kopernikuszt éppen az ekvánsok eltüntetésének igénye motiválta az új rendszer kidolgozásában. Kepler látva e rendszer pontatlanságait, a Mars esetében ekvánsok bevezetésével próbálta meg Tycho de Brahe adatait fölhasználva korrigálni azt, s ennek során jelentős előrehaladást ért el: sikerült neki a számított és a megfigyelt pozíciók közötti eltérést 8 szögpercnyi értékre csökkenteni. Ha Kepler itt megáll, s az ekvánsok módszerével a többi bolygó esetében is 8 szögpercre redukálja a hibát, igen valószínű, hogy évtizedekre, de talán évszázadokra is az ekvánsokkal kiegészített kopernikuszi rendszer marad meg uralkodó rendszerként, hiszen e korrekcióval a Mars esetében Keplernek másfél évezred sikertelen próbálkozásai után valóban sikerült jelentős előrehaladást elérnie. Tycho de Brahe megfigyelései azonban 2 szögperc pontosságúak voltak, s e pontosságot figyelembe véve a számítások továbbra is hibáztak - és Kepler Cusanusszal vagy Brunoval szemben meg volt győződve arról, hogy az égitestek mozgása pontos, tökéletes matematikai harmónia szerint történik, s nem csupán közelítőleg helyes matematikai eljárásokat akart kidolgozni, hanem ezt a pontos harmóniát kereste. Ezért nem elégedhetett meg a 8 szögpercnyi hibahatárral.

Mivel az ekvánsokkal való kísérletezés nem hozta meg a kívánt eredményt, Kepler módszertani fordulatra határozta el magát: szemben azzal az eddig követett módszerrel, mely először körpályák eredőjeként konstruálta meg egy- egy bolygó mozgását, majd az így kapott eredményt vetette össze a tapasztalattal, s korrigálta újabb körök bevezetésével, Kepler a napközéppontú rendszerben gondolkodva arra tett kísérletet, hogy a megfigyelési eredmények alapján, geometriai eszközöket fölhasználva megszerkessze a Mars közvetlen, fölbontás nélküli térbeli pályáját.

E módszertannak természetesen előföltétele volt a kopernikuszi fordulat, hiszen mint láttuk, szemben a ptolemaioszival, csak ebben a rendszerben volt közvetlenül értelme a pályáknak mint valós térbeli pályáknak, s a távolságoknak, mint valós fizikai távolságoknak. (A ptolemaioszi rendszerhez - pl. a szférarendszer által - természetesen hozzá lehetett rendelni ilyen értelmet, de ezt csak kívülről lehetett bevinni a rendszerbe, a konkrét méretek megadása ezen esetekben mindig csak kívülről történhetett.) így csak a kopernikuszi szisztémában - vagy esetleg a vele szemben sok szempontból ekvivalens Tycho de Brahe-féle rendszerben - fogalmazódhatott meg a térbeli pálya közvetlen meghatározásának igénye.



Kepler programjának konkrét végrehajtása során először a Föld pályáját vizsgálta a Mars ismert, 687 napos keringési idejének fölhasználásával39, s e vizsgálódása során arra az eredményre jutott, hogy az egyenlő távolság és az egyenlő szögsebesség középpontja a Föld esetében is különbözik egymástól: a pályaközéppontból nézve a Föld sem egyenletes szögsebességgel kering, s így itt is ekvánsok bevezetésére van szükség. Ezen eredmény nyomán pedig eltűnt a Föld és a többi bolygó keringése közötti aszimmetria, s így fölvetődhetett Keplerben az a lehetőség, hogy talán **mégsem az egyenletes szögsebességek tétele érvényes a bolygók keringésére**, hanem egy olyan matematikai törvény, melynek következtében a keringési szögsebesség változó, ám ugyanakkor e változás mégis minden bolygó esetében ugyanolyan matematikai szabály szerinti harmóniát mutat. Az elsőként meglelt ma másodikként hivatkozott Kepler-törvényben Kepler éppen ezt a matematikai szabályt lelte meg: **minden bolygó egyetemesen úgy kering, hogy a Nap és a bolygó közötti szakasz azonos idő alatt azonos méretű területet súrol**.

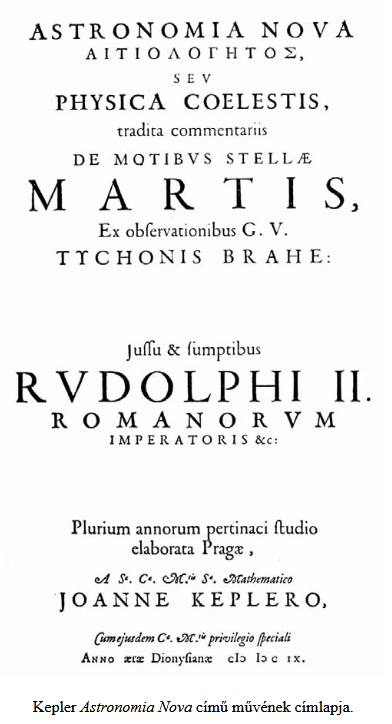
39Mivel a Föld keringési ideje nem osztója a Mars keringési idejének, a Mars 687 nap múlva ugyanott lesz, mint a kiinduló időpontban, a Föld azonban másik helyen, aminek következtében az állócsillagokra kivetítve a Földről nézve mind a Mars, mind pedig a Nap máshol fog megjelenni. Amennyiben a kiinduló pozícióban a Mars oppozícióban volt, a Földről meghatározhatjuk az állócsillagokhoz képest a kitüntetett pozícióhoz tartozó Mars-Nap tengelyt. Ez a tengely ettől kezdve 687 naponként azonos lesz, s így a Mars és a Nap Földről látszó pozíciója ismeretében a Nap-Föld Mars háromszög szögei 687 naponként kiszámíthatóak. E szögek ismeretében pedig a Föld pozíciója, mint e háromszög csúcsa, a 687 naponként azonos Nap-Mars szakaszra mint alapra megszerkeszthető. Természetesen így csupán a pálya alakját kapjuk meg, s méretét csak a kitüntetett időponthoz tartozó Nap-Mars szakaszhoz mint egységhez viszonyítva, relatíve számíthatjuk ki, ám az elérni kívánt cél szempontjából ez elegendő. A valódi távolságok meghatározásához pedig független módszerek alkalmazhatóak.

A Föld-pálya ismeretében Kepler hamar fölismerte azt is, hogy a Mars közvetlen térbeli pályája nem excentrikus kör, de nem is egyszerűen egy defferens és egy epiciklus kombinációja, hanem a Mars ellipszisszerű - “tojásdad” - pályán kering. Kepler előbb tárgyalt módszertani fordulata, s ez az eredmény az ellipszisszerű pályáról, természetesen nem jelentette még a körpályatézis föladását: a pálya ily módon történő közvetlen meghatározása még nem jelenti azt, hogy az eredményül kapott görbét ne lehetne valamilyen módon körmozgások eredőjeként visszaadni. Ennek megfelelően - bár kezdetben ellipszissel közelítette meg az eredményül kapott pályarajzot - Kepler munkásságát továbbra is a körpályatézis vezette, s fáradságos kísérleteket tett arra, hogy azt körmozgások eredőjeként reprodukálja. Csak akkor hagyott föl ezzel a törekvéssel, amikor végre világossá vált számára, hogy a közvetlen, fölbontás nélküli térbeli pálya ugyan nem kör, de ugyancsak szabályos, a bolygópályák matematikai jellegéről tanúskodó alakzat, egy olyan ellipszis, melynek egyik gyújtópontjában a Nap található.40

40Vö. Donahue, W. H.: “Kepler's First Thoughts on Oval Orbits.” in: History ofAstronomy 24. No. 75. (February and March 1993) 71-100. o.

Az a most leírt út, melyen Kepler Tycho de Brahe adatai alapján eljutott a Mars-pálya ellipszis alakjának fölismeréséhez, természetesen nem azt jelenti, hogy pusztán az empíriából kiindulva, geometriai szerkesztésekkel el lehetett volna érni ezt az eredményt. Először is, Cusanus vagy Bruno “pontatlan” kozmoszát föltételezve Kepler vizsgálódásai értelmetlenek lettek volna, hiszen ha a bolygók nem pontosan keringenének, az egyes ciklusokban nagy valószínűséggel más és más pályát járnának be, s így egyáltalában nem volna bizonyos sem az, hogy a Mars 687 naponként ugyanabban a pozícióban található, sem pedig az, hogy ha igen, akkor az e pozíciókhoz tartozó Föld-pozíciók ugyanazon konkrét földpályagörbe pontjai volnának. Ám, ha ettől el is tekintünk, a pontatlan kozmosz eszméje alapján ekkor sincs értelme annak, hogy 8 szögperc pontosságig eljutva még nagyobb pontosság elérésére tegyünk erőfeszítéseket. Végül - harmadikként - nemcsak az elvi kiindulópont - a pálya azonossága a különböző keringési ciklusokban s a motiváció miatt előföltételezték Kepler kutatásai a pontos, s matematikailag harmonikus kozmosz eszméjét. A Kepler által végzett fáradságos számításoknál jóval gazdagabb és kiterjedtebb számítások alapján is csak egy diszkrét pontokból álló, igen hézagos rajzolatot kaphatnánk a Mars pályájára: egy olyan rajzolatot, melyre számtalan görbe ráilleszthető volna, ha nem előföltételeznénk valamiféle (közvetlenül vagy tökéletes kör összetevői révén) harmonikus, matematikailag “szép” pályát, ha nem tesszük föl, hogy a keringések matematikai értelemben szépek és egyszerűek, s időben változatlan szabályok szerint történnek. Kepler számára nem az volt egyszerűen a föladat, hogy újabb és újabb számítások révén, s újabb és újabb adattömegek segítségével egyre részletesebben, egyre több pontból rajzolja föl a Mars pályagörbéjét, s ezáltal egyre közelebb jusson a “valódi ”görbéhez, hanem éppen ellenkezőleg: az, hogy a fokozatosan kirajzolódó alakzatot matematikailag megfejtse, azt mint matematikailag szépet és harmonikusat mutassa föl, vagy ilyen harmonikus és szép mozgások eredőjeként reprodukálja. Ezért kísérletezik Kepler a vizsgálódásai során kapott ellipszisszerű görbe epiciklusokból és más körmozgásokból való előállításával, s miután fölismeri, hogy a kiszámított pályapontok egy Nap-gyújtópontú ellipszisre illeszkednek, emiatt nem kételkedik tovább abban, hogy ez a geometriai alakzat valóban a Mars keresett pályája. Így bár Petrus Ramus41 (1515-1572), a XVI. századi francia matematikus a hipotézisek nélküli csillagászatért szállt síkra, s Kepler őreá hivatkozik, amikor az ellipszispályákkal kapcsolatos törvényt megjelenteti, az eredményre vezető Kepler-módszer is igen komoly és súlyos hipotéziseken alapult, s e hipotézisek nélkül nem járhatott volna sikerrel. Persze Keplernek ezzel együtt is igaza van, amikor Ramus nevét említi, hiszen az ellipszispályára s a változó keringési sebességre vonatkozó két törvényével valóban elvetette az évezredes körpálya- hipotézist és az egyenletesen körmozgás követelményét, s maga Ramus is elsősorban az ezektől mentes csillagászatra gondolt.

41Petrus Ramus (Pierre de laRameé, 1515-1572 (francia matematikus, filozófus és pedagógus, a retorika tanára a párizsi királyi kollégiumban, aki Scholarum mathematicarum című, 1569-ben, Baselban megjelentetett művében Kopernikusz rendszerének pontatlanságaival foglalkozva a hipotézisek nélküli csillagászatra szólít föl. Ez alatt azt érti, hogy a bolygók látszó mozgásának körpályákkal történő visszaadása helyett a csillagászoknak a bolygók valóságos térbeli pályájának meghatározására kellene törekedniük. Ezt az eszmét később Kepler valósítja meg. Ramus logikai műve alapján készült Apáczai Csere János Magyar Logikácskája. Szent Bertalan éjszakáján meggyilkolták.



Kepler Dávid Fabriciushoz42 (1564-1617) írt 1604. december 18.-i levelében állítja először határozottan, hogy a Mars pályája ellipszis. Az ellipszispályával kapcsolatos első gondolatai azonban fennmaradt jegyzetei alapján már valamikor 1602 tavaszán fölmerültek.43A Mars pályájával kapcsolatos ezen fölfedezése, valamint a ma 2. törvényként ismert összefüggés az 1606-ra elkészült, s 1609-ben megjelent Astronomiae Novae című könyvében került kinyomtatásra, míg Epitome Astronomiae Copernicae című munkájának három kötete, melyben e törvényeket a többi bolygó esetében is alkalmazza, 1618, 1620 és 1621-ben jelenik meg Linzben.44

42David Fabricius (1564-1617): protestáns lelkész, kiváló megfigyelő-csillagász, a Tycho de Brahe-féle rendszer híve, aki a jezsuita Cristoph Scheinerhez hasonlóan Galileivel egy időben s tőle függetlenül fölfedezte a napfoltokat. Intenzív levelezést folytatott Keplerrel csillagászati kérdésekről, s ennek részként a Mars-pálya ellipszisszerű alakjáról.

43Vö. Donahue, id. mű.

44A szóban forgó művek elérhető modem kiadása a német Beck'sche Verlagsbuchhandlung Kepler-összkiadásában (Gesammelte Werké) található meg. A németre lefordított Kepler-műveket századunkban az Oldenbrug Kiadó adta ki. így az Astronomiae Novae M. Caspar fordításában az Oldenburg kiadásában 1929-ben jelent meg. Az Oldenburg folyamatosan újranyomja a korábban már megjelent köteket. Angol nyelvű kiadása: Johannes Kepler: The New Astronomy (transl. by William Donahue. Cambridge, 1989).

E kötetek megjelenése alatt ugyanakkor Kepler megír egy újabb nagyszabású művet, a Harmonicae Murtdi Librit, mely 1619-ben ugyancsak Linzben jelent meg, s amely a 3. számú Kepler-törvényt tartalmazza.45

45Ges. Werke 6. Bánd, 1940; A Harmonices Mundi Oldenburg féle, német nyelvű kiadásának legújabb utánnyomata: Weltharmonie. 5. unverándarte Nachdruck dér Auflage 1939 (München: Oldenburg, 1990). A világ harmóniáját és az Epitome IV. és V: könyvét angolul C.G. Wallis fordításában a Great Books of the Western Worlld 16., Ptolemy, Copernicus, Kepler című kötetében is elolvashajuk (Hutchins, Chicago, 1952).

Emlékezzünk csak vissza arra, hogy a Mysterium Cosmographicumban Kepler nemcsak egyszerűen a bolygómozgások titkának megfejtését tűzte ki célul, hanem egy olyan harmonikus világtörvény meglelését, melynek segítségével egyetlen pálya adatainak ismeretében az egész bolygórendszer reprodukálható, s ennek során a bolygók Naptól való távolságát az öt szabályos testtel hozta összefüggésbe. Ez a megoldás azonban a bolygómozgásokról azóta szerzett behatóbb és részletesebb ismeretei fényében már nem bizonyult kielégítőnek számára. Így Kepler tovább folytatta kutatásait a világ harmóniájának meglelésére törekedve, s ha a Harmonicae Mundiban a bolygók Naptól való távolságát nem is sikerült eredeti elképzelése szerint egyetlen világtörvényből levezetnie, a keringési idők és a naptávolságok között talált egy szintén harmonikus matematikai összefüggést: fölfedezte, hogy a közepes naptávolságok köbei úgy aránylanak egymáshoz, mint a keringési idők négyzetei.

Ptolemaiszhoz és Kopernikuszhoz hasonlóan Kepler sem elégedett meg a “rendszer” kidolgozásával, hanem - minden bizonnyal asztrológiai érdeklődésétől is motiváltan - ő is fontosnak tartotta, hogy a bolygópályákkal kapcsolatos ismereteit részletesen kiszámított bolygótáblázatokban kamatoztassa. így születtek meg élete utolsó évtizedében az 1627-ben megjelent úgynevezett Rudolf Táblák, melyekre Kepler oly nagy gondot fordított, hogy a nyomdai munkálatok idejére személyesen Ulmba utazott felügyelni azokat. E táblák pontosságuk következtében hamar kiszorították a Porosz Táblákat, s a következő évszázad általánosan használt bolygótáblázataivá váltak.46

46Kepler munkásságáról és életéről lásd: Simonyi: 181-185. o.; Mikola Sándor: A történeti Kepler. (Atheneaum, Budapest, 1908); Dreyer: 372 412. o.; Donahue, W. H.: id. mű, Wilson, C.: Kepler's Derivation of the Elliptical Path in: Isis 59 (1963.); Russel, J. L.: “Kepler's Laws ofPlanetary Motion: 1609-1666”. in:Brit. Jour. fór theHistory of Science! (1964) 1-24. o.; Rosen, Edward: ThreeImperialMathematicians: Kepler Trapped Between Tycho Brache and Ursus (Abaris Books, New York, 1986); Stepheson, B.: Kepler's Physical Astronomy (Springer, Berlin, 1987); Field, J. V: Kepler's Geometrical Cosmology (Univ. of Chicago Press, Chicago, 1988); Wollgast, S.—Marx, S.: Johannes Kepler (Köln, 1977); Freiesleben, H. C.: Kepler ah Forscher (Darmstadt, 1970); Owen Gingerich: “Johannes Kepler”, in: René Taton and Curtis Wilson: id. mű 54-78.

A kepleri törvények fölfedezése - a bolygómozgások “titkának” megfejtése - a tudománytörténet ritka nagy és boldog pillanatai közé tartozott. Kepler előtt az a harmónia tárult föl, mely több mint kétezer éven keresztül kiemelt módon foglalkoztatta az európai gondolkodókat, s amelyet teljesen meglelni korábban sohasem sikerült, ám amelynek meglétében ennek ellenére csak kevesen kételkedtek. Igaz a legtökéletesebb mozgásnak tartott egyenletes körmozgásokat Kepler végül elvetette, ám a Kepler által meglelt törvények hasonlóan tökéletes és szép harmóniáról tanúskodtak. Ráadásul, míg Eudoxosztól kezdve nyilvánvaló volt, hogy az egyenletes körmozgások, s az ezekből fakadó harmónia csak közvetve, az összetételek révén jellemezheti a kozmoszt, a Kepler által meglelt harmónia a fölbontások nélküli mozgásokban közvetlenül volt jelen, s mint ilyen, jóval kifejezettebb és szebb volt, mint amit a bonyolult körpálya-összetételekkel vagy az egymásban forgó szférák segítségével kaphatunk. Minden alapunk megvan ezért annak föltételezésére, hogy magukat a püthagoreusokat és minden bizonnyal magát Platónt is kárpótolta volna a körpályák elvetéséért a Kepler által meglelt harmónia, melynek révén konkrét mibenlétében ugyan más, ám mégis hasonlóan szép, harmonikus és értelmes kozmosz rajzolódik ki a szemlélődő elé, mint amelyet a püthagoreusok és Platón az egyenletes körmozgás tézise alapján keresett.

Ugyanakkor e harmónia meglelése Keplernél egyben a harmonikus kozmosz eszmetörténetének csúcsa is. Kepler után kiderül, hogy a bolygómozgások matematikai szabályai pusztán egy mélyebb, s bár szintén szigorú, pontos és matematikai jellegű, ám már nem ilyen közvetlenül és szemléletesen megjelenő, hanem “rejtekező” világtörvény - a newtoni gravitációs törvény - következménye, és a XVII század második felére az is egyre inkább világosabbá válik, hogy minden, ami a bolygórendszer fölépítésének tekintetében e törvényen kívül van - így a bolygók konkrét száma, az egyes bolygók konkrét naptávolsága, vagy az, hogy egy-egy bolygónak hány holdja van stb. - csupán esetleges. S kiderül az is, hogy még nagyobb pontosságot figyelembe véve e kepleri harmónia csak látszólagos és múlandó: a bolygók perturbálják egymást, a Newton-törvény alapján keringésük előbb vagy utóbb véget ér és a Napba fognak zuhanni stb. Nem is beszélve arról, hogy a mi számunkra már mindaz, ami még Kepler számára a “világ harmóniája” volt, egy elenyésző kozmikus térrégiónak, naprendszerünknek sajátja csupán.

Röviden: a kozmikus harmónia Kepler után fokozatosan “visszahúzódott” az olyan elvont fizikai törvényekbe, mint Newton törvényei, vagy a modem matematikai fizika egyenletei, melyek már nem a kozmosz közvetlen szerkezetében, hanem működésében és rejtett struktúráiban hatnak, míg a konkrét kozmikus rendszerek legtöbb vonásukban esetlegessé váltak. Egy ilyen “visszahúzódott” harmónia pedig már nem adja a kozmoszt a maga közvetlenségében olyan szépként és harmonikusként, mint ahogyan ez még a Kepler-törvények nyomán Kepler számára megjelenhetett. Mindezek ellenére persze a modern fizika kozmosza is matematikai, harmonikus és pontos kozmosz, csak éppen másként, mint a püthagórászi vagy a kepleri; - ami viszont egy olyan modern gondolkodót, mint Einstein nem zavart abban, hogy éppen ezt a modern fizikai törvényekben megjelenő harmóniát tekintse a világ ésszerűsége bizonyítékának, és hogy ezáltal az ésszerű kozmosz mellett még többek között a csillagok mozgására hivatkozva érvelő Platón XX. századi utódja legyen (hasonlóan Heisenberghez, aki az általa meghatározó módon előremozdított modern kvantummechanika alapján fordul vissza közvetlenül magához a platóni kozmológiához).

###### <<<(((tehát a fizikatörténet filozófiai alapja a harmóniakeresés története a fizikai jelenségekben? -FÁ)))>>>

### 9. Galileo Galilei távcsöves megfigyelései és a kozmosz anyagi homogenitása

Ha Kopernikusz és Kepler tevékenysége elsősorban az elméleti csillagászat és a bolygómozgások titkának megfejtésében volt jelentős, a kibontakozó újkori tudományosság nagy személyisége, Galileo Galilei (1564-1642) a távcső csillagászati alkalmazásával az empirikus csillagászat fejlődéséhez járult hozzá döntő módon. <<<(((amit Kepler modelljét használva csinált eredményesen -FÁ)))>>> Ugyanakkor Galilei távcsöves megfigyeléseinek konkrét eredményei ugyanazon anti-arisztoteliánus szellemi tendencia számára szolgáltak érveket, mely a kopernikuszi fordulat általános szellemi hátterét is adta. Így míg Kopernikusz teoretikus oldalról járult hozzá a földi és az égi világ dualizmusának fölszámolásához, Galilei megfigyelései empirikus oldalról tették meg ugyanezt.

Maga a távcső, mint optikai eszköz, a lencsekészítők számára már Galilei előtt ismert volt, s többek között vásári mutatványok eszközeként szerepelt, ám csillagászati jelentőségét Galilei fedezte föl.47 Az ismert történet szerint miután hírt kapott arról, hogy Hollandiában egy optikus ilyen műszert konstruált, félbeszakítva fizikai vizsgálódásait, minden további információ nélkül sikeresen reprodukálta elméletben annak optikai működését, s ennek nyomán szemüveglencsékből ő maga is készített egy ilyen eszközt. Az igazi nagy fordulatot azonban nem a távcső újrakonstruálása jelentette, hanem az, hogy ezt Galilei tudatosan az ég felé fordította, s ezáltal az emberiség történetében először alkalmazott a természet kutatásában olyan eszközt, mely az ember természetesen adott képességei alapján megfigyelhetetlen dolgokat tár föl, s tesz érzékileg megragadhatóvá a számára. Ez a csillagászat tekintetében mindenekelőtt azt jelentette, hogy amíg korábban az ég és az égitestek természetével kapcsolatos elmélkedések a nem empirikus természetfilozófiai vizsgálódások területéhez tartoztak - azaz nem képezték a klasszikus értelemben vett csillagászat részét -, a csillagászat tárgya most (a Tycho de Brahe-féle üstökösvizsgálatok és a “nova” csillaggal kapcsolatos Brahe-féle mérések nyomán megkezdődött folyamat radikális fölgyorsulásával) jelentősen kibővült, és releváns empirikus vizsgálatok kezdődhettek e korábban kifejezetten spekulatívtermészetfilozófiai témában.48

47Vö. pl.: S. W. Drake, “Galileo and the Telescope” in: uő.: Galileo Studies (University of Michigan Press, 1970) 140-158. o.

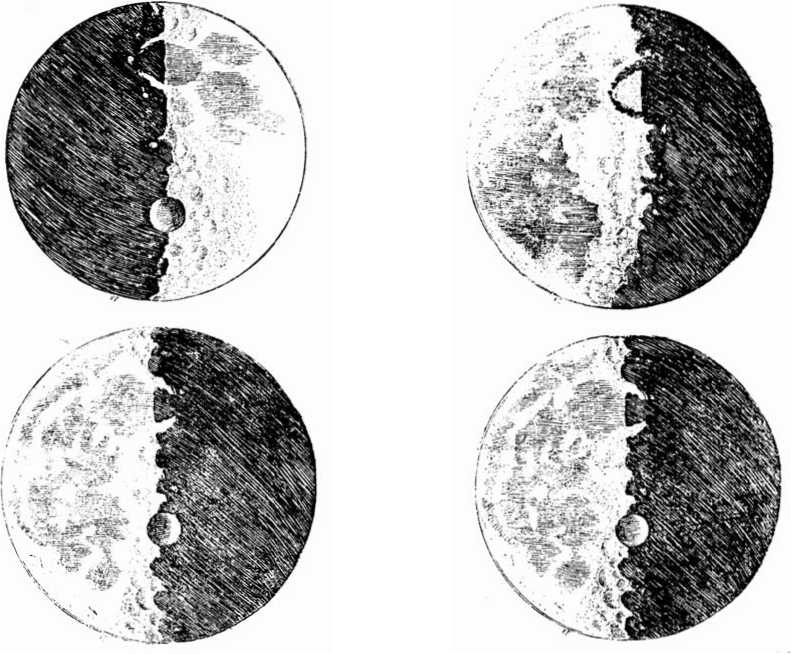
48A témával kapcsolatosan lásd pl. :Vekerdi László: így él Galilei (Tipotex, Budapest, 1997) 127-128., 136-141; 143, 147-151. o.; H. I. Brown: „Galileo onthe Telescope and Ey e.” Journal of the History of the Ideas 46 No 4. (1985. október-december) 487-501. o.; A. van Helden: „The Telescope in the Seventeenth Century" Isis (1974) 38-58 o.; uő: “Galileo, the Telescopic Astronomy and the Copemican System." in: Taton and Wilson: id. mű: 81-105 o.

Galilei első távcsöves megfigyelései az 1609-es év végére, az 1610 elejére esnek, s nevezetes fölfedezései a Hold hegyeiről, a Jupiter bolygóiról, a Merkúr és a Vénusz fázisváltozásairól, valamint arról, hogy a Tejút apró csillagokból áll, ugyanezen évben jelennek meg Siderius Nuncius című művében, míg a napfoltokkal kapcsolatos eredményeit 1613-ban teszi közzé.49

49A Siderius Nuncius (magyarul „csillag-hírnök” vagy „csillag-hír”) 1610. március 12.-én jelent meg. Az eredeti szöveg megtalálható a Favoro szerkesztette Opere di Galileo Galilei. Edizione Nazionale III/I.-es kötetében. Angol nyelvű kiadása: Siderius Nuncius of the SiderialMessenger. (transl. by Albert van Helden, Chicago, 1989); Vő. még: Evén A. Whittaker: “Galilei's Lunar Obsercvations and the Datingofthe Composition of Siderius Nuncious." Journal far the History of Astronomy 9 (1978) 155-169. o.

E fölfedezések - bár természetesen elvben elképzelhetőek más interpretációk is - alapvetően megingatták a ptolemaioszi rendszert. Hiszen kézenfekvő értelmezésüket csupán a kopernikuszi vagy a Brahe-féle rendszerben lehetett megadni, s ilyen értelmezésben kivétel nélkül mindegyik a Hold alatti és a Hold fölötti régió egyneműségét állító fizikát támasztotta alá. Így a két belső bolygó fázisváltozása egyformán következett Kopernikusz és Tycho de Brahe rendszeréből, és abból az általánosan elfogadott föllevésből, hogy a bolygók a fényüket a Napból kapják, míg a ptolemaioszi rendszerben magyarázat nélkül maradt.50 A Jupiter-holdak megsemmisítették azt a szkeptikus kérdést, hogy a kopernikuszi rendszerben a Nap mellett vajon miért csak a Föld az egyetlen, mely körül szintén égitest kering. A Hold hegyei és a változó napfoltok pedig a Tycho de Brahe által vizsgált új csillaghoz hasonlóan az égi régió tökéletlenségéről és változékonyságáról tanúskodtak, s e vonatkozásban a napfoltok fölfedezése a Nappal kapcsolatos kopernikuszi elképzelést is kétségbe vonta, hiszen Kopernikusz a Napot a püthagoreusokhoz hasonlóan a legtisztább és legtökéletesebb égitestnek tartotta, s többek között ezzel magyarázta középponti helyzetét.

50Vö. pl.: P. Barker and R. Ariew: „Introduction. Galilei and the Phases of Venus.” in: uők. (szerk.): Revolution and Contimtíty (The Catholic University of America Press, 1991) 6-7. o.; A Vénusz fázisait az újabb kutatások szerint már Galilei előtt is megfigyelték. Vő.: R. Ariew: “The Phases of Venus before 1610." Studies in History and Philosophy of Science 18 (1987)



Galilei rajzai a Holdról a Sidereus Nandudban.

Galilei távcsöve tehát olyan fölfedezésekkel szolgált, melyek az empíria oldaláról nyomatékosan támasztották alá a Galilei-féle fizika anti-arisztoteliánus tendenciáit, <<<(((magukat betájolni akarván kiragadtak Arisztoteleszből olyasmit, amitől különbözőt mérhettek …. Megtartva Arisztotelesz számos egyéb, általánosabb jelentőségű alkotását. -FÁ)))>>> s szerencsés időpontjuk következtében lélektanilag igen nagy szerepük volt az újkori természettudományos világkép megerősödésében, az arisztoteliánus kozmológia összeomlásában. A természetkutatás, s ennek részeként a csillagászat szempontjából azonban a konkrét fölfedezéseknél is nagyobb jelentőséggel bírt a távcsőnek, mint tudományos műszernek az alkalmazása, hiszen ettől kezdve a közvetlenül megfigyelhető dolgok fölötti elmélkedéseken túl megjelenik és polgárjogot nyer a csak műszerek segítségével megjeleníthető dolgok kutatása, s ez forradalmi módon kitágította azt az empirikus horizontot, mely mindaddig az emberiség számára adva volt. 51 De a távcső alkalmazása a csillagászati pozíciómérések pontosságát is korábban elképzelhetetlen mértékben megnövelte, lúszen az optikai eszközre helyezett fonálkereszt segítségével lehetővé tette az ívmásodpercek mérését is.

51A horizont bővülésén túl a távcső a kozmosz korábban föltételezett méreteit is átdimenzionálta. Vő.: Albert van Helden: „The Telescope and Cosmic Dimensions.” in: Taton and Wilson (eds.): id mű: 106-108. o.

#### 10. A kopernikuszi fordulat kozmológiai kiteljesítése: a Giordano Bruno-féle világegyetem

A világegyetem anyagi homogenitását alátámasztó, s így az arisztoteliánus kozmológiát gyengítő Galilei-féle megfigyeléseket a filozófia területén megelőzte az a radikális támadás, melyet Giordano Bruno 52 (1548-1600) filozófiája jelentett az arisztoteliánus kozmikus dualizmus és a véges kozmosz eszméje ellen. Így a nagy olasz fizikus megfigyelései nemcsak saját fizikájával, hanem Bruno korábban megfogalmazott filozófiai kozmológiájával is összhangban voltak, s ezért annak térnyerését is elősegítették - jóllehet Bruno radikális kozmológiai fordulatával szemben, mely a korábban zárt világot a csillagszféra eltörlésével nyitott és végtelen világegyetemmé tette, mind Galileinek, mind pedig Keplernek fönntartásai voltak.

52Giordano Bruno (1548-1600): olasz domonkosrendi szerzetes, panteizmus felé hajló filozófus. Kopernikusz rendszerének első követői és tanítói közé tartozik. Ő az aki elsőként tekinti a csillagokat napunkhoz hasonló égitesteknek, s megfogalmazza a világegyetem végtelenségének és a világok sokaságának formálisan az ókori görög atomisták tanítására emlékeztető, de tőle jelentősen különböző-modern tanát. Panteista jellegű filozófiai-teológiai nézeteiért az inkvizíció elítéli, s 1600-ban Rómában, a Virágok terén elégetik. A későbbi Galilei elleni pert visszavetítve elégettetését a XVI. század közepétől kopernikanizmusának tulajdonították, s ennek nyomán még ma is gyakran a modern természettudomány első mártírját látják benne. Fontosabb csillagászati tartalmú művei: Hamvazószerdai lakoma; A végtelenről, a világegyetemről és a világokról.

Mert ha kultúr- és gondolkodástörténeti vonatkozásban a Föld-Nap helycserét végrehajtó Kopernikusz jelentette is a nagy fordulatot, kozmológiai vonatkozásban a valódi fordulat nem Kopernikusz, hanem a kopernikuszi úton továbbhaladó Giordano Bruno személyéhez kötődik. Nem Kopernikusz, hanem Bruno volt az, aki “szétzúzta” az állócsillagok szféráját, s így “kinyitva a korábban zárt világot, a világegyetemet végtelenné tette.53 Ez a változás pedig a világegyetemről alkotott elképzelések történetének tekintetében jóval nagyobb fordulat, mint a Föld és a Nap kopernikuszi helycseréje - még akkor is, ha ezen utóbbi társadalmi, gondolkodás- és kultúrtörténeti hatása volt a megrázóbb. Brunonál az állócsillagok szférikus elhelyezkedése térbelivé transzformálódik, s maguknak az állócsillagoknak a mozdulatlansága is megkérdőjeleződik. A világok végtelen sokaságáról szóló tanításával pedig újból fölidézte a végtelen kozmosz és a véges világok - Bruno természetfilozófiájában a “világegyetem” és a “világok” - fogalmának atomista megkülönböztetését, és a kozmikusan kitüntetett helyeknek teljesen híján lévő homogén világegyetemet. Mindez pedig annyira újszerű volt, hogy olyan neves személyiségek sem fogadták el a Brunoi tanokat, mint Galilei vagy Kepler.54

53Vö. pl. Koyré, Alexandra: From the Closed Word to the Infinite Universe (The Johns Hopkins Press, Baltimore, 1957) 28-57. o.

54Vö. pl. Koyré: id. mű.

A világok végtelen sokaságát állító tan újrafogalmazásával így Bruno a világegyetem absztrakt struktúráját tekintve a Leukipposz és Démokritosz, majd Epikurosz és Lucretius által képviselt kozmológiát elevenítette föl. Ez azonban csak világegyetemének absztrakt struktúrájára igaz, egyébként - annak ellenére, hogy ő maga is Lucretiust idézi elődjeként - a Bruno-féle világegyetem radikálisan különbözik a görög atomisták világegyetemétől. Amíg ugyanis - mint ahogyan ezt láttuk - az atomistáknál az állócsillagok birodalma a mi világunknak a részét képezi, s így a többi, ezenkívül egzisztáló világra semmi empirikus jelzés sem utal - aminek következtében az ezekre vonatkozó hipotézis teljesen absztrakt marad -, addig Brunonál a “mi világunk” csupán napközéppontú bolygórendszerünkkel azonos, s a másik világokat a Nappal azonos természetűnek tekintett állócsillagok és az esetleg körülöttük keringő bolygók jelentik. így az atomisták empirikus horizontunkon elvileg kívül eső világaival szemben Bruno világegyetemében az éjszakai csillagos ég másik világok számtalan sokaságát tárja a szemünk elé. Azaz,

* amíg világunk mind az atomistáknál, mind pedig Arisztotelésznél és Kopernikusznál **zárt világ**, melyet az állócsillagok szférája fog körbe, s csak az a különbség közöttük, hogy
  + Arisztotelész és Kopernikusz számára ez a világ magával a végesnek tartott kozmosszal azonos,
  + az atomisták pedig rajta kívül végtelen sok hasonló világ létezését föltételezik,
* addig Bruno világai - s így a mi világunk is - **nyílt világok**, melyeket nem zár el semmiféle határ egymástól.
* Az atomistáknál a mi bolygórendszerünk és a csillagok együtt csupán **egyetlen világot képeznek a végtelen sok hasonló, de számunkra láthatatlan, tapasztalatilag hozzáférhetetlen világ között**.
* Brunonál Arisztotelészhez és Kopernikuszhoz hasonlóan bolygórendszerünk és a csillagok együtt nem csupán egyetlen világot, hanem **az egész világegyetemet** alkotják.

Bruno nem úgy jut el a végtelen világ fogalmáig, hogy az atomisták értelmében vett végtelen sok világ létezését föltételezi, hanem éppen ellenkezőleg: a “csillagok = napok” természetfilozófiai tétel nyomán - mind az atomistáktól, mind Arisztotelésztől és Kopernikusztól eltérően - azokat a csillagokat tekinti önálló világoknak, melyek az előbbieknél egyrészt sem nem napok, másrészt sem nem önálló világok, hanem csupán a mi világunk részei, alkotóelemei.

Ezért Bruno esetében a kozmológiai értelemben vett “másik világok” empirikus világunk részét alkotják, rálátunk azokra, s így a “mi világunk ”, mint kozmikus egység, szűkebb empirikus világunknál. Ennyiben Bruno kozmosza Arisztotelész és Kopernikusz kozmoszához hasonlít: empirikus világunk abban az értelemben Brunonál is a világegyetemmel egyenlő, hogy az általunk nem látható távoli régiók az empirikusan megjelenő régióhoz hasonlóan csillagokat tartalmaznak. Ezért

* a világegyetem Arisztotelésznél, Kopemikusznál és Brunonál egyformán a mi bolygórendszerünk és a csillagok együttesével azonos,
* csak éppen Brunonál átalakult szerkezettel: az arisztotelészi csillagszféra a végtelen tér mélységeiben szétszórt, azt homogén módon kitöltő csillagvilággá transzformálódik.

A világok sokaságára vonatkozó ókori hipotézis ezen empirikus tartalmú újrafogalmazása az állócsillagok természetére vonatkozó Brunoi föltevés konzekvenciája: annak következtében, hogy ezeket Bruno a Naphoz hasonló égitesteknek tekinti, a Föld után eltűnik a Nap kitüntetett pozíciója is, s a csillagok mint a Naprendszerhez hasonló kozmikus egységek középpontjai jelenhetnek meg Bruno számára, aminek révén lehetővé válik, hogy a kozmikus egység értelmében használt “világ” fogalmát ezekhez rendelje hozzá. Ennek következtében a csillagok természetére vonatkozó Brunoi hipotézis nyomán egy olyan új kozmológia születhetett meg, mely a tárgyalt párhuzamok ellenére sem tekinthető valamely korábbi kozmológia variánsának: Bruno volt az első az ókori görögök után, aki eredeti kozmológiát alkotott.

###### <<<(((olvasva ezeket a sorokat természetesebbnek tűnik, hogy egyrészt a hipotézisek nulla változatait vagy éppen a tanulás menti hipotéziseket az ember a saját fogalmi eszközeivel fogalmazza meg. Az külön kérdés, hogy az miként tud viszonyulni a fogalomtörténethez, valamely fogalmi iskolákhoz vagy a kortárs uralkodó felfogáshoz – másrészt annak a hipotézisnek van-e célja és milyen a belső logikai építkezése. -FÁ)))>>>

A Bruno-féle kozmológiai fordulat lényegét az “empirikus homogenitás” kulcsfogalmával ragadhatjuk meg. Világegyetem-modellje ugyanúgy homogén térben és időben, mint az atomista modell, ugyanúgy a végtelen kozmosz parányi töredékévé s a végtelen sok világ egyik esetleges példányává redukálja a mi világunkat, mint az atomista kozmológia, s így a dezantropomorf, ateleologikus világértelmezés szempontjából rendelkezik mindazokkal a kedvező jegyekkel, mint amelyekre az atomista kozmológia kapcsán már rámutattunk. <<<(((érdekes volt a kötet elején az a megfogalmazás, elhatárolódás, amely beszűkítette a tudományfilozófia történeti vizsgálódást. A kozmológiai érdeklődés forrásának kérdéséről állapította meg hogy „*Egy tudománytörténettel foglalkozó munkának ugyanakkor nem föladata az, hogy e témakörben állást foglaljon*” A középkorral foglalkozva a tanulmány nem győzi elmarasztalni az egyházat, ugyanakkor a méltatott tudósok többsége egyházi személy, pap vagy szerzetes volt. A vallás tudománytörténetre gyakorolt hatásának vagy éppen a kettő kölcsönhatásának elemzése a illik a tanulmányba, ugyanakkor a vallással mint egyházi struktúrában intézményesült tudományellenes kulturális hatalommal foglalkozni Európában azt hiszem mértéktelenségnek, elhibázott irányultságnak tekinthető. -FÁ)))>>>

Ugyanakkor az atomistákkal szemben e homogenitás Brunonál mégsem pusztán spekulatív homogenitás, mely szemben áll az empirikus világ hierarchikus struktúrájával - ahol a Föld a középpont és az állócsillagszféra a perem hanem a “csillagok=napok” hipotézis következtében Bruno számára kozmikus környezetünk mint naprendszerekkel homogén módon kitöltött térrégió jelenik meg, s a világegyetem homogenitása az ily módon számunkra empirikusan is megjelenő, környezetünket jellemző kozmikus homogenitás kivetítése a végtelen térbeli régiókra. Persze Bruno kozmológiája filozófiai - sőt teológiai - jellegű, s érvelése így deduktív s spekulatív. Ám a most elemzett empirikus mozzanat még így is megjelenik nála: Isten tökéletességéből következik, hogy a tér mindenütt egyformán jó világok befogadására, s ha itt a mi világunkat fogadj a be, máshol is ehhez - azaz a tapasztalj!) - világhoz hasonló világokat kell befogadnia.

Ez az empirikus vonatkozás elsősorban Bruno kozmológiájának Brunot követő története miatt fontos. A kibontakozó újkori gondolkodás természetképét ugyanis szintén a természet, s ennek részeként a tér és az idő homogenizálása jellemzi - mint láttuk, a földi és az égi fizika egységesítése is ilyen homogenizáló mozzanat volt -, s világértelmezésében ugyanakkor a dezantropomorf, ateleologikus tendenciák dominálnak. S amíg az atomisták homogén világegyetemének spekulatív volta ellentétbe kerül az újkori természettudomány szempontjából szintén alapvető empirikus orientációval, Bruno kozmoszának “empirikus homogenitása” összhangba volt mind ezzel, mind pedig az előbb említett tendenciákkal. Ez a magyarázata annak, hogy bár Bruno állításait a világok végtelen sokaságáról és a világegyetem végtelenségéről a napközéppontú rendszer hívei sem fogadják egyértelmű tetszéssel - így Galilei szkeptikus, Kepler pedig határozottan harcol a Brunoi végtelen világegyetem ellen -, a XVIII. század elejére már Bruno az újkori természettudomány és csillagászat evidenciális kozmológiai háttereként szerepel, s már csak nagyon kevesen kételkednek abban, hogy a világegyetem végtelen, a csillagok pedig napok, melyek nem szférán <<<(((kívül -FÁ)))>>> , hanem térbeli mélységben helyezkednek el.

## C. A modern matematika kialakulása *(Kiss Olga)*

A görög matematikai tradíció európai megszakadásának az oka közismert módon az, hogy az antik kultúra hanyatlásával a matematika művelésének központja is Bizánc lett. E századokban Boethius egyszerű, Eukleidész- töredékeket is tartalmazó munkája (Institutio arithmetica, azaz Bevezetés az aritmetikába, i. sz. 500 körül) volt a matematika művelésének legfőbb forrása.55 Noha a hét szabad művészet között ott volt a geometria és a számelmélet, ezek csak elemi szintű ismereteket jelentettek, különösen az akkor már létező magas szintű antik-arab elméleti tudáshoz képest. A nyugat-európai kolostorokban már nem ugyanaz a pezsgő szellemi élet zajlott, mint a pár száz évvel korábbi Athénban, vagy akár még Alexandriában is.

55 Boethius volt az, aki Cassiodorus-szal együtt a püthagoreus mathémata négy eleméhez, a kvadriumhoz - zene, aritmetika, csillagászat és geometria - hozzávette a triviumot - grammatika, retorika és dialektika. E hét szabad művészet volt az elkövetkező fél évezredben az iskolai oktatás alapja, már ami a teológiával kevésbé szoros kapcsolatban álló ismereteket illeti.

Az itt következő fejezetben azt fogjuk szemügyre venni, hogyan éledt újjá ez a szellemi élet egy egészen új területen: Nyugat-Európában. A folyamat a mába nyúlik - benne állunk a hagyományban, melynek történetét írjuk, s a fordulatok sorában az egyik legjelentősebb még alig száz éve zajlott. Itt most az azt megelőző, tehát a XIX. századig terjedő korszak lesz vizsgálódásaink tárgya. A modem matematika születésekor nem csupán a forrásokat tekintjük át, de figyelmet szentelünk annak is, miként alakult át eközben a klasszikus görög matematikai paradigma. Mely vonásait őrizte meg, s melyeket hagyta el a modem korban.

### 1. A nyugat-európai matematika forrásai

Sajnálatos módon azt kell mondanunk, hogy az európai kultúra újjászületését két harci cselekmény tette döntően lehetővé. Az egyik Toledo eleste (a mi oldalunkról bevétele), mellyel az antik kultúra mór könyvtárakban őrzött hatalmas kincsestára feltárult az európai értelmiség előtt. Már csak arra volt szükség, hogy az arab szövegeket lefordítsák latinra. A másik pedig Konstantinápoly török kézre kerülése, aminek következtében az onnan menekülő görögök számos görög nyelvű kéziratot hoztak magukkal, melyek befogadására Európa addigra már éppen felkészült.

A móroktól “visszahódított” Spanyolország könyvtáraiban felfedezett tudományos szövegeket a XII-XIII. században kezdték latima fordítani, hogy az akkori (mi szempontunkból nézve) művelt világ is megismerhesse azokat. Ezek az arab nyelvű munkák részben az eredeti görög szövegek hellenisztikus korban keletkezett fordításai voltak, részben pedig eredetileg is arab nyelven íródott önálló művek, kivonatok, kommentárok, magyarázatok. (A matematikai ismeretek egyik legfőbb forrását jelentő euklideszi Elemek görög szövegének ismerete egészen késői eredmény.)

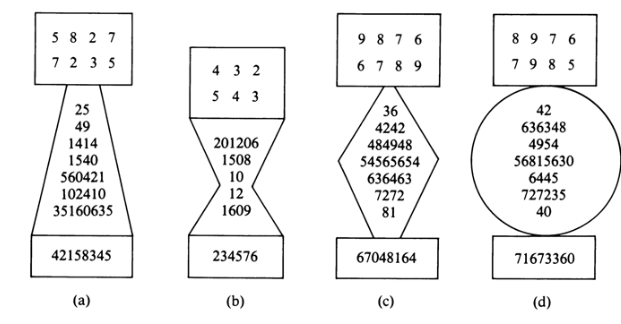
Az arabok azonban nem egyszerűen csak közvetítették az antik görög ismereteket. Hozzájárulásuk az európai gondolkodásmód kialakulásához ennél jóval nagyobb horderejű.

* Az algoritmikus gondolkodásmód, <<<(((ez érdekes, mert a görögök bizonyítási törekvése hasonlónak tűnik. Mi a különbség köztük? -FÁ)))>>>
* az algebra és a segítségével kialakuló függvényelmélet,
* sőt, a helyi értékes számolás és a nulla alkalmazása is az arab hatásnak köszönhető.

A nullát és az arab számokat, melyekkel ma oly egyszerű a számolás, hogy kisgyerekeknek tanítjuk az általános iskolában, ők hozták Indiából. Az algoritmus szavunk Al Hvárizmi nevének latinos alakjából (Algorismus) származik, aki Aritmetikájában bemutatja az ezekkel való számolás művészetét.

Sevillai János is így foglalja össze művének lényegét: Algorismus könyve a gyakorlati aritmetikáról (ez 1134-1153 körül jelent meg). Korábban ugyanis az alapműveletek elvégzéséhez kényelmesnek egyáltalán nem mondható római számok voltak Európában használatosak. Abakuszon, azaz számolótáblán számoltak kis kövecskékkel - éppúgy, mint az antik görögök majd az eredményt leírták. Nos, könyvviteli szempontból lényeges, hogy a római számokat nem lehetett hamisítani, <<<(((? -FÁ)))>>> az arab számok pedig olyanok, hogy elég csak mögé írni egy-két nullát, máris egészen mást jelent. Erre hivatkozva a kereskedők szívesebben alkalmazták a régi módszert, még akkor is, ha az új mellett szólt egyszerűsége, eleganciája és áttekinthetősége. Több száz évig folyt a harc az abacisták és az algoritmikusok közt, az álláspontok összemosódtak. Fibonacci Liber abacija például - címével ellentétben - nem az abakuszon való számolásról, hanem éppen a hindu számjegyek használatáról szól, az összeadástól a gyökvonásig. Az abakusz szót már kezdték használni az egész aritmetikára.

Eközben az itáliában a XIV. században magánszemélyek által alapított világi iskolákban matematikára és könyvvitelre oktatták a kereskedelmi és pénzügyi pályára készülő fiatalokat. Az eredetileg homoktáblán végzett arab számolás, melynél az egyes részeredményeket mindig letörölték, hogy helyére írhassák a következőt, a papír olcsóbbá válásával és elterjedésével kissé átalakult. Számos különböző formában rögzítették a szorzások és osztások részeredményeit (érdemes "visszafelé” gondolkodva a kész számalakzatokból kikövetkeztetni, milyen szabály alkalmazása vezethetett ezekhez az eredményekhez, és azután mai technikánkkal megvizsgálni, helyes-e):

A ma használatos algoritmus és forma már egyértelműen az itáliai számolómesterek kreativitásának gyümölcse. Végül az új számírás elterjedését és végső győzelmét - mint oly sok másét is - a könyvnyomtatás hozta meg a XV. században.

A félreértések elkerülése végett azonban máig megmaradt a számoknak szavakkal történő leírása a váltókon és egyéb pénzügyi manővereknél, ahogy azt a viták sűrűjében Firenzében még 1299-ben javasolták az új számírás ellenzői.

Talán lényegtelennek látszik a probléma, mégis jelentős. Az antik matematika egyik korlátja ugyanis éppen a kifejezésmód nehézkessége volt. Ennek csak egyik aspektusa a számoláshoz nem igazán kényelmes jelölés használata. A másik az, hogy minden összefüggést szavakkal mondtak el és írtak le, azaz nem használtak formulákat. A képletek használata több száz éves folyamat eredményeképpen lépésről lépésre alakult ki Európában, mégpedig úgy, hogy - éppen az újfajta számítási eljárások keretében - először az algebrai műveleteket kezdték szimbólumokkal jelölni, majd az egyenletekben szereplő ismeretlent és a számokat (a függvényeket stb ). Ha most algebrát említek, akkor persze nem a mai algebrára kell gondolni. Látni fogjuk, milyen hosszú fejlődési folyamat eredményeképpen alakult ki e diszciplína mai formája. De nézzük először a forrást!

### 2. Al Hvárizmi algebrája

A már említett Al Hvárizmi munkája: Rövid könyv a kivonás (dzsabr) és az összevonás (mukabala) számolásról (Latin fordításban: Liber algebrae et almucabola) az egyenletek megoldásának módszereiről szól alapvetően még geometriai területátdarabolási technikákkal. E könyv gyakorlati céllal íródott, végrendeletek és örökségek problémáival kapcsolatos első- és másodfokú egyenletek megoldását tartalmazza. A közönséges számok mellett megkülönböztet gyököket és négyzeteket is. Az egyenletek, melyekkel foglalkozik, a következők:

a négyzet egyenlő a gyökkel, a négyzet egyenlő egy számmal, a gyök egyenlő egy számmal, a négyzet és a gyök egyenlő egy számmal, a négyzet és a szám egyenlő egy gyökkel, a gyök és a szám egyenlő a négyzettel.

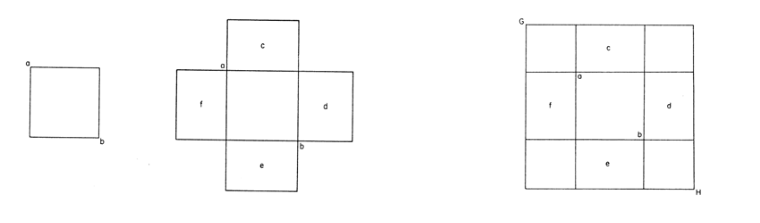
Már az is érdekes kérdés lehet a történeti szövegek tanulmányozásában járatlan olvasónak, hogy egyáltalán miről is van itt szó. (Súgok: az első - mai jelöléssel - az ax2 = bx alakú egyenleteket jelenti. A többinek kitalálását ezután már az olvasóra bízom.) Láthatjuk, milyen körülményes az esetszétválasztás. A szöveget olvasva az is feltűnő, hogy sem a nulla, sem a negatív gyököt nem veszi figyelembe. Negatív és pozitív számok sincsenek benne, csak kivonandók és hozzáadandók. Ami pedig az egyenletek megoldását illeti, Al Hvárizmi - éppúgy, ahogy az ismeretlen szerző annak idején az írnokoknak szóló babiloni iratokban - egyszerűen ad egy példát mindegyikre.

“Melyik az a négyzet, amely a gyökének tízszeresével együtt összesen 39-et ad? Az ilyen egyenlet megoldásának módja, hogy vegyük az említett gyökök felét. Az előttünk álló feladatban 10 gyök van, tehát vegyünk 5 gyököt, melyet önmagával megszorozva 25-öt kapunk, melyet adjunk a 39-hez, ami 64-et ad. Vegyük ennek a négyzetgyökét, az 8. Vonjuk ki belőle a gyök felét, azaz az 5-öt. Ez 3. A három a négyzetnek az egyszeres gyöke, így a négyzet maga természetesen 9.”56

(Feladat: Ellenőrizzük le mai technikánkkal!)

56 D. J. Struik (ed): OA Source Book in Mathematics (Harvard University, Cambridge, 1969)

Al Hvárizmi azonban - szemben a babiloniakkal - a szabály megadása mellett geometriai úton is megmutatja a megoldás menetét. A bizonyítás úgy kezdődik, hogy vesz egy ismeretlen oldalú négyzetet. Ez, valamint egy olyan téglalap, melynek egyik oldala az ismeretlen, a másik pedig tíz egység együtt 39-et ad. A négyzet oldalaira tehát olyan téglalapokat állít, melyek másik oldala a 10 negyedrésze (2,5 egység). A sarkokban kimaradó kis területek együtt 4x2,5x2,5 = 25. Ha ezt hozzávesszük az ábrához, akkor a feladat értelmében 39 + 25 = 64-et kapunk, melynek gyöke 8. Ebből már valóban csak le kell vonni az 5-öt, és megkapjuk az ismeretlent (1. az ábrát).



Ötletes és egyszerű: a geometriai demonstráció pontról pontra megmutatja az algebrai szabály alkalmazásának geometriai értelmét. Hasonló okoskodásokat kockákkal és hasábokkal harmadfokú egyenletek megoldásához még a reneszánsz mesterei is alkalmaznak. Cardano már explicit módon így építi fel aritmetikáját: Ouesto, Regula, Demonstratio (azaz: feladat vagy kérdés, szabály, bizonyítás, vö. De Arithmetica .... 1538).

A bizonyítás segített megértetni, hogy a szabály miért működik, történelmi jelentősége mégis a geometriai demonstrációt megelőző kivonási és összevonási technikának lett. E technikák képezték az alapját az algebra és az európai matematika fejlődésére jellemző újfajta szimbólumhasználat kialakulásának. Az egyes szavak, mint négyzet, köb, ismeretlen (a dolog) szimbólumokká rövidültek a használatban. E szimbólumokkal - képletekkel - megtanultunk számolni, megismertük a logikájukat, és ma már bizonyításainknak is ezek képezik az alapját. Íme, az egyik jellemző különbség az antik és a modem európai matematika között. A szimbolikus algebra kezdete tehát Al Hvárizmi munkáinak latinra fordításáig nyúlik vissza.

### 3. Az európai matematika reneszánsza

A reneszánsz matematikatörténeti vonatkozásban is azt jelentette, hogy újraéledt a klasszikus tradíció. Azért beszélek immár többedszer is hagyományról, mert nem csupán az elméletekről van szó. Ha pusztán a tételek és matematikai rendszerek fejlődését tekintenénk a tudománytörténet lényegének, s eltekintenénk a kontextus és az értelmezési keret másságától, a középkort és a reneszánszt akár ki is hagyhatnánk. Ebben az időszakban ugyanis nem születtek olyan eredmények, melyek felülmúlták volna az antik mesterek tudását.

A kultúra - s ennek részeként a matematika - művelése azonban nem csupán a szövegek meglétén múlik A tudást életben kell tartani, ez pedig csak úgy lehetséges, ha az egymásra következő nemzedékek újra meg újra elsajátítják, és új életet adnak neki. Ez az a hagyomány, ami a görög kultúra hanyatlásával megszakadt itt Európában.

Az arab és antik görög(-római) szövegekkel megismerkedve az európai kultúra, és benne a matematika a XII-XIII. században hirtelen gyors fejlődésnek indult. A fordításokat elsősorban fejedelmi udvarokban (pl. X. Alfonzó) és fordítóiskolákban (pl. Toledóban) készítették orvosok, asztrológusok, tudósok és filozófusok, főként a mai Spanyolország és Szicília területén. Innen terjedt el a tudás a kontinensen az egyetemek (XI. sz. Salemo, 1100 Bologna, XII. sz. Párizs, 1209 Cambridge, 1348 Prága, 1364 ismét Prága, 1365 Bécs, 1367 Pécs, 1385 Heidelberg, 1388 Köln, 1409 Lipcse, ...) és világi iskolák révén. A fordítók így nagy szerepet kaptak az új-antik ismeretek közvetítésében. Az angliai Adelard lefordította többek között A1 Hvárizmi aritmetikai munkáját, és Eukleidésztől az Elemeket, Gerhardo Apollóniosztól a Kúpszeleteket, Ptolemaiosztól az Almagestet, Hvárizmi Algebráit. A XIII. században Campano újra fordította az Elemeket, még mindig arabból (görögből először Zamberti tette át latima, ez 1505-ben jelent meg).

Apollóniusz és Arkhimédész művei ekkor még a legműveltebbeknek sem voltak egyszerűek, és ez jól látható a fordítások színvonalán. A fordítás ugyanis nem pusztán a szavak egymás után tétele. Matematikát nem - ahogy mást sem - lehet fordítani pusztán jó nyelvtudással, a szöveg értelmének felfogása nélkül. Ezek a fordítások valójában inkább az európai kultúra első ismerkedései voltak az elődök nagyszerű eredményeivel. Ugyanakkor ösztönzést is jelentettek, és kijelöltek valamiféle irányt is, hogy mi az, amit még meg kellene érteni. Ez a megértés azonban - mint látni fogjuk - már nem az antik alapokon jött létre.

Az arab számolási eljárások és egyenlet-megoldási módszerek új, technikaibb szemléletet hoztak. A reneszánsz idején felértékelődött hétköznapi-gyakorlati tudás, mely lehetővé tette a klasszikus tudományos (mechanikai, optikai, építészeti ...) szövegek valódi elsajátítását, szintén ezt a technikai szemléletet erősítette. Megmaradt a teoretikus, bizonyításra törekvő tudás elismertsége, megjelent azonban a gyakorlati tudomány is.

A practica és theorica megkülönböztetése a XII. században keletkezett

a mai Spanyolország területén. A kifejezés első előfordulásakor a gyakorlati geometria (Practica geometriáé, Paris, 1130 körül) még nagyon alacsony színvonalú. <<<(((ezután jön a lovagkor és a skolasztika!? -FÁ)))>>>

Ám a gondolat világos:

* az elméleti geometria a görbék, testek, felületek tulajdonságait vizsgálja, a rájuk vonatkozó összefüggéseket keresi, bizonyítja és tanítja.
* A gyakorlati geometria a való élet kihívásainak tesz eleget, valódi hosszúságok és területek mérésével, alakzatok létrehozásával foglalkozik, s ehhez különböző segédeszközöket alkalmaz

Az alkalmazott tudománynak tehát nem a bizonyítás a célja, azt a teoretikusokra bízza.

Az ő <<<(((alkalmazott tudomány? -FÁ)))>>> feladata, hogy megtalálja a saját problémájának megoldására alkalmas elméletet, és a megfelelő módon képes legyen azt hasznosítani. Így Arkhimédész, aki egyaránt közismert bizonyításai szigoráról és technikai újításairól, a legnagyobb becsben tartott szerzők egyike lett e korban. Ne feledkezzünk meg, még ha közismert is, a matematika és a festészet új viszonyáról a reneszánszban: a geometriai ismeretek által lehetővé tett prespektivikus ábrázolásmódról. Az építészet hasonlóképpen sokat merített az antik arány elméletből és általában a matematikából. Ekkor kezdődött az épületek mai értelemben vett tervezése is. A matematikai módszerek alkalmazása a középkor és a reneszánsz idején mégsem csupán a technika fejlődésére volt jó hatással, hanem maguknak az elméleti konstrukcióknak is számos esetben inspirációt jelentett.

* Niccolo Tartaglia például, aki az ágyúgolyók röppályáját vizsgálva nem éppen ártalmatlan elméleti matematikát művelt, s akit mi már nem tüzértiszti ismeretei miatt értékelünk, e kísérleteivel (egyéb később említendő eredményei mellett) hozzájárult a mozgás matematikai vizsgálatának, és ezen keresztül a matematikai analízisnek a kialakulásához.
* Kepler a boroshordók térfogatának meghatározására dolgozta ki azt a módszert, mellyel végül hozzájárult az integrálszámítás kialakulásához.

###### <<<(((módszertani vázként egy közgazdaság modellezési probléma felvetésnek

* az elvi alapjai vissza nyúlhatnak az ókori ismeretelméleti, ontológiai alapokig. Ide köthető gyökerében
  + akár a kétértékű logikától indulva
  + a logikai „tökéletesség”, kifogástalanság ideája a görögöknél, aminek érdekében évszázadokig vállalták az apóriák és paradoxonok útvesztőit is
  + a tapasztalattól független bizonyítások mint az önállóan megjelenő tudományos igény kritériuma, a dialektikából kifejlődő axiomatika (szétválasztva a nem bizonyítandót a bizonyítandótól)
  + amit később követ a deduktív és induktív axiomatika megkülönböztetése
  + a talán „arisztoteleszi fogalmi sablonnak” nevezhető szubsztancia és akcidens, forma és anyag, okság és végső ok megkülönböztetés szintjén való elhatárolások,
  + majd a személy fogalmának megjelenésével bizonytalanul de az okság befolyásolásának (az emberi szabad cselekvés lehetőségének) kérdése,
* ezt követően fordulópont az elméleti és alkalmazott tudományok szétválásának megindulása, de még nem elterjedése a skolasztika idején (ami után az elméleten kevéssé lehet számonkérni a gyakorlatot!)
* az önállósuló elmélet és gyakorlat szétválása megnyilvánult az intézmények elkülönülésében is, aminek megfelelt az iskolázás kiterjedése – mára ez néha a funkcionális analfabétizmusnak is nevezett, alig áthidalható távolsággá növekedett …………………….
  + -FÁ)))>>>

Összegezve tehát sem a gyakorlati, sem az egyetemeken - többnyire a Szabad Művészetek Karán - a quadrivium keretei között oktatott matematika kezdetben még nem volt túl magas színvonalú, és nem is hozott sok újdonságot. Az első matematikai tudományok tanítására szakosodott professzor valószínűleg a Gmundenből származó Johann volt a Bécsi egyetemen 1412-től. A tekintélyelvű skolasztikus ~~is~~ szellem aligha tett jót a matematika művelésének, mégis mindig voltak olyanok, akik nem dogmaként tekintettek a matematika igazságaira. A történet diadalmas része többek közt róluk szól.

Ilyen volt például az oxfordi Merton College-ban 1323—35-ig dolgozó **Thomas Bradwardine**, aki De continuoc. művében újraélesztette az antik vitát az atomizmusról. Ennek jelentősége nem pusztán filozófiai. A könyv a diszkrétség és folytonosság problémáját, a végtelen nemeit és szélsőérték-problémákat tárgyal. A kérdés nem is annyira a skolasztika idején, mint inkább a XVII. században válik majd nagy jelentőségűvé. Egyelőre inkább a számokkal kapcsolatos fogalmak kiterjesztésének első próbálkozásairól van szó. Megfogalmazza az irracionális arány (1 aránya -höz) és a mint 1/2-ik hatvány gondolatát.

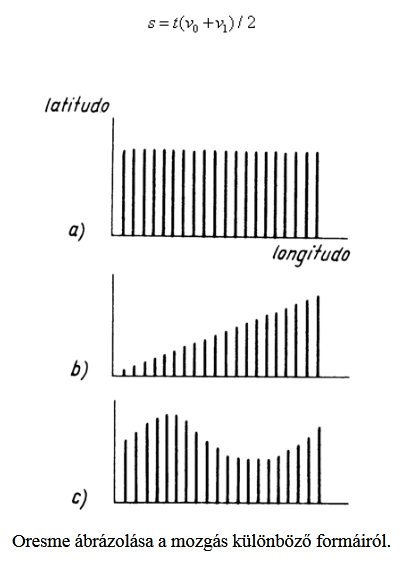
Az ő munkásságát követve **Nicole D’Oresme** (1320-1382) Franciaországban már leírja a törthatványokkal végzett műveletek szabályait is.

Oresme még egy kérdést tárgyal, mely a mi szempontunkból nézve igen jelentős. Mint emlékszünk,

* Arisztotelész és az antik tudomány éppúgy, mint a skolasztika az olyan minőségeket, mint sebesség, fehérség, jószívűség, melegség, ... nem tartották mérhetőnek.
* Oresme azonban ezek intenzitásának (intensio) összehasonlítása végett sajátos ábrázolásmódot alkalmaz. Vegyük például a mozgást és intenzitását (sebesség). Ennek extenziója lehet a megtett út, de akár az idő is, melyet egy vízszintes szakaszon (longitudo) mér. Az intenziókat pedig a megfelelő pillanathoz tartozó, e tengelyre állított merőlegesek (latitudo) segítségével hasonlítja össze. Háromfajta mozgás „formáját” látjuk az ábrán:
  + a) az uniformis (egyenletes),
  + b) az uniformiter difformis (egyenletesen változó) és
  + c) a difformiter difformis (változóan változó) mozgásét.

Ismerős? Hát igen. Mintha csak függvénygörbét rajzolna, miközben természetesen még szó sincs a mai értelemben vett függvényekről, sem görbéikről. Ezek a kutatások éppen azért fontosak számunkra, mert olyan módszerekhez adtak alapötletet, melyeket ma a legszélesebb körben használunk. <<<(((érdekes, hogy ez a változás ilyen egyértelműen egy névhez köthető, a skolasztika kifutása és a reneszánsz indulása idején. -FÁ)))>>>

Oresme azt is le tudta olvasni az ábráról, hogy a sebesség-idő görbe alatti terület megadja a megtett utat. Ez az egyenletesen változó esetben:



A korszak végére Galilei révén a tényleges mozgások (pl. szabadesés) tudományos feldolgozása is megszületett. Az út-idő és a sebesség-idő görbe közötti kapcsolat általános megfogalmazása a XVII. század eredménye lesz. Oresme munkája éppúgy, mint az algoritmus, az egyetemi oktatás része lett. Így ténylegesen elősegíthette a matematika fejlődését, megtermékenyíthette az új tudósnemzedékek gondolkodását.

A reneszánsz idején az európai kultúra az antik matematikai ismereteket próbálja megérteni és feldolgozni. Azok a munkák, melyek ebben az időszakban születnek, jórészt e hagyomány újrarendezésével, új szempontú átgondolásával foglalkoznak. Sokan foglalták össze egy-egy területre vonatkozóan az akkor fellelhető összes ismeretet (ők még megtehették). Úttörő matematikai kutatások folytak viszont az algebra, annak geometriai alkalmazása, valamint az oxfordi Merton College, Bradwardine és Oresme munkáira támaszkodva a mozgás matematikai tanulmányozására terén.

Fontos szerepet játszott a reneszánszra jellemző módon a hétköznapi tudás felértékelődése. <<<(((nyilván az elméleti ismeretektől különvált alkalmazott tudomány szélesebb körű megjelenésének folytatásaként -FÁ)))>>> A városi kereskedőiskolákban a nép nyelvén tanítottak, a papíron írásban végzett számolás művészetét követték. A XIV. században már megjelentek az első skandináv, német, cseh, lengyel és angol nyelvű könyvek e témában.

Történetileg több évszázadra elnyúltak azok a folyamatok, melyeket itt röviden kell jellemeznünk. Az új szemléletmód alapja ugyanis épp az algebra lett, melynek segítségével a geometriai problémák újfajta kezelése is lehetségessé vált.

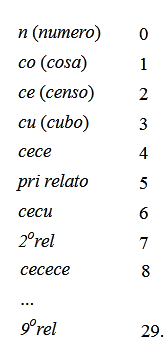
Noha a geometriai és algebrai problémakör egyesítése Descartes érdeme, az első ilyen gondolatok két évszázaddal korábban megjelentek. Már **Regiomontanus** használta az araboktól átvett algorismus módszerét háromszög- szerkesztési problémák megoldásakor (De triangulis omnimodis libri quinque, azaz Öt könv mindenféle háromszögekről, 1462-64). Ő volt az is, aki elsőként megadta a gyökmennyiségek műveleti szabályait. **Nicolas Chuquet** (De triparty en la Science des nomres, A számok tudománya három részben, 1484) a hindu-arab számírás segítségével ismerteti a racionális és a negatív számokra vonatkozó műveleti szabályokat, noha ezeket még jó ideig nem tekintik valódi számoknak. Művében már tökéletesen kidolgozott algebrai jelölésrendszert találunk. Alkalmazza az **összeadás és a kivonás műveletére a ma is használatos jeleket**, melyek minden bizonnyal Jan Widmann könyvében (Gyors és szép számolás minden kereskedő számára) jelentek meg először 1485-ben (e jelölésmódok eredetéről különféle feltevések vannak). Ekkoriban már negyedik és ötödik hatványokat és gyököket is jelöltek, azaz az egyenletmegoldás végleg elszakadt a geometriai korlátoktól.

### 4. Az algebra európai megjelenése

A modern algebra forrását valójában a már korábban említett Leonardo Pisano, azaz Fibonacci 1202-ben megjelent Liber abacija jelenti. E könyvben találkozunk először a geometriai eredettől elszakadó, harmadrendűnél magasabb hatványokkal: a négyzet négyzetével Icensus de censo) és hatodik hatvánnyal (cubus cubi). Olvasói a világi iskolákban kereskedőnek, térképrajzolónak, mesternek vagy építésznek készültek. Az idők folyamán a használatban a regola dell’algebra ammucabola lerövidült regola della cosa-xá. azaz a dologra vonatkozó szabályra, ahol a dolog, amiről beszélünk, az ismeretlen a cosa.

Luca Pacioli Az aritmetika, a geometria, az arányok és az arányosságok összegzése (Summa de arithmetica, geometria proportioni et proportionalita, 1494, Velence) már több számjelölést is használ: no (numero) - szám, co (cosa) az ismeretlen, ce (censo) - a négyzet...

Niccolo Tartaglia (Trattato di numeri e misure, azaz Értekezés a számokról és mértékekről, 1556-60) már megadja a hozzájuk tartozó kitevőket is:



(Kérdés az olvasóhoz: mi lehet a pri rel, vagy általában az n° rel?)

A XVI. században az algebra fokozatosan átalakul. Míg korábban szavakkal megfogalmazott szabályokat láthattunk (pl. A1 Hvárizminál), azaz ún. **retorikus algebrát** írtak, addig mostanra a szavak helyére fokozatosan **szimbólumok** kerülnek, és kialakult a modem matematikára jellemző képletek alkalmazása. <<<(((amely szimbólumok definiálatlan alkalmazása abszurd helyzeteket eredményezhet -FÁ)))>>>

Ha már Tartagliánál járunk, említést kell tennünk a reneszánsz matematika egy jellemző intézményéről. Ebben az időben számolómesterek járták az országokat, tanítottak, kereskedők és iparosok számára készítettek számításokat, fejedelmi udvarokban vettek részt matematikai viadalokon. Tartaglia is ilyenféle dolgokkal foglalkozott. A köb plusz dolog egyenlő szám (azaz x3 + bx + c = 0 alakú) egyenletek általános megoldási módszerét ezek megoldhatóságáról tett egy könnyed kijelentésének és a rá következő matematikai párviadalnak köszönhetjük (a módszert Tartagliának valójában csak a viadal előtti éjjelen sikerült összehoznia). Tudását titoktartási fogadalom mellett átadta a téma iránt nagyon is érdeklődő orvosnak, Caidanonak, aki ezt megtartotta egészen addig, amíg egy hagyatékban rá nem lelt a képletre. Ekkor viszont (1545-ben) megírta az Ars magna sive de regulis algebraicist, melyben már általános megoldási eljárást ad az összes teljes harmadfokú egyenletre (az esetszétválasztásra még mindig azért volt szükség, mert a negatív számokat nem tekintették számnak), valamint közli barátja, Lodovico Ferrari módszerét is a negyedfokú egyenlet megoldására.

A reneszánsz algebra egyik kiemelkedő alakja Francois Víéte. In artem analyticam isagoge, azaz Bevezetés az elemzés (analízis, itt: algebra) tudományába (1591) c. fő művében egységesíti korának egyenletmegoldási eljárásait, és több olyan jelölést vezet be, melyeket a mai napig használunk. Ennek segítségével általános alakra hozva a harmadfokú egyenletek addig külön tárgyalt eseteit egyszerre tudta tárgyalni.

### 5. Algebrai geometria

A matematikát, mely a reneszánsz révén az újkorban önálló alakot öltött, legjobban talán a francia matematikus-filozófus katonatiszt, René Descartes munkája segítségével jellemezhetnénk. Leghíresebb könyvének (Discourse de la méthode pour bien conduire sa raison et chercher la verité darts le sdences, azaz Értekezés az értelem helyes vezetésének és a tudományos igazság keresésének módszeréről 1637) a függelékeként közreadott Geometria (La Geometrie) az első modern matematikakönyv. Mitől modern? Egyesíti a görög geometriai és az arab algebrai hagyomány eredményeit, s így a geometriai problémákat új módon tudja kezelni.

Szövege lényegretörően a következőkkel kezdődik:

“A geometria bármely problémája könnyűszerrel bizonyos, a szerkesztéshez szükséges vonalak hosszának ismeretére egyszerűsíthető.”57

57The Geometry of René Descartes (eds: Smith, D. E.-Lathan, M. L., Dover, New York, 1954.

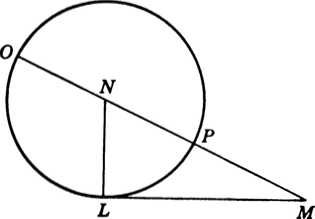
Célja kettős: egyfelől megszabadítani a geometriát a görbékkel való bajlódás nehézségeitől, másfelől pedig a geometriai értelmezés segítségével a technikán túlmutató jelentést adni az algebrai eljárásoknak. Így, noha többnyire az analitikus geometria fejlődéséről szóló fejezetekben szokták tárgyalni a matematikatörténetek, e mű hasonló joggal tart igényt az algebra vagy az analízis történetében betöltött helyének elismerésére. Vegyünk például egy Hvárizmi algebrájából ismert egyenletet:

gyök és a szám egyenlő a négyzettel.

és nézzük, hogy kezeli ezt Descartes! Alkalmas helyettesítéssel írjuk egyenletünket az

az +b2 = z2

alakba.



Az ismeretlen (z) megszerkesztését az ábra mutatja: állítsunk a b hosszúságú szakasz végpontjába (L) merőlegest, mérjünk fel rá a/2-t, és e pontban rajzoljunk kört a/2 sugárral. A kiindulásul szolgáló szakasz másik végpontját (M) és a kör közepét (N) összekötő egyenesnek a körrel vett metszéspontjai (O és P) lesznek a végpontjai az egyenlet két gyökét megadó szakaszoknak.

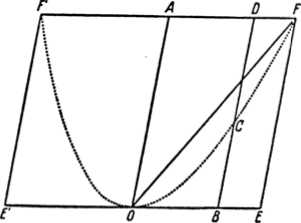
Descartes figyelmen kívül hagyja a negatív megoldást (ezt “hamis”-nak nevezi). Az egyenletek felírásakor az abc elejéről veszi a paramétereket, a végéről az ismeretleneket jelölő betűket. Ugyanazokat a szimbólumokat használja a kivonásra és összeadásra, mint mi. Ráadásul elszakad az antik hagyománytól abban is, hogy **nem tekinti már területnek a négyzetet és térfogatnak a köböt. Így gond nélkül összead és kivon egymásból különböző hatványokat**: erre mondják, hogy algebrai a szemléletmódja.

Az első könyv olyan problémákkal foglalkozik, melyek megoldásához elegendőek körök és egyenesek; a második könyv a geometriában tárgyalt görbék osztályozásával és tulajdonságaival, a harmadik pedig az egyenletekkel, gyökökkel és egyenlet-megoldási eljárásokkal. Módszere a geometriai problémák megoldására:

* megfogalmazza a feladatot az algebra nyelvén, egyenlet formájában,
* majd ezt algebrai átalakításokkal olyan egyszerűbb formára hozza,
* melyet már tud ábrázolni,

így a megoldás utolsó lépése ismét geometriai.

Kicsit hiányérzetünk támad az olvasáskor: hol vannak hát a koordináták, ahogy mi ismerjük őket? A könyvben nem találjuk a rendezett párokat, sőt, azt mondhatjuk, hogy Oresme latitudjai és longitudjai még mindig közelebb álltak a mai felfogásunkhoz, mint Descartes-é. Ő nem is hivatkozik az európai elődökre - nincs is közvetlen bizonyítékunk arra, hogy ismerte-e munkáikat -, annál inább az antik klasszikusokra. Geometriájának csúcspontja Papposz egy négy egyenesre és négy szögre vonatkozó mértani hely problémájának általánosítása.



Megközelítésmódja is sokkal közelebb áll az antik hagyományhoz. Ezért is vetették fel egyes matematikatörténészek (pl. J. L. Coolidge), hogy valójában már a görögök is felfedezték a koordinátageometriát. Arkhimédész például a következő módon definiálja a parabolát: egy paralellogrammából indul ki, és annak OA középvonalából, a parabolát pedig azokkal a pontokkal definiálja, melyekre BC:EF= B02:E02.

Hasonló összefüggést találunk - immár tételként - Apollóniosznál, aki a Kúpszeletekben szintén a görbék osztályozásával és tulajdonságaival foglalkozik. Látható a rokonság megközelítésmódjukban. Döntő különbség azonban Descartes és Apollóniosz (illetve Arkhimédész) között, hogy Apollóniosznál még semmiféle szerepet sem játszott az algebra, így a koordinátageometria egy lényeges motívuma hiányzik.

Descartes megközelítésmódjával azonban nemcsak a geometria, hanem a függvénytan sokat nyert, annak dacára, hogy nála nincs szó sem függvényről, sem a görbéjéről. A függvény fogalma egyszerűen nem játszott szerepet geometriájának kidolgozásában. Ennek ellenére munkája nemcsak az új ábrázolásmódot hozott. **Descartes elsőként definiálta (megfeleltetésként) a függvény fogalmát.**

### 6. A végtelenül kicsinyek (infinitezimálisok)

**Fermat** (1607-1665), aki szintén foglalkozott Apollóniosz és Papposz feladataival 1636-ban hasonló eredményekre jutott, s így Descartes-hoz (1596-1650) hasonló joggal tarthatnánk őt is a koordinátageometria felfedezőjének, bár ő csak egyszerűbb problémák megoldására szorítkozott. Egyesek szerint ő Oresme ábrázolástechnikájából indult ki, míg más matematikatörténészek (pl. Boyer) szerint egyszerűen a reneszánsz algebrát alkalmazta az antik problémákra. Abban mindenesetre egyetértenek a történészek, hogy a Viéte-féle jelölésekkel a kúpszeletek elméletét dolgozta ki új módon.

Nos, Fermat foglalkozott szélsőérték-problémákkal is. Descarteshez írott egyik levelében például Papposz egyik feladatát vizsgálta: adott egy téglalap két oldalának összege. Mekkorák legyenek az oldalak, hogy a maximális területet kapjuk? Papposznál a kérdés metszési probléma: az oldalak összege: a. a két oldal: a és a-x. Fermat a következő okoskodással oldja meg a problémát: a terület: x (a - x) = ax - x2. Most menjünk egy kicsit odébb a szakaszon. Ekkor a terület:

(x+ E) (a - x + E) = ax- 2Ex+aE - E2 – x2

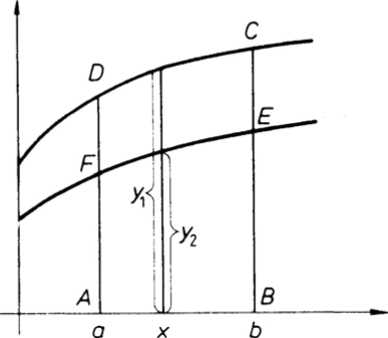
Nagyon kicsi elmozdulásnál a két terület végtelenül kicsiny mértékben tér el egymástól, így az aE - 2Ex - E2 = 0 egyenlethez jutunk, ezt E-vel osztva a - 2x-E=0, és mivel E végtelenül kicsi, a=2x. A megoldás tehát a négyzet.

Kicsit furcsának tűnhet az okoskodás, hogy valami azonos is meg nem is valami mással. Mégis, módszere lényegében a lim (f(x + E)-f (x))/E határérték meghatározásán alapul: azokat a helyeket kereste, ahol ez nullával egyenlő, így Fermat, ha úgy tetszik, nemcsak az analitikus geometria, de a differenciálszámítás felfedezőjének is tekinthető. Nem használta természetesen még a mi precíz fogalmainkat (ezek kidolgozásához majd kétszáz évre volt még szükség), ám a lényeg már megjelent munkáiban: **a változó kicsiny módosításával a függvényérték változásának figyelése.**

Van egy harmadik terület is, amelyen Fermat, ha nem is úttörő, de jelentős szerepet játszott. Már 20 évvel Cavalieri oszthatatlanjainak megjelenése előtt nemcsak az y = xn alakú görbék érintőit tudta megadni, de a görbe alatti területet is.

Fermat-val egy időben másoknál is megjelennek a végtelenül kicsiny mennyiségek. A reneszánsz ugyanis a mozgás vizsgálatában is új gondolatokat hozott. A Merton College eredményei után Tartaglia (De substilitate, 1551, Opus nóvum, 1570) az ágyúlövedékek pályáját, Benedetti pedig a szabadesést vizsgálva jutott új, az arisztotelészi fizikával ellentétes eredményekre. Az ő eredményeikre támaszkodva Kepler a bolygók mozgását vizsgálva egy olyan technikát alkalmazott, amit korábban a boroshordók térfogatának meghatározására dolgozott ki (Stereometria doliorum vinorum, 1615). A hordó térfogatát az alapkör sugara mentén olyan szeletekre bontotta, melyekkel azonos térfogatúak együtt egy hengerszeletet adtak, így az össztérfogatot már könnyűszerrel meg tudta határozni. Kepler szeretett volna olyan számítási eljárást találni, mellyel leegyszerűsíthette volna a rengeteg számolást, amit az apró területek összegzése jelentett. Ez a módszer - az integrálszámítás - hamarosan meg is született.

Kialakulásában fontos szerepet játszott Galilei egyik tanítványa, Bonaventura Cavalieri (Geometria indivisibilius continuorum nova quadam ratione, azaz Az új módon kifejtett oszthatatlan folytonos mennyiségek geometriája, 1635), aki hasonló szeletek sokaságának tekintve az alakzatokat, a terület- és térfogatszámítás egy új elméletét dolgozta ki. Emlékszünk még Arkhimédésznek arra az ötletére, hogy a parabolaszelet területét párhozamos húrjaira bontva vizsgálja? Cavalieri ezeket oszthatatlanoknak tekintette (hogy utaljunk ismét a Bradwaidine-nél már említett kontinuumvitára), ugyanakkor úgy vélte, ezek a végtelenül kicsiny szeletek a teljes alakzatnál eggyel alacsonyabb dimenziójúak. A vonalak alkotják a síkidomot és síkidomok a testeket.

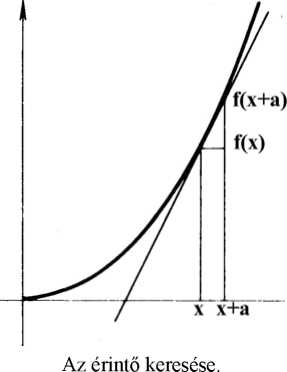


Cavalieri elgondolása.

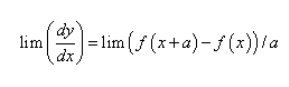
Így nyilvánvaló, hogy a területek (vagy térfogatok) aránya azonos lesz e szeletek összegzett hosszának (ill. területének) arányával: az ábrán TABCD:TABEF = 1:2.

Mielőtt tovább lépnénk az integrál- és differenciálszámítás fejlődésének taglalására, említsük meg <<<(((Fermat -FÁ)))>>> kiemelkedő szerepét a század negyedik nagy újítása, a valószínűségszámítás kidolgozásában. Pascallal folytatott levelezésében a szerencsejátékok olyan régóta ismert problémáira keresték a választ, mint pl. hogyan kell felosztani a nyereségalapot a játékosok között, ha a játék menet közben megszakad. Fermat és Pascal több olyan megoldási eljárást is kidolgoztak, melyek későbbi általánosításukkal a valószínűségszámítás alapjaiul szolgáltak.

Pascalnál maradva, a szélsőérték vizsgálata izgalmas kérdés akkor is, amikor egy görbéhez húzott érintő meredekségét próbáljuk meghatározni. Az érintő a mozgás vizsgálatában azért érdekes, mert a mozgás pillanatnyi irányát mutatja. Ha az érintőhöz szelők segítségével közelítünk, az érintő ezek határhelyzetét jelenti, az „elpattanó egyenest”, amelynek már éppen csak egy közös pontja van a görbével (természetesen nem minden ilyen helyzetű egyenes lesz érintő). A görbület változásának pontjaiban (inflexiós pontok) az ilyen egyenes metszi a görbét. A görbület vizsgálatával azonban ezek az esetek szétválaszthatok.



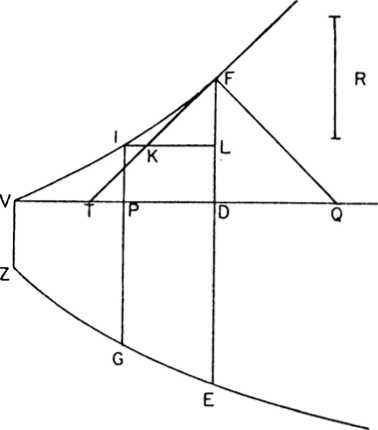
Az érintő keresésekor tehát a szelők határhelyzete a



határérték meghatározását jelenti. Ez a differenciálhányados az (x,f(x)) pontban (ld. az ábrát).

A differenciálhányados keresésének inverz művelete: adott a differenciálhányados, és keressük azt a görbét, melynek az adott pontban épp ez az érintője. Nem triviális. Erre vonatkozik a Newton-Leibniz-tételként ismert összefüggés, melyet az analízis alaptételének tartanak. E tétel inkább csak a nagy mesterekre való tekintettel viseli e két kiváló tudós nevét. Az összefüggés már ismert volt Newton tanára, Isaac Barrow előtt is, aki 1699-ben megjelent Lectiones geometricae c. munkájában közölte azt:

“Legyen ZGE tetszőleges görbe VD tengellyel, és legyenek e tengelyre merőleges ordináták a VZ ordinátától kezdve folyamatosan növekvőek; legyen továbbá VIF egy olyan görbe, hogy ha a VD-re állított merőleges EDF egyenes E és F pontban metszik a görbéket, VD-t pedig D-ben, a DF és egy adott R által alkotott téglalap egyenlő a közrezárt VDEZ területtel, valamint legyen DE:DF = R:DT, és vegyük TF egyenest. Ekkor TF érinti a VIF görbét.”58



Barrow ábrája.

Hát, azt hiszem, aki ismeri az analízis alaptételét, nem erre számított. Bizony gondolkodni kell azon, valóban ekvivalensek-e. (A kedves olvasó akár le is ellenőrizheti, tud-e olyan értelmezést adni a fentieknek, melyből kijön a kérdéses tétel. Az világos, hogy van egy területet jellemző függvény, amelynek az érintőjéről mond valamit. De mit is?)

Még ha nem is tökéletesen a mai formájában, de már a kezünkben van az integrál- és differenciálszámítás összefüggése, csak éppen még egyik sem számítás. Ehhez az kell, hogy ne legyen szükség egyedi ötletekre, ha szembekerülünk egy konkrét feladattal. Legyen egy általános eljárás, mellyel bizonyos típusú feladatok megoldhatók, és el lehessen dönteni, hogy egy feladat az adott típusba tartozik-e. Ezt az általános megközelítésmódot találta meg Newton és Leibniz egymástól függetlenül. Newton már 1665-ben használta, ám csupán heurisztikus eljárásként, mivel logikai megalapozása még nem volt tiszta. Leibniz viszont publikálta saját technikáját 1684-ben (nem mintha ez sokkal világosabb lett volna). Mindketten infinitezimális (végtelenül kicsiny) mennyiségekkel számoltak, és ezek alkalmazása, ahogy azt George Berkeley a The Analyst c. munkájában megvilágította, nem volt éppen mentes a logikai hézagoktól.

A XVIII. század matematikusai igyekeztek alkalmazni e technikákat, ügyesen bűvészkedtek, osztottak, szoroztak az infinitezimálisokkal. (Ami itt problémát jelent, az az, hogy mikor lehet számolni velük mint 0-nál nagyobbal, és mikor lehet elhagyni őket, illetve ennek speciális eseteként az osztás: ha valamit az egyik lépésben nullának tekintünk, hogyan tudunk vele osztani?) E téren a Bemoulli fivérek és L' Hospital márki eredményei mellett fontos megemlítem Leonhard **Euler** munkásságát. Három könyvet írt az analízisről: egy bevezetőt (1748), egyet a differenciál- (1755) és egy négykötetest az integrálszámításról (1767-1770). Ez utóbbi tartalmazza a differenciálegyenletekre vonatkozó, s a természettudományok fejlődésére oly nagy hatású ismereteket is. Könyvei összefoglalták mindazt, amit akkoriban e tárgykörben tudni lehetett. Ő adta meg az n-edrendű diffemciálegyenletek elméletének általános fogalmi kereteit is. Johann Bernoulli, Euler és Lagrange új analitikus módszereket dolgoztak 58 ki fizikai problémák megoldására, így nemcsak a tiszta, de az alkalmazott matematika szempontjából is különösen jelentősek munkáik. A differenciál- és integrálkalkulus szigorú megalapozása azonban a határérték, a folytonosság és a valós szám fogalmának definiálásával, konvergenciakritériumok megadásával Augustin Louis Cauchy munkái (Courese d’analys, 1821) és Carl Weierstrass berlini előadásai révén majd a XIX. század vívmánya lesz.

## D. A klasszikus mechanika kialakulása *(Szegedi Péter)*

A klasszikus mechanika kialakulása több egymással párhuzamosan futó, egymással kölcsönhatásban lévő folyamattal együtt ment végbe. Ezek egyike a csillagászat fejlődése, amelyet a B) fejezet tárgyalt, és amelynek során a bolygópályák kutatásának eredményeként a Föld kikerült a Világegyetem középpontjából. Ebben a fejezetben e folyamatok közül érinteni fogjuk a tudományos módszerek meghonosodását, a mechanikai részismeretek halmozódását és ezek szintézisének lényegét. Kitérünk az új tudomány jellemzésére és hatásaira is.

### 1. A tudományos módszer

A középkori felfogás alapja a csillagászathoz hasonlóan a földi tudomány - így a fizika és azon belül a mechanika esetében is az arisztotelészi világkép volt. <<<(((egy ilyen hatású elme, ha nem fegyverrel vagy álnoksággal érte el népszerűségét, akkor értelmetlenség olyan destruktív megjegyzéseket tenni, mint amik elő-elő fordulnak tanulmánykötetben. -FÁ)))>>> A mechanikai mozgásokra vonatkozó állításaival kapcsolatban azonban különböző módosításokat javasoltak egyes - általában elszigetelten dolgozó - tudósok (akik többnyire egyházi személyek voltak). Emlékeztetünk rá, hogy Arisztotelészt elsősorban az érdekelte, hogy **miért mozognak a testek**. <<<(((az oksági láncolat paradoxonokat kerülő megnevezése volt a nagy újítása -FÁ)))>>> Számára sem elméleti, sem gyakorlati haszna nem volt a mozgások (pl. egy kő leesése) pontos leírásának. Viszonylag természetesnek látszott, hogy két ló fele annyi idő alatt húz el egy testet adott távolságra, mint egy ló, vagy, hogy a nehezebb testek gyorsabban esnek le, ha felemeljük őket. Ezzel kísérletezni azonban nem látszott érdemesnek. <<<(((Pont ez a kötet tisztázza számtalan helyen, hogy megfelelő fogalmi apparátus nélkül a tapasztalati ismeretek kiértékelése lehetetlen. Mi az, hogy nem látszott érdemesnek kíséreltezni? Nem voltak meg hozzá a fogalmi előfeltételek. -FÁ)))>>> És még ha érdemesnek is tartotta volna valaki ilyen megfigyeléseket végezni, például az időmérés nehézkessége és pontatlansága megakadályozta volna, hogy használható eredményekhez jusson.

Az eltelt évszázadok fejlődése - gondolunk itt elsősorban a kézművességre, építészetre és hasonló tevékenységekre (valamint ezeken belül a fejlődő munkamegosztásra) - azonban egyre több területen megkövetelte <<<(((nem megkövetelte, mert hiába követelte korábban, hanem felhasználhatta immár …, volt mit felhasználni. -FÁ)))>>> a mérést és annak növekvő pontosságát. A kézművességnek ez a fejlődése a mérési módszerek és eszközök javulása mellett további lehetőségeket is felkínált a tudomány számára. <<<(((ez már egy visszacsatolási fejlemény, amihez azonban az eredendő input elengedhetetlen volt. -FÁ)))>>> Egyrészt példaként állította tevékenysége bizonyos jellemzőit (rendszeresség, gondosság, pontosság, célszerűség stb.); másrészt rendelkezésre bocsátotta a felhalmozódott ismereteket (pl. a különböző anyagok tulajdonságairól); harmadrészt átadta a létrehozott eszközöket, illetve technológiájával lehetővé tette a meglévő eszközök tudományos célú átalakítását és újak előállítását; negyedrészt **egyre inkább megteremtődött annak lehetősége és szükségessége, hogy a tudomány a gyakorlatban (termelésben, háborúban stb.) is felhasználható eredményeket produkáljon**; ötödrészt e fejlődés (amely a földművelés eredményességét is javította) az életszínvonal emelkedésével, a városiasodással és más tényezők révén hozzájárult a tudomány (egészen konkrétan például a tudósok számának) mennyiségi növekedéséhez is.

Mindezekkel együtt szélesebb körűvé vált az oktatás, de még a nyomtatás feltalálása is fontos lépés volt a tudomány előrehaladásában. Létrejöttek az első egyetemek és a tárgyalandó időszakban először Rómában, majd Angliában és Franciaországban már tudós társaságok (akadémiák) is. A tudomány tehát elindul az intézményesedés útján. Az informális kapcsolatok (levelezés, látogatások) is egyre általánosabbá válnak. Megváltozik a tudomány és a társadalom kapcsolata, ezen belül az embereknek - köztük maguknak a tudósoknak - a tudományról alkotott képe is. Elterjedt annak a tudósnak az ideálja, aki nem csupán spekulál, filozofál, hanem pontos megfigyeléseket végez és mér is. Kidolgozásra kerültek közös módszerek, létrejön egy olyan - a többség által követésre méltónak tekintett módszertan, amely azelőtt nem nagyon volt jellemző (ilyen közös, de az alábbiakban vázolttól eltérő módszertan legfeljebb bizonyos mértékig a geometriában és a csillagászatban jelent meg korábban).

A természettudományhoz szorosan kapcsolódva megjelentek olyan filozófiai koncepciók, amelyek nem közvetlenül a természetről alkottak képet, hanem az azzal foglalkozó tudományokról. Modem kifejezéssel élve, ismeretelméleti vagy még inkább - tudományfilozófiai elméletekről van szó, utóbbiban azonban a “tudomány” az esetek döntő többségében természettudomány. Ezek az elméletek (esetleg rejtett) előfeltevésként többnyire tartalmazták a magáról a természetről alkotott elképzeléseket is.

#### A. Az empirikus, induktív módszer: Bacon és Galilei

A közös módszertan egyik összefoglalójaként először Francis Bacon (1561-1626) angol filozófust kell megemlítenünk. Az általa kifejtett módszer az ún. **induktív módszer**, ami egyes tapasztalt tények, gyakori esetek alapján való általános következtetést jelent.

<<<(((

Arisztotelesz munkássága fémjelzi a szaktudományok kialakulásának kezdetét, az ahhoz szükséges minimális ismeretelmélet, filozófia kialakulását, meglétét – amit továbbiakban meglévőként előfeltételeznek.

Első lépcsőben a deduktív axiomatikus matematika jött létre érett szaktudományként (a csillagászat is látványos volt, de ott a szférák gondolatát csak a középkorban hagyták el) – az axiomatika szabályait a továbbiakban ismertnek feltételezték.

Spanyoloknál 1200 körül már külön kifejezés van az elméleti és a gyakorlati tudomány megkülönböztetésére – a gyakorlati kérdések megoldásában a tudományos alapok létét, megismerhetőségét feltételezték.

Francis Bacon a tapasztalati tudományokban az egyes tényekből próbál általánosítani – ismertnek feltételezve

az ontológiai és ismeretelméleti általános alapokat,

az axiomatika elvét (nem-bizonyítandó és bizonyítandó elválasztottságát),

gyakorlati kérdésekben a rendelkezésre álló általános tudományos hátteret …. –

Az indukció ezen általános előfeltételeit manapság a paradigma homályába vissza szorultnak és explicit nem nagyon tárgyalhatónak, sőt tárgyalását feleslegesnek tekintik legtöbben. -FÁ)))>>>

A tapasztalatokra támaszkodás miatt **empirikus módszernek is nevezik**. Bacon Nóvum Orgánuma59 szerint a jó tudós az ismeretek “termelése” során eszközöket használ:

59Francis Bacon: Nóvum Orgánum I. Aforizmák a természet magyarázatáról és az ember uralmáról (Művelt Nép, 1954).

II

“A puszta kéz és az önmagára hagyatkozó értelem egyaránt keveset ér: szerszámra és segédeszközre van szüksége az értelemnek éppúgy, mint a kéznek. És amint a kéz szerszámai kiváltják vagy irányítják a mozgást, éppúgy segítik vagy óvják az értelmet az elme szerszámai.”

Eszköztárának legfontosabb elemei pedig a gyakorlati tapasztalatszerzés (megfigyelés, kísérlet):

LXX

“A legjobb bizonyítás a tapasztalat, feltéve, ha kísérletekre támaszkodik....”

és a fokozatos indukció, vagyis egyre általánosabb tételek kikövetkeztetése.

XIX

“Két úton (és csak e két úton) kutatható és lelhető fel az igazság. Az egyik az érzékektől és az egyeditől a legáltalánosabb érvényű axiómákhoz rohan és sziklaszilárd igazságnak tekintve ezeket az elveket, belőlük vezeti le és fedezi fel a középső axiómákat. Ez a jelenleg járt út. A másik az érzékek és az egyedi tények segítségével folyamatosan, lépésről lépésre szűri le az axiómákat, hogy a legvégén jusson el a legáltalánosabb elvekig. Ez az igazi út, csakhogy nem próbálja ki senki.

XXII

Mindkét út az érzékekből és egyes tényekből indul ki, és a legtágabb általánosságokban ér célba. <<<(((ontológiai teljességben ez a kijelentés hamis. Ha megfelelően szűken értelmezett praktikus részkérdésekről szól, akkor lehet helytálló. Ami az induktív axiomatikához előfeltételként kellett, az a filozófiailag megalapozott deduktív axiomatikus elméleti háttér, amelytől a praktikus szaktudományok már elkülönültek. Ekkor lehet értelme Bacon leszűkített horizontú tételeinek. -FÁ)))>>> Hatalmas különbség van mégis közöttük: az egyik csak futólag érinti a tapasztalást és az egyes tényeket, a másik helyesebben, rendszeresen mélyed el bennük; az egyik azzal kezdi, hogy bizonyos elvont és haszontalan általánosságokat állapít meg: a másik lépésről lépésre jut el a természetben valóban leginkább közös elvekig.”

Emellett harcol a szubjektivizmus több formája ellen:

XXXVIII

“A ködképek és helytelen fogalmak régen megszállták az emberi értelmet, mélyre eresztették gyökerüket, és nemcsak az utat nehezítik meg az emberi elmének az igazsághoz, hanem, ha már nyitva áll is az út, újból felütik fejüket és hátráltatják a munkát a tudományok megújítása közben; ezért figyelmeztetni kell az embereket, hogy a lehetőségekhez képest vértezzék fel magukat ellenük. <<<(((ennek nincsen tudományosan értelmezhető jelentése, ezek a mondatok Bacon érzelmi világáról mondanak valamit. Nem egészen világos, hogy ebben a tudományfilozófia történeti tanulmánykötetben mi értelme van Bacon érzelmi metaforáit közölni pszichológusi elemzés nélkül. -FÁ)))>>>

XXXIX

Négyfajta ködkép tartja hatalmában az emberi elmét. Érthetőség kedvéért a következő nevekkel ruháztuk fel őket: először a törzs ködképei; másodszor a barlang ködképei: harmadszor a piac ködképei; negyedszer a színpad ködképei.

XL

A ködképek végleges szétoszlatásának leghatékonyabb eszközei természetesen az igazi indukció útján alkotott fogalmak és axiómák, de már az is nagy haszonnal jár, ha a ködképekre felhívjuk a figyelmet. ...

XLI

A törzs ködképei hozzátartoznak az emberi természethez, az emberek törzséhez, az emberi nemhez. Mert helytelen az az állítás, hogy az emberi érzékek a dolgok mértékei; éppen ellenkezőleg: mind az érzékek, mind az elme képzetei az ember hasonlatosságára, nem a világegyetem hasonlatosságára jönnek létre. Az emberi értelem pedig görbe tükre a tárgyak sugarainak: saját természetét a dolgok természetével összekeverve eltorzítja és meghamisítja a dolgokat. <<<(((objektivitás illúzió áldozata -FÁ)))>>>

XLII

A barlang ködképei az egyénnek, az embernek ködképei. Az emberi természet általános tévedésein kívül ugyanis mindenkinek megvan a maga egyéni ürege, vagy barlangja, mely megtöri és beszennyezi a természet fényét aszerint, hogy kinek milyen az egyéni természete, milyen neveltetésben részesült, kikkel érintkezik, mit olvas, kiket tisztel és csodál, milyen tekintélyeket ismer el, milyen éltető módon hatnak rá a benyomások, aszerint, hogy gondterhelt és elfogult lélekkel, vagy háborítatlan nyugodt szellemmel fogadja őket stb.; világos tehát, hogy az emberi lélek hajlandóságai egyénenként igen változók, zavaró behatásoktól soha nem mentesek és úgyszólván a véletlen uralkodik rajtuk. Helyesen mondja tehát Hérakleitosz, hogy az emberek a maguk kis világában keresik a tudást és nem a nagy, közös világban.

XLIII

Bizonyos ködképeket szinte az emberi nem kapcsolata és társas élete hoz létre: ezeket az emberek érintkezése és együttélése miatt a piac ködképeinek nevezzük. Az embereket ugyanis a beszéd gyűjti társaságba, a szavak viszont az átlagos felfogóképesség szerint alakulnak ki. Ezért a helytelenül és ügyetlenül kialakult szavak szembeötlő módon béklyóba verik az értelmet. Ezen a bajon mitsem enyhítenek a tudósok védekezésképpen alkotott meghatározásai és magyarázatai, sőt épp a szavak tesznek erőszakot az értelmen, a szavak zavarnak össze mindent és bonyolítják az embereket megszámlálhatatlan hiábavaló vitába és szószaporításba. <<<(((ez egy orvosi zárójelentésbe illik bele -FÁ)))>>>

XLIV

Végül bizonyos ködképek különféle filozófiai dogmák vagy torz bizonyítási módszerek hibájából gyökeresednek meg az emberi gondolkodásban. Ezeket a színház ködképeinek nevezzük, mert véleményünk szerint, ahány filozófiai irány felmerült vagy polgárjogot nyert, ugyanannyi színdarab készült el és került bemutatásra: megannyi képzeletben és színpadra illő világ....”

Bacon elemzi ezeket a ködképeket (idolumokat), példákat mond iájuk.

XLV

“Az emberi értelem jellegzetessége, hogy nagyobb rendet és egyenletességet tételez föl a dolgokban, mint amilyent valóban talál, és bár a természetben sok az egyedi és egyenetlen, mégis nem létező párhuzamokat, megfeleléseket és vonatkozásokat vél felfedezni mindenütt. Ilyen az az előítélet, mely névleg elismeri a csavar- és hullámvonalakat, mégis azt állítja, hogy az összes égitestek tökéletes körpályán mozognak. ...”

Ez példa volt a törzs ködképeire, a színházéra pedig kéznél van Arisztotelész, a babona, a teológia. Általában e szubjektivitások elleni fellépése bizonyos párhuzamba állítható Giordano Bruno (1548-1600) nézeteinek konzekvenciáival.

A tudós munkáját Bacon a hangyával és a pókkal szemben a méhhez hasonlítja.

xcv

“Akik elmélyedtek a tudományban, vagy empirikusok voltak vagy dogmatikusok. Az empirikusok egyre csak gyűjtenek, mint a hangya, és felélik, amit gyűjtöttek; a racionalisták önmagukból szőnek fonalat, akár a pók. Pedig a méh választja kettejük között a helyes utat, mert a kert és a mező virágaiból hordja össze anyagát, de saját képességeinek megfelelően alakítja át és rendezi el. Ehhez hasonlít a filozófus műhelye is, ha jól van berendezve: nem csupán és nem is elsősorban az elme erejére támaszkodik, de a természettudomány és a mechanikai kísérletek anyagát sem raktározza el teljes egészében emlékezetébe, hanem értelmével feldolgozza és rendszerezi. A kísérleti és értelmi adottságok (eddig hiányzó) szorosabb és szilárdabb egységére kell tehát reményeinket alapítanunk.”

Bacon egyik honfitársa és követője az empirista-induktivista módszertanban, a filozófus Thomas Hobbes már igen közel kerül a mechanikához. Szerinte a világ testek rendszere, és a filozófia e testekkel foglalkozik, mégpedig a természetes és mesterséges testekkel, utóbbin az államot és a társadalmat értve. A lélek vagy szellem szintén csak mint test létezik. A testek mozognak, vonzzák és taszítják egymást, ez pedig az oksági láncolaton keresztül követendő. A tudomány mintaképe a geometria.

A baconi eszmék tudományban való tényleges létezésének-Bacon vagy akár Hobbes ugyanis nem nagyon művelte ténylegesen a természettudományt - kiemelkedő példája **Galileo Galilei** (1564-1642) olasz fizikus munkássága. Őt tartják a kísérleti fizika megalapítójának, ami egy kicsit nyilván túlzás, hiszen a kísérletezést nem Bacon vagy Galilei találta ki, elszigetelt kísérleteket már a görögök is végeztek, erre a korra pedig ez szinte benne volt a levegőben (ráadásul Galilei a neki tulajdonított kísérletek egy részét - pl. a testek ejtegetését a pisai ferde toronyból - nem is végezte el). Tagadhatatlan azonban, hogy az olasz fizikus volt az, aki - bár bizonyos vonatkozásokban még arisztoteliánus nézeteket vallott - több területen nagyon konkrétan megmutatta, hogy a tudományban megfigyeléseket kell folytatni, az azokon alapuló fogalomalkotásnak, a felállított hipotéziseknek az ellenőrzésére pedig megfelelő kísérleteket kell végezni. A kísérletek révén azután törvényeket lehet felállítani (1. baconi indukció). Ezek megfogalmazásához Galilei szerint a matematikát kell segítségül hívni.

Galilei óriási tehetséget mutatott fel a rendelkezésére álló lehetőségek azonnali kihasználásában. Mint említettük, a csillagászat fejlődéséhez például azzal járult hozzá, hogy - hallván a távcső lehetőségéről - feltalálta a később róla elnevezett távcsőtípust, és amellett, hogy bemutatta az úri közönségnek földi használhatóságát, majd sorozatban gyártotta a távcsöveket, azonnal az ég felé is fordította, rövid időn belül felfedezve a Nap foltjait, a Jupiter holdjait, a Tejút csillagait, a Hold hegyeit és a Vénusz fázisait, amely felfedezéseivel nagymértékben hozzájárult a kopernikuszi heliocentrikus rendszer realitásának bizonyításához60 és a fentebb vázolt világképi váltáshoz, az égi és a földi jelenségek egymáshoz közelítéséhez. Ami a szóban forgó mechanikát illeti, az olasz tudós egyebek mellett felismerte, hogy Arisztotelész nézeteivel ellentétben a leeső testek egyformán - tekintet nélkül a súlyukra - mozognak, megállapította a szabadesés törvényeit stb.61 Galilei nézeteinek - és ezzel módszereinek - propagandistája is volt, hiszen tevékenységének egy része a nyilvánosság előtt folyt, pere is felhívta rá a figyelmet, és végül tanítványai - pl. Evangélista Torricelli (1608-1647), a higanyos barométer feltalálója és a légnyomás felfedezője - ugyanezen az módszertani alapon próbálták meg munkáját tovább vinni.

60A kopernikuszi rendszer melletti érveiből részletek olvashatók: Galilei: Párbeszédek a két legnagyobb világrendszerről, a ptolemaiosziról és a kopernikusziról (Kriterion, Bukarest, 1983).

61Mechanikai eredményeinek összegzése megtalálható: Galileo Galilei: Matematikai érvelésekés bizonyítások két új tudományág, a mechanika és a mozgások köréből (Európa, Budapest, 1986).

<<<(((Nem lehet általános szabályként szó szerint venni nagy felfedezők, feltalálók, stb saját fogalmazásait. Utólag ha tájékozódni akarunk keresni kell az összképet, a „teljes halmazt”, amelynek részeként értelmezhetők a maradandó megállapítások. – Nem szabad tehát túlterhelni utólagos értelmezéssel sem filozófiai, sem fizikai vagy más területek meghatározó szereplőinek megállapításait. Mindig az adott helyzettől függ hogy mit tekinthetünk teljes halmaznak és mit részterületnek. S a kritika, a visszacsatolás eredményeként lehet a kiinduló személetet korrigálni, például adott összefüggésben változtatni a tárgyalni való, a figyelembe veendő teljes halmaz lehatárolását. -FÁ)))>>>

#### B. A deduktív módszer: Descartes

Bacontól részben eltérően, egy - a tudományban alkalmazható - másik módszerre teszi a hangsúlyt René Descartes francia filozófus, matematikus és fizikus. Ő az ész - a ráció - mindenhatóságából indul ki.

“Egyedül az értelem képes az igazság felfogására, de kell, hogy segítségére legyen a képzelet, az érzékek és az emlékezet, nehogy véletlenül elhagyjunk valamit, ami képességünkben rejlik.62

62Descartes: Válogatott filozófiai müvek (Akadémiai Kiadó, Budapest, 1961).

Az általa követett módszertani elvekről a következőképpen számol be:

“Az első az volt, hogy soha semmit ne fogadjak el igaznak, amit evidens módon nem ismertem meg annak: azaz, hogy ... semmivel többet ne foglaljak bele ítéleteimbe, mint ami oly világosan és határozottan áll elmém előtt, hogy nincs okom kétségbe vonni

A másik az volt, hogy a vizsgálódásaimban előforduló problémát annyi részre osszam, ahányra csak lehet és a legjobb megoldás szempontjából szükség van.

A harmadik az, hogy olyan rendet kövessek gondolkodásomban, hogy a legegyszerűbb és a legkönnyebben megismerhető tárgyakkal kezdem, s csak lassan, fokozatosan emelkedem fel az összetettebbek ismeretéhez...

Az utolsó pedig az, hogy mindenütt teljes felsorolásokra és általános áttekintésre törekedjem, s így biztos legyek abban, hogy semmit ki nem hagytam.”

Descartes tehát - a kötelező módszeres kételkedést feloldva - az elme által evidensnek (tisztának és megkülönböztetettnek vagy határozottnak) tartott igazságokra kívánja alapozni a tudományt. Ezekből kell levezetni - dedukálni - a konkrétabb tételeket. **A racionalista irányzat alapvető módszere így a dedukció.** Ez az eljárás akkor is és ma is legkönnyebben nyilván a matematikával párosítható. Descartes - Galileihez hasonlóan - maga is sokat tett azért, hogy a matematika módszerei használhatók legyenek a fizikában (gondoljunk csak a Descartes-féle koordináta-rendszerre és az analitikus geometriára).

### 2. A mechanika programjának kitűzése

Descartes mint filozófus a világ összes jelenségét kétféle létezőre vezette vissza: az anyagra (rés extensa) és a szellemre (rés cogintans). E dualista felfogásban az előbbi alaptulajdonsága a kiterjedés (a testeknek ez a tulajdonsága jelentkezik tisztán és világosan, a többi - szín, hőmérséklet stb. - lehet érzéki csalódás is), az utóbbié a gondolkodás (emlékezzünk a híres “Cogito, ergo sum.”-ra!). Mint fizikus, azt a célt tűzte ki, hogy a fizika számára fontos világot - teliát az anyagot - a testek alaptulajdonsága - tehát a kiteijedése, másképpen alakja vagy formája - és mozgása segítségével kell leírni. Az ún. kartéziánus fizikafelfogásra jellemző ezen kívül még a közelhatás, vagyis az az elképzelés, hogy a testek csak közvetlen érintkezéssel képesek hatni egymásra, amire annál inkább megvan a lehetőség, mert Descartes szerint a világ teljesen ki van töltve anyaggal, és például a bolygók mozgását ennek az anyagnak az örvénylései okozzák. A közvetlen érintkezés révén a testek mozgása áttevődik más testekre, maga a mozgás megmarad. (Hogy ez a ma már bevett fizikai mennyiségek - impulzus, impulzusmomentum, energia - szempontjából mit jelent, az akkor még nem volt világos.)

Descartes tehát megadja azt a programot, amelyet szerinte a fizikának, illetve egyáltalán a tudománynak be kell teljesítenie. O maga e programot nem tudja megvalósítani, például a testek ütközéseire vonatkozó meggondolásai csak részben voltak eredményesek. Ezen a területen, továbbá az inga- és körmozgás tanulmányozásában a sokkal kevesebbet filozofáló Huygens jutott túl Gabiéi és Descartes tézisein, megalapozva a dinamika tudományát.

Mielőtt azonban a konkrétumokra térnénk, megemlítjük, hogy a filozófia területén Descartes legközvetlenebb követője talán Benedictus de Spinoza, a Portugáliából Hollandiába bevándorolt zsidó család optikus-filozófus fia volt. Eredeti neve Baruch de Espinoza, de miután a hitközség filozófiai nézetei miatt kitagadta, írásait a fenti néven adta ki. Spinoza változatában a kiterjedés és a gondolkodás egyazon szubsztancia egyenrangú attribútumai, leglényegesebb tulajdonságai. Ez az egyetlen szubsztancia (a nem személy jellegű) Isten és egyben a (teremtő) természet. Külső mozgatóra tehát nincs szükség, az anyag önmaga oka (causa sui). A világban az okság, a szükségszerűség uralkodik, a folyamatok, történések teljesen determináltak, változhatatlan törvények szerint mennek végbe. A véletlen csupán ismereteink hiányosságából fakad. A mechanikai determinizmus első megfogalmazásai Spinozánál találhatóak

### 3. A részletek kidolgozása

A mechanika tudományába sorolható problémák mindig foglalkoztatták a gondolkodókat, és különböző részeredményeket is elértek az ókor óta. Lehetetlen lenne akár csak felsorolni is mindazokat, akik bizonyíthatóan töprengtek ilyen kérdéseken. Ezen tudósok jó része esetleg csak egy-egy igen piciny lépést tett meg a fizikában, amelyet a történetírások nagy része nem is tart számon. Sokszor az elhanyagolás jogosnak is tűnik, mert az illető munkássága nem került be a tudomány vérkeringésébe, hiszen sokan másoktól teljesen elszigetelten dolgoztak, mások, ha tudták volna, sem akarták nyilvánosságra hozni eredményeiket.

A reneszánsznál kezdve például megemlíthetünk egy igen ismert személyiséget, aki rengeteget foglalkozott mechanikai problémákkal is, de ide vonatkozó eredményei a kortársak előtt lényegében ismeretlenek maradtak. Leonardo da Vinciről (1452 1519) van szó, aki a képző- és építőművészet mellett matematikával, mechanikával, fizikával (optikával, hidrodinamikával, hangtannal), csillagászattal, geológiával, botanikával, anatómiával és fiziológiával is foglalkozott, ha a mai nómenklatúrával kívánjuk megnevezni tevékenységi köreit. Ő a mechanikán belül már aXV. században vizsgálta a tehetetlenség, a hatás ellenhatás, a szabadesés, a vízszintes hajítás témaköreit, és az általa megismert törvények alapján gépeket - köztük repülő szerkezeteket - szerkesztett, erőátviteli problémákat oldott meg (kardántengely és lánc segítségével).

Őt - és még sok más gondolkodót - nem véletlenül foglalkoztatta a szabadesés és a hajítás problémája, hiszen ennek a kérdésnek rendkívüli jelentősége volt az ágyúzás szempontjából (háborúban pedig ebben a korban sem volt hiány). Niccolo Tartaglia (1500-1557) például a hajítást (az ágyúgolyó útját) három szakaszból állóként írta le: az elsőben a test egy ferde egyenes mentén emelkedik, a másodikban egy körívet ír le, végül pedig függőlegesen leesik. Már ebből a modellből is arra következtetett a XVI. század elején, hogy a 45°-os ferde hajítás visz a legtávolabb.

Giovanni Battista Benedetti (1530-1590) már a XVI. század közepén azt állította, hogy az azonos sűrűségű, de különböző súlyú testek vákuumban - ahol nincs ellenállás - azonos sebességgel esnek, megadta a centrális erő fogalmát és megfogalmazott egy tehetetlenségi elvet is. A hidrosztatikában leírta a közlekedőedényeket és a hidrosztatikai paradoxont.

Talán feltűnő, hogy az imént felsorolt gondolkodók, de a már korábban említett Bruno és Galilei, a kicsit később élő Torricelli, Francesco Maria Grimaldi (1618-1663) és Borelli mind olaszok voltak. Még azt is megemlíthetjük, hogy lényegében Kopernikusz is Itáliában tanult és élt, ebben a légkörben alakította ki tudományos életművét. Ennek magyarázataként arra kell utalnunk, hogy ahogy Itália általános társadalmi fejlődése kiemelkedővé tette kereskedelmét, kézművesiparát, irodalmát és képzőművészetét, ugyanúgy - e társadalmi állapot részeként - kiemelkedővé tette tudományos (és ezen belül egyetemi és akadémiai) életét is.

Természetesen a tudomány azért nem maradt olasz privilégium. Így például a polgári fejlődésben élenjáró Hollandia is biztosította a lehetőséget a tudományos kutatás számára, elég ha a legismertebbekre, Snelliusra (1591-1626) - eredeti nevén Willebrod van Snell - és Huygensre hivatkozunk, de megemlíthetjük Descartes-ot is, aki csaknem húsz évig Hollandiában dolgozott. Először azonban Simon Stevinről (1548-1620) - latinosan Stevinusról - kell megemlékeznünk, aki a matematika (tizedes törtek) mellett elsősorban a statikában ért el jelentős eredményeket. Ő vezette be az erőháromszöget (erőparalelogrammát), és 1586-ban megjelent könyvének címlapján például a ferde lejtőn megvalósuló egyensúly feltételeiről látható ábra.

Visszatérve az olaszokhoz, aki nem csupán módszertani példamutatásával, hanem gyakorlatilag is legtöbbet tett a mechanika fejlődéséért a XVI. század végén, a XVII. század elején, az Galilei volt. Az igen sokoldalú tudós - orvosnak készült, de inkább matematikával, geometriával, mechanikával, csillagászattal, optikával foglakozott - számos új technikai, kísérleti és elméleti eredményt ért el. Ezek az esetek egy jó részében nemcsak egyszerűen újak voltak, de ellent is mondottak kora felfogásának, holott korábban kollégái többségéhez hasonlóan ő is arisztoteliánus nézeteket vallott és ezek egy része élete végéig elkísérte. <<<(((továbbá ha jól tudom élete végéig alkimistának tekintette magát és alkímiai értekezéseket írt. -FÁ)))>>> Amiben azonban alapos változást hozott, az az volt, hogy **Galileit többé már nem a miért érdekelte, hanem sokkal inkább a hogyan.** <<<(((szemben Arisztotelesszel is, aki a miértre helyezte a hangsúlyt, tehát aki még nem foglalkozott sokat a praktikummal? Majd a szürakuszai Arkhimédész már foglalkozott a praktikummal is, de csak a soklasztika idején Spanyolországban születik meg fogalmilag az elmélet és gyakorlat tudományainak szétválasztása. Ez később elvezetett a tudomány és technika szétválásához. Ennek a folyamatnak volt része Galilei „hogyan” érdeklődése. -FÁ)))>>>

“Azt hiszem, nem ez a megfelelő időpont, hogy belebonyolódjunk annak vizsgálatába, mi okozza a természetes mozgások gyorsulását; egyébként az egyes filozófusok véleménye eltérő: vannak, akik arra vezetik vissza, hogy egyre közeledik a test a középponthoz, mások arra, hogy a közegnek egyre kevesebb része marad, amit szét kell választani; ismét mások a közeg bizonyos feszültségének tulajdonítják, szerintük ugyanis amikor a közeg a mozgó tárgy hátsó része mögött újra egyesül, állandóan nyomást gyakorol rá; ezeket a fantazmagóriákat meg a többit megvizsgálhatnánk ugyan, de semmi különösebb hasznot nem remélhetünk tőlük. Szerzőnk egyelőre megelégszik annyival, hogy nyomon kövesse és kiderítse az olyan gyorsuló mozgás néhány tulajdonságát - függetlenül attól, mi a gyorsulás közvetlen oka -, amelynél a nyugalomból induló test sebessége egyre nő, éspedig egyszerűen az idővel arányosan, ami annyit jelent, hogy egyenlő időintervallumok alatt egyenlő sebességnövekmények képződnek; és ha végül kiderül, hogy a bebizonyított állítások érvényesek a szabadon eső, gyorsuló súlyos testek mozgására, akkor elmondhatjuk majd. hogy önkényes definíciónk érvényes a súlyos testek mozgására, és igaz, hogy sebességük az idő múlásával, illetve a mozgás időtartamával arányosan nő.”63

63Lásd 132. lj. 183. oldal.

<<<(((Galilei elmélkedés, hogy nem érdekli miért, csak az hogy hogyan bele illeszkedik egy máig tartó sémába. Egy jelenségről mindent nem lehet megtudni. A feltehető kérdéseket addig szűkítik, minimalizálják míg egyértelműen megítélhető ismerethez nem jutnak. Ilyen eljárás matematikában a függvény analízis, deriválás, de ilyen az elméleti fizika számos megállapítása („minimalista megállapítása” – amiről a kevésbé jól értesültek el sem hiszik, hogy mennyire a sötétben tapogatózó sejtések). -FÁ)))>>>

Ez a kérdés Arisztotelész szemében alacsonyabb rendűnek tűnt, és ma is érvelhetnénk a miért kérdés fontossága mellett, az adott korban, a tudomány adott fejlődési stádiumában azonban - mint azt maga a történet bizonyítja - a kinematika feltétlenül szükséges előrehaladása érdekében a hogyan kérdés felvetése <<<(((a miért kérdés elhanyagolásával -FÁ)))>>> elengedhetetlen volt. Ennek felvállalása Galilei elvitathatatlan érdeme, még ha munkásságának egésze, annak értékelése ma is tudománytörténeti viták tárgya.

Ebből a szempontból legfontosabb munkája a szabadesés vizsgálata, ami végül a szabadesés törvényének felfedezéséhez vezetett. E jelenségkör kísérleti vizsgálatához született meg az a kiváló ötlete, hogy a folyamatot egy lejtőn lelassítva vizsgálja meg, ami lehetővé teszi a mérést még az adott - mai szemmel nézve igencsak kezdetleges - eszközökkel is. A kísérletet a Matematikai érvelések és bizonyítások... -ban következőképpen írja le:

“Kerestünk egy körülbelül tizenkét rőf hosszú, fél rőf széles, háromujjnyi vastag lécet, illetve deszkát, hosszában (az éle mentén) rendkívül egyenes, ujjnyi széles csatornát vájtunk, gondosan megtisztítottuk és megcsiszoltuk, majd a lehető legfinomabb, tökéletesen sima pergament enyveztünk bele; a csatornában pedig egy tökéletesen gömb alakú és sima bronzgolyót gurítottunk le. A léc egyik végét rögzítettük, a másikat pedig tetszésünk szerint egy- vagy kétrőfnyire a vízszintes fölé emeltük, és, mint említettem, hagytuk, hogy a golyó végig guruljon a csatornában; gondosan megmértük a teljes mozgáshoz szükséges időt (mindjárt megmondom, hogyan); a kísérletet számtalanszor megismételve meggyőződtünk róla, hogy a futási idők soha még a pulzusütés tizedrészével sem térnek el egymástól. Miután a kísérletet sokszor elvégeztük, és az eredmény mindig ugyanaz volt, úgy intéztük, hogy a golyó csupán a csatorna negyedrészén gurulhasson le; ismét megmértük a mozgáshoz szükséges időt, és megállapítottuk, hogy a lehető legpontosabban fele az előzőnek. A kísérleteket különböző részutakkal is elvégeztük, a teljes út megtételéhez szükséges időt előbb a fél, majd a kétharmad és a háromnegyed úthoz szükséges idővel hasonlítottuk össze, valamint más osztásokkal is; a méréseket legalább százszor megismételtük, és mindig az volt az eredmény, hogy a megtett utak úgy aránylanak egymáshoz, mint idők négyzetei, és ez igaz, akárhogyan rögzítjük is a sík, illetve a csatorna (ahol a golyó legurul) vízszintessel bezárt szögét; sőt azt is alkalmunk volt megfigyelni, hogy különböző hajlásszögek esetén a mozgáshoz szükséges idők pontosan úgy aránylanak egymáshoz, mint azt a Szerző egy későbbi tételében állítja és bizonyítja. Az időt pedig a következő módszerrel mértük: felakasztottunk egy nagy, vízzel teli dézsát, amelyből a fenekébe illesztett csövecskén keresztül vékony sugárban csordogált a víz; a kicsorgó vizet poharakban fogtuk fel mindaddig, amíg a vizsgált mozgás (a teljes csatorna vagy annak egy része mentén) tartott; az így összegyűjtött vizeket időről időre megmértük egy rendkívül pontos mérlegen, súlyaik különbségei és arányai megadták az időkülönbségeket és -arányokat, éspedig, mint említettem, olyan pontosan, hogy sok sok mérés eredménye között nem volt lényeges eltérés.”

Nem teljesen bizonyos, hogy a kísérletet valóban így végezte el (a tankönyvszerű leírás kb. 45 évvel a tényleges felfedezés után született), annak többféle modern rekonstrukciója is létezik, és például könnyen lehet, hogy az időméréshez Galilei a pulzusát, vagy egy dal ritmusát használta fel, csak ezt nem akarta beleírni könyvébe. Mellesleg éppen ő volt az, aki felfedezte, hogy az inga lengés ideje a kitéréstől függetlenül állandó, és később ezt a tulajdonságot lehetett felhasználni időmérésre.

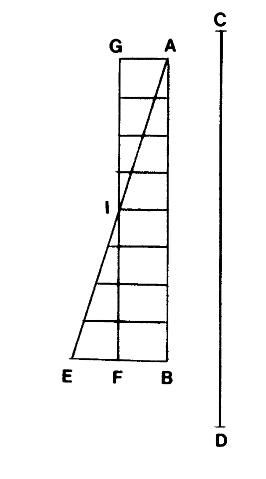
Tulajdonképpen feljegyzéseiből az sem derül ki százszázalékosan, hogy a lejtő-kísérletet ténylegesen elvégezte, de az biztos - ezt támasztják alá a modern rekonstrukciók -, hogy a kísérlet elvégezhető és egyszerű eszközökkel is viszonylag pontos eredményt ad.

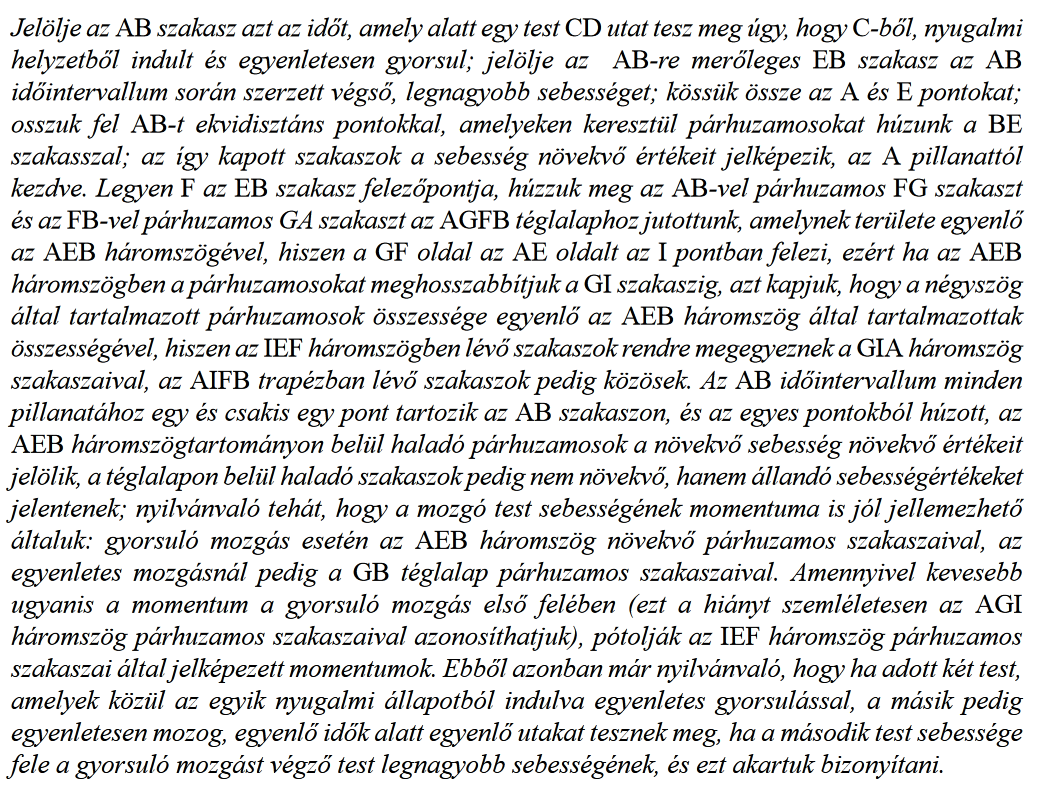
A szabadesés törvénye kísérlet nélkül is levezethető, ha feltételezzük, hogy a legegyszerűbb - egyenletesen - gyorsuló mozgásról van szó. Ez a levezetés található meg Galilei könyvében a kísérleti leírás előtt:

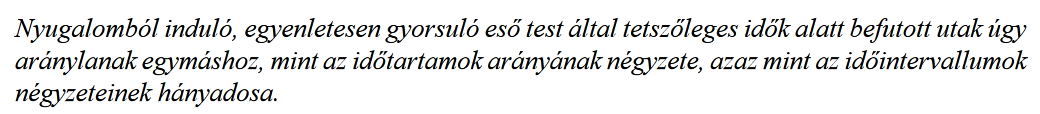
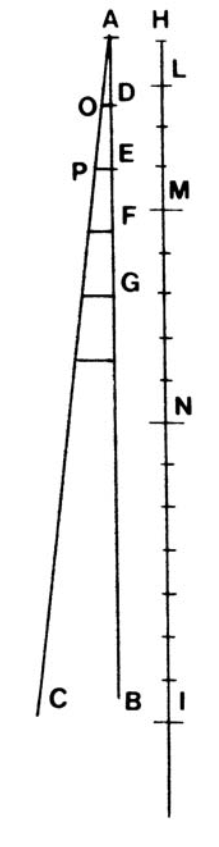
##### “I. tétel, I. propozíció

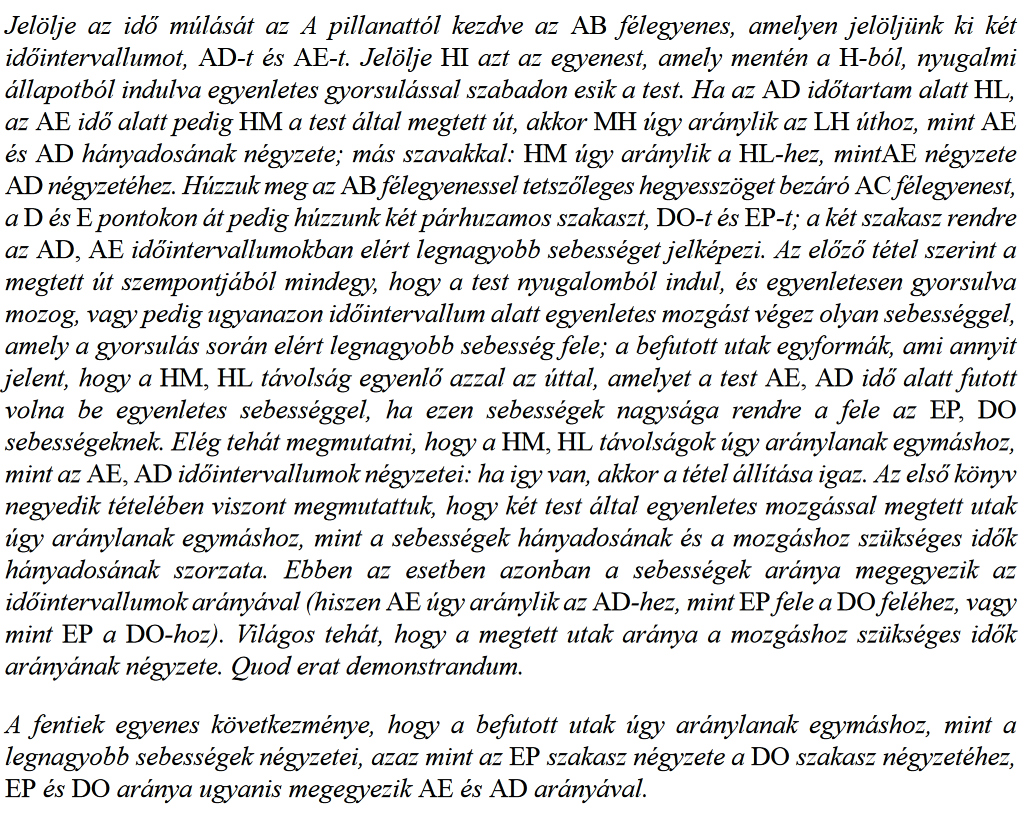
<<<(((Ezen körülményes eredeti levezetések szövegét, jelöléseit nem ellenőriztem scenneléskor -FÁ)))>>>

A nyugalomból induló, egyenletesen gyorsuló test tetszőleges utat ugyanannyi idő alatt tesz meg, mintha olyan egyenletes sebességgel mozogna ugyanezen úton, melynek értéke fele az említett egyenletesen gyorsuló mozgásban szerzett végső és legnagyobb sebességértéknek.

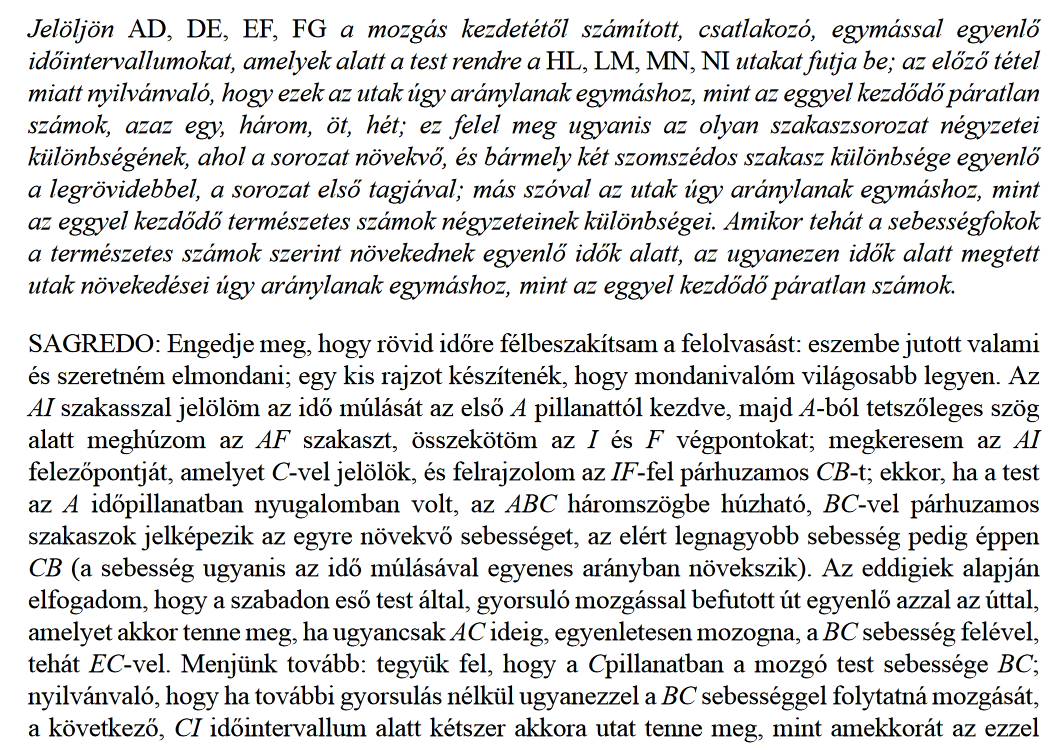


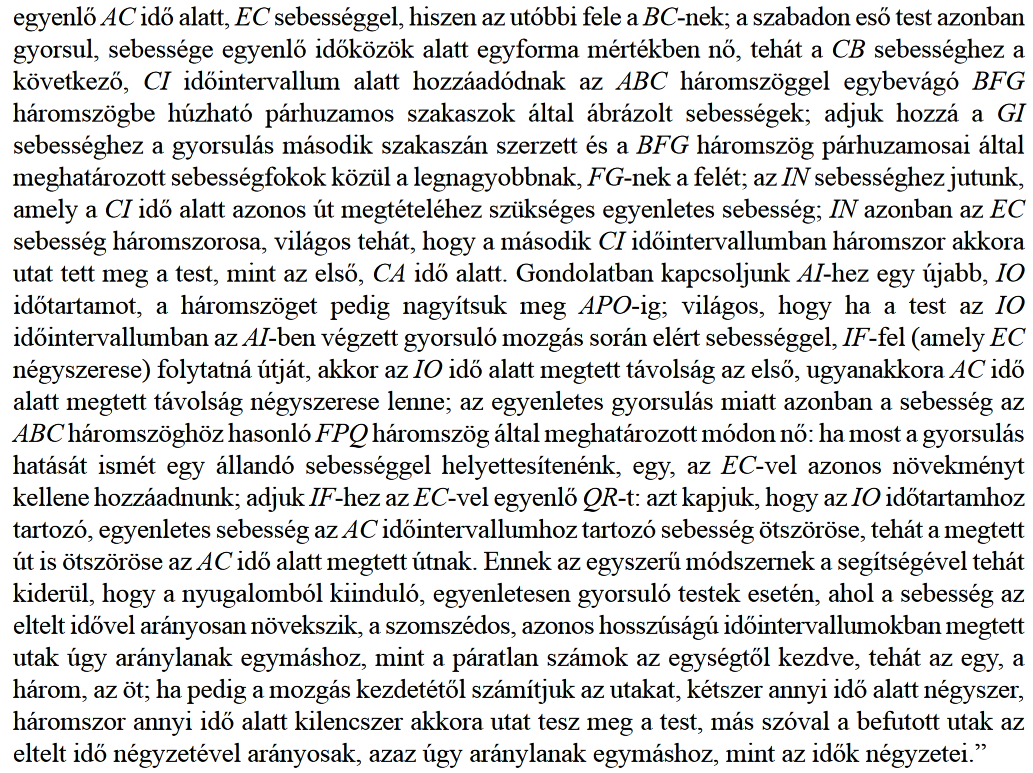
II. tétel, II. propozíció

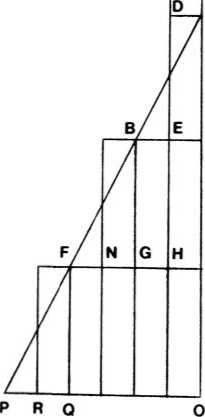




##### I. korollárium







Láthatjuk, hogy az érvelések lényegében geometriai jellegűek, ezeknek az ábráknak alapvető újdonságuk azonban, hogy az idő telését mutatják az egyik irányban. Ez az ötlet feltehetőleg sokat segített a tudósnak problémái könnyebb megoldásában. A szöveg persze tartalmazza az algebrai leírást is, amelynek alapján azután konkrét feladatokat lehet megoldani.

Galilei a problémával való foglalkozása során nemcsak egyszerűen felfedezett egy törvényt, hanem annál jóval többet is tett. Bár nem mindenre csupán ő jött rá, de ő volt az, aki elsőként tankönyvszerűen megadta az egész kinematikai jelenségkörhöz - egyenletes mozgás, egyenletesen gyorsuló mozgás, szabadesés, hajítások - a mérhető mennyiségeket, az alapfogalmakat, az alapképleteket és -törvényeket, a problémák megoldásának mintáit. Ugyanígy nem kizárólagos felfedezőként, de ő fogalmazott meg világosan néhány nagyon általános mechanikai alapelvet is. Ilyen az ún. Galilei-féle relativitási elv, amelyet a “Párbeszédek”-ből idézünk:

“Egy mozgás csak addig nevezhető mozgásnak és csak addig hat mint ilyen, amíg olyan dolgokhoz viszonyítjuk, amelyek nem mozognak. De azok között a dolgok között, amelyek egyaránt mozognak, hatástalan, éppolyan, mintha nem is jönne létre. Az áru, amellyel egy hajót megraktak, mozog, amennyiben elindul Velencéből és Korfut, Kandiát és Ciprust érintve Aleppóba ér; ebben az esetben Velence, Korfu, Kandia stb. helyükön maradnak és nem mozognak együtt a hajóval.

Ezzel szemben az árubálák, ládák és egyéb csomagok szempontjából, amelyek mint rakomány vagy ballaszt a hajón vannak, a hajóra vonatkoztatott mozgás Velencétől Szíriáig nem létezik, kölcsönös helyzetük semmiképpen nem változik meg; következik ez abból, hogy a mozgás általános, amelyben minden részt vesz. Ha egy bála csak egylábnyira távolodik el az egyik ládától, ez számára nagyobb mértékű helyváltoztatás a ládára vonatkoztatva, mint az egész kétezer mérföldes utazás, amit együttesen végeznek. ...

... minden, ami mozog, valami mozdulatlanhoz viszonyítva mozog. ...”

Az ehhez tartozó kísérlet színes leírása:

“Zárkózzál be egy barátod társaságában egy nagy hajó fedélzete alatt egy meglehetősen nagy terembe. Vigyél oda szúnyogokat, lepkéket és egyéb röpködő állatokat, gondoskodjál egy apró halakkal telt vizesedényről is, azonkívül akassz fel egy kis vödröt, melyből a víz egy alája helyezett szűk nyakú edénybe csöpög. Most figyeld meg gondosan, hogy a repülő állatok milyen sebességgel röpködnek a szobában minden irányba, míg a hajó áll. Meglátod azt is, hogy a halak egyformán úszkálnak minden irányban, a lehulló vízcseppek mind a vödör alatt álló edénybe esnek. Ha társad felé hajítasz egy tárgyat, mind az egyik, mind a másik irányba egyforma erővel kell hajítanod, feltéve, hogy azonos távolságokról van szó. Ha, mint mondani szokás, páros lábbal ugrasz, minden irányba ugyanolyan messzire jutsz. Jól vigyázz, hogy mindezt gondosan megfigyeld, nehogy bánni kétely támadhasson abban, hogy az álló hajón mindez így történik.

Most mozogjon a hajó tetszés szerinti sebességgel: azt fogod tapasztalni - ha a mozgás egyenletes és nem ide-oda ingadozó - hogy az említett jelenségekben semmiféle változás nem következik be. Azoknak egyikéből sem tudsz arra következtetni, hogy mozog-e a hajó, vagy sem. Ha ugrasz, ugyanakkora távolságra fogsz jutni, mint az előbb, és bármily gyorsan mozog a hajó, nem tudsz nagyobbat ugrani hátrafelé, mint előre: pedig az alattad levő hajópadló az alatt az idő alatt, míg a levegőben vagy, ugrásoddal ellenkező irányban elmozdul előre. Ha társad felé egy tárgyat hajítasz, nem kell nagyobb erővel hajítanod, ha barátod a hajó elején tartózkodik, mint akkor, amikor hátul van. A cseppek éppúgy bele fognak hullani az alsó edénybe, mint előbb, egyetlenegy sem fog az edény mögé esni, pedig az, míg a csepp a levegőben van, több hüvelyknyi utat tesz meg. A halaknak sem kell az edényben nagyobb erőt kifejtem, hogy az edény elejére úszhassanak, és ugyanolyan könnyedséggel fognak a táplálék után menni, ha az edény bármely részén van is.

Végül a szúnyogok és a lepkék is különbség nélkül fognak bármely irányba repkedni. Sohasem fog előfordulni, hogy a hátsó falhoz nyomódnak, mintegy elfáradva a gyorsan haladó hajó követésétől, pedig míg a levegőben tartózkodnak, el vannak választva tőle. Ha egy szem tömjént elégetünk, egy kevés füst képződik, mely felszáll a magasba és kis felhő gyanánt lebeg ott, és nem mozdul el sem az egyik, sem a másik irányba. A jelenségek ez egyformaságának az az oka, hogy a hajó mozgásában minden rajta levő tárgy részt vesz, beleértve a levegőt is. Azért is mondtam, hogy a fedélzet alatt kell elhelyezkednetek, mert fent, a szabad levegőn, mely nem kíséri a hajó mozgását, az említett jelenségektől többé-kevésbé észrevehető eltéréseket tapasztalhatnátok. ”

Hasonló módon eljut a tehetetlenség elvéhez is, amelyet ugyanebben a könyvben egy golyónak a vízszintes síkon történő mozgásával kapcsolatban fejt ki a szokott párbeszédes formában:

“SIMPLICIO. Itt kissé gondolkodnom kell a feleletről. Minthogy a sík nem hajlik, nem lehet semmiféle törekvés sem, mely a mozgást létrehozza; ezért nincs ellenállás sem, amely a mozgást akadályozná; a testben tehát nincs semmiféle törekvés arra, hogy mozogjon, de a mozgásnak nincs akadálya sem. Azt hiszem tehát, hogy az a természetes, ha nyugalomban van. De mennyire feledékeny vagyok! Hiszen nemrégen magyarázta meg nekem Sagredo, hogy ennek így kell lennie.

SALVIATI. Nekem is ez a véleményem, feltéve, hogy nyugalomban került oda. De mi történnék, ha valamelyik irányba meglöktük volna?

SIMPLICIO. Nem látok okot sem gyorsulásra, sem lassulásra, mert nincs emelkedés vagy ereszkedés.

SALVIATI. De ha nincs ok lassulásra, még kevesebb ok van a tökéletes nyugalomra. Mennyi ideig kell tehát a testnek mozognia?

SIMPLICIO. Mindaddig, amíg ennek a sem meredek, sem hajlott felületnek a kiterjedése tart.

SALVIATI. Ha tehát ennek a felületnek hossza határtalan lenne, akkor ugyebár a mozgás időtartama is végtelen, vagyis örökkévaló lenne?”

Galilei stílusa - műszerek készítése, mérések kivitelezése, matematikai formájú törvények megállapítása - közvetlen tanítványain, könyvein, perein keresztül nagy hatással volt Európa tudósaira, és ezáltal a tudomány fejlődésére. Két tanítványát szeretnénk itt megemlítem, a matematikus és fizikus Evangélista Torricellit (1608-1647), és a fizikus-csillagász-fiziológus Giovanni Alphonso Borellit (1608-1679). Előbbi részben Galilei műszereinek továbbfejlesztésével alkotta meg első használható hőmérőit és légnyomásmérőit, fedezte fel a légköri nyomást, magyarázta meg a szelet. Részben azonban mesterétől függetlenül tanulmányozta a szabadesés problémakörét, és jutott el később hasonló eredményekhez, megtetézve azokat hidrodinamikai újdonságokkal (pl. a víz kifolyási sebességének meghatározása) is. Borelli pedig lényegesen túllépett mesterén, amennyiben úgy vélte, az égitesteket egy centrális vonzóerő és egy ugyanakkora ellenkező irányú erő tartják meg pályáikon - Galilei Arisztotelész nyomán a körmozgást még erőt nem igénylő, természetes mozgásnak tartotta -, a bolygókat a Nap éppúgy vonzza, mint környezetünkben fellelhető testeket a Föld. Feltárta 1667 körül a rugalmatlan testek ütközési törvényét is.

Galileihez hasonlóan a módszertani szakaszon kívül itt is meg kell említenünk Descartes-ot, aki metodológiai alapvetése mellett konkrétabb munkákkal is hozzá kívánt járulni a mechanika haladásához. Úgyszólván teológiai-filozófiai általánosságban beszél **a mozgásmennyiség megmaradásáról,** és fel is használja ezt az elvet kozmológiájában.

“Most, hogy megvizsgáltuk a mozgás természetét, megnézhetjük az okát, és mivel a dolognak kétféle módja lehet, az elsővel és általánosabbal kezdjük, amely általában a világon lévő összes mozgást létrehozza; utána vesszük a másik okot, amely az anyag minden egyes darabjának - amely korábban nem rendelkezett vele - mozgást ad. Ami az első okot illeti, nyilvánvalónak tűnik számomra, hogy az nem más, mint Isten, Aki mindenhatósága révén megteremtette a mozgó és nyugvó részekkel rendelkező anyagot, és Aki azután szokásos műveletei során annyi mozgást és nyugalmat őriz meg a világegyetemben, amennyit az első teremtésben beletett. Noha igaz, hogy a mozgás csak a mozgatott anyag tulajdonsága,

<<<(((holott ha relatív, akkor a mozgó és a viszonyítási keret kölcsönösségén alapszik, azt jellemzi ??? -FÁ)))>>>

ennek ellenére van egy mennyisége, amely sosem csökken és növekszik, bár egyes részeiben időnként több és időnként kevesebb van belőle; ezért van az, hogy ha az anyag egy része kétszer olyan gyorsan mozog, mint egy másik része, és ez a másik rész kétszer olyan nagy, mint az első rész, akkor jogunk van azt gondolni, a kisebb testben ugyanannyi mozgás van, mint a nagyobban, és hogy mindig és amennyire az egyik rész mozgása csökken, valamilyen másik részé arányosan nő. Azt is tudjuk, hogy Isten tökéletességeinek egyike nem csupán természetének változatlansága, hanem az is, hogy oly módon cselekszik, amely sosem változik: olyan mértékig, hogy a változások mellett, amelyeket látunk a világban, és azok mellett, amelyekben hiszünk, mert Isten kinyilatkoztatta őket, és amelyekről tudjuk, hogy megtörténtek a Teremtő minden változása nélkül, nem kéne Neki tulajdonítanunk munkájában semmilyen más változást attól félve, hogy változékonyságot tulajdonítunk Neki; amiből következik, hogy mivel sok különböző módon adott mozgást az anyag részeinek, amikor teremtette őket és mivel ugyanazzal a viselkedéssel és ugyanazokkal a törvényekkel tartotta fenn őket, amelyeket megszabott számukra teremtésükkor, folyamatosan egyenlő mennyiségű mozgást őriz meg ebben az anyagban.”64

64Descartes: A filozófia elvei II. rész § 36. (1644).

Kevésbé sikerül pontos fizikai jelentést adnia a mozgásmennyiség fogalmának. Mint látjuk, tulajdonképpen a test nagyságával (tömegével) és sebességének abszolút értékével (tehát nem vektorként) arányosként határozza meg, ami nem tette lehetővé, hogy korrekt módon leírjon bizonyos fizikai szituációkat (pl. ütközések mechanikája). Szintén Galileihez hasonlóan eljut viszont a tehetetlenségi törvényhez, és még előbbre lép a változó mennyiségek kezelésében, amennyiben kifejleszti az analitikus geometriát, felhasználja a függvény fogalmát. Descartes szintén Európa-szerte ismert és sokféle szempontból állandóan hivatkozott tudóssá vált, aki programadóként és sok más gondolatával is a mechanikai forradalom előkészítőjének számít.

Honfitársai szintén hozzájárultak a kor fizikájának fejlődéséhez, elég, ha itt most Marin Mersenne (1588-1648), Blaise Pascal (1623-1662) és Pierre Fermat (1601-1665) nevét említjük. Mersenne elsősorban akusztikai kísérletekben volt eredményes: vizsgálta a húrok tulajdonságai és hangmagassága közötti összefüggéseket, elsőként mérte meg a hang sebességét egy ágyú torkolattüzének és hangjának segítségével 1636-ban (húsz évvel később Borelli mérte meg pontosabban). Foglalkozott folyadék- és ingamozgással, elektro- és magnetosztatikával, optikával is, de különösen fontos volt tudományszervezői tevékenysége. A folyóiratok előtti korszakban ő töltötte be azok szerepét, ugyanis Európa sok tudósával (Descartes, Huygens, Pascal, Torricelli, Fermat stb.) állt levelezésben és közvetítette egymásnak eredményeiket. Kiadta Gabiéi és Descartes műveit, és az ő francia tudósköréből alakult meg halála után, 1666-ban a Párizsi Tudományos Akadémia. Pascal matematikai és filozófiai munkásságán kívül elsősorban hidrosztatikai eredményeiről és légnyomásméréseiről volt híres, Fermat pedig a matematika mellett az optikában alkotott maradandót.

Gabiéi és Descartes mellett **Huygens** volt a harmadik, aki a legtöbbet tett az új tudományért. Kevesebbet filozofált bármelyiküknél, annál többet dolgozott azonban eredményesen különböző matematikai, fizikai és csillagászati problémákon. Ő volt az, aki Galilei alapmegfigyelése után teljesen kidolgozta az ingamozgás matematikai és fizikai elméletét, de előtte még 1657-ben megalkotta az ingaórát, amely(nek működési elve) egészen a legutóbbi időkig döntő fontosságú volt az időmérésben. Eközben világossá tette a középponti erők fogalmát és szerepét. Mellesleg az ingák járásának eltéréseiből arra is következtetett, hogy a Föld alakja nem pontosan gömb, hanem a sarkoknál lapult.

Ő volt az is, aki 1669-ben - miután Borelli már megállapította a rugalmatlan ütközés törvényeit - felfedezte a rugalmas ütközés szabályszerűségeit. (Itt jegyezzük meg, hogy a mechanika történetében természetesen sokan közreműködtek még, akiknek nevére a tudománytörténet kevésbé emlékezik. Így például a rugalmas és rugalmatlan ütközéseket[[6]](#footnote-6) először világosan a cseh Johannes Marcus Marci (1595-1667) különböztette meg, Descartes például ezt a különbözőséget nem érzékelte.) Huygens levezetései - többek között - a következő feltevéseken alapulnak:

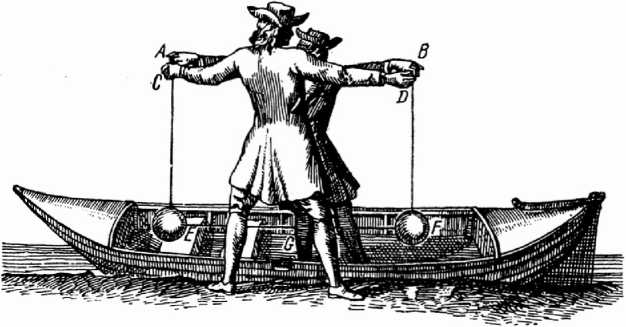
“**I. Feltevés:** A mozgásban lévő test akadály hiányában változatlanul ugyanazzal a sebességgel és egyenes vonalban folytatja mozgását.

**II. Feltevés:** A szilárd test ütközésének okától függetlenül az ütközés után a következő helyzetet kapjuk:

Ha két egyforma sebességgel egymás felé mozgó egyforma test egyesen ütközik, akkor mindegyikük ugyanazzal a sebességgel pattan vissza, mint amekkorával ütközött.

Az ütközést akkor nevezzük egyenesnek, ha maga a mozgás és az ütközés a testek súlypontját magában foglaló egyenes mentén történik.

**III. Feltevés:** A testek mozgását, valamint egyforma vagy különböző sebességüket más testekhez kell viszonyítani, amelyeket nyugvónak tekintünk, és nem vesszük figyelembe, hogy akárcsak azok, ezek a testek is részt vehetnek valamilyen más, közös mozgásban. Ezért két ütköző test, még abban az esetben is, ha mindketten együtt részt vesznek egy más egyenletes mozgásban is, annak a személynek számára, aki szintén részt vesz a közös mozgásban, úgy hat egymásra, mintha ez a közös mozgás nem létezne.”



Huygens ábrája.

Ha például egy egyenletesen mozgó hajó utasa ütköztet két - megintcsak az utashoz képest - egyenlő sebességű egyforma golyót, akkor ezek a golyók az utashoz és a hajóhoz képest egyenlő sebességgel pattannak vissza, teljesen úgy, mintha az utas ezeket a golyókat egy álló hajón vagy a parton ütköztette volna (1. Huygens ábráját).65

65Huygens: A testek ütközés miatti mozgásáról (Leiden, 1703).

Eközben világossá vált előtte a tehetetlenség elve, az egymáshoz képest egyenletesen mozgó vonatkoztatási rendszerek mechanikai ekvivalenciája, a mozgásmennyiség (mv) megmaradása

<<<(((mintha szerencsétlen megfogalmazás lenne, mert nem a mozgás mennyisége állandó, hanem a mozgó tömeg …… (ha egy szóval akarnám kifejezni talán a „tömegmozgást” kellene választani?) Sőt. Még pontosabban a „vonatkoztatási rendszerhez képesti tömegmozgást”? -FÁ)))>>>

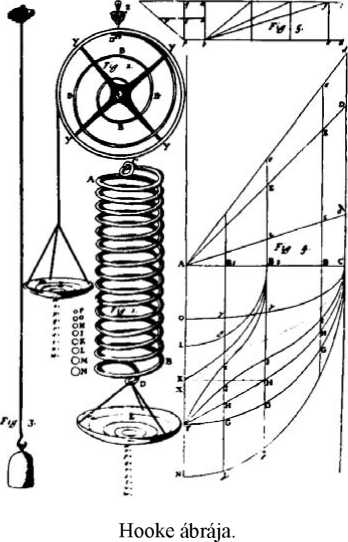
és a később eleven erőnek nevezett mennyiségtől (mv2) való különbözősége. Huygens egészen közel jutott az általános nehézkedés megfogalmazásához is, miközben természetesen maradandót alkotott az optikában, többek között a fény hullámelméletének terén, fontos csillagászati megfigyeléseket végzett és hőtani eredményeket ért el.

Végül e pontban szeretnénk még megemlítem Newton idősebb angol kortársai közül Robert Boyle-t (1627-1691) és asszisztensét, Robert Hooke-ot (1635-1703). Előbbi inkább a kémiában szerzett kiemelkedő nevet magának, de a mechanika (hidrosztatika, akusztika, rugalmas testek) és a hőtan területén is működött, élenjárt a kísérletezés angliai elterjesztésében és megalapította Oxfordban azt a tudós társaságot, amely később a londoni Royal Society alapját képezte. A szintén kiváló - a Boyle-féle gáztörvényhez asszisztensként a kísérleti adatokat nyújtó - kísérletező és műszerkészítő Hooke már inkább fizikusnak mondható, fő munkaterületei a hőtan, a rugalmasságtan, az optika és az égi mechanika voltak. 1675-ben fedezte fel a rugalmas alakváltozások róla elnevezett erőtörvényét, de ekkor már tisztában volt a testek általános vonzásának lényegével is, 1680-ra pedig eljutott a fordított négyzetes törvényhez.

“A rugók elméletét, bár korunk különböző jeles matematikusai próbálkoztak vele, eddig még senki sem hozta nyilvánosságra. Körülbelül most tizennyolc éve, hogy elsőként kitaláltam, de mivel azt terveztem, hogy fel fogom használni bizonyos konkrét alkalmazásokra, ezért közlését elmulasztottam.

Mintegy három évvel ezelőtt Őfelsége szíveskedett megtekinteni az ezt az elméletet bizonyító kísérletet, valamint rugós órámat a Whitehallon.

Két éve nyomtattam ki ezt az elméletet egy anagrammában a helioszkópokat leíró könyvem végén, nevezetesen ceiiinosssttuu formában, ami annyit tesz: ut tensio sic vis, azaz, bármely rugó ereje arányos feszítésével; azaz, ha valamilyen erő megnyújtja vagy meghajlítja valamilyen mértékben, akkor kétszer akkora kétszeresen hajlítja meg, háromszor akkora háromszorosan és így tovább. Mivel az elmélet nagyon rövid, kipróbálásának módja is nagyon könnyű.



Vegyünk valamennyi egyenletesen kihúzott drótot, akár acélt, vasat vagy rezet, és tekercseljük spirálisan egy egyenes hengerre tetszés szerinti hosszban vagy menetszámban, azután a drót végeit hajlítsuk hurkokba, az egyiknél fogva ezt a tekercset akasszuk fel egy szögre, a másik pedig tartsa a súlyt, amellyel meg akarjuk nyújtani. Súlyokat ráakasztva, figyeljük meg pontosan, hogy az egyes súlyok milyen hosszúságúra nyújtják meg a saját súlya által okozott megnyúláshoz képest, és azt fogjuk találni, hogy ha egy uncia, vagy egy font, vagy egy bizonyos súly megnyújtja egy vonallal, vagy egy hüvelykkel, vagy egy bizonyos hosszúsággal, akkor két uncia, két font, vagy két súly két vonallal, két hüvelykkel vagy két hosszúsággal fogja megnyúltam; három uncia, font vagy súly pedig három vonallal, hüvelykkel vagy hosszúsággal; és így tovább. A természetnek ez az a szabálya vagy törvénye, amelynek alapján mindenfajta visszatérülő vagy rugózó mozgás végbemegy, legyen az akár ritkulás, tágulás, sűrűsödés vagy összenyomás. <<<(((egészen addig, amíg a rugót rugalmassági tartományán túl nem húzzák. Sőt az is biztos, hogy a rugalmassági határon bár alakját még visszanyeri, a terhelő súllyal egyenletes megnyúlás már változik -FÁ)))>>>

Vagy vegyünk egy órarugót, és tekercseljük spirálba, hogy egyetlen része se érinthesse a másikat, azután gondoskodjunk egy nagyon könnyű rézkerékről, vagy ilyesmiről, és rögzítsük egy két kis acél forgócsappal rendelkező tengelyre, amely csapokon a mondott kerék nagyon egyenletesen és simán forog, úgyhogy egy kis selyemfonalat lehet rátekercselni. Tegyük ezt a kereket egy keretbe, úgy hogy a kerék nagyon szabadon mozoghasson a tengely csapjain; erősítsük a korábban említett rugó középponti végét a mozgó kereket tartalmazó keret középpontjához vagy a tengelycsap lukjához közel, a másik végét pedig a kerék karimájára. Azután egy finom selyemszálat tekercselünk a kerékre, a végére egy könnyű kis skálát függesztünk, amelynek vége alkalmas arra, hogy súlyt akasszunk rá. Hagyjuk, hogy a kerék elfoglalja saját helyzetét, a keretre erősítsünk egy a kerék karimájára irányuló kis mutatót, tintával vagy ilyesmivel jelöljük meg a karimának azt a részét, amelyre a mutató mutat; azután tegyünk egy dram súlyt a skálára, és hagyjuk a kereket nyugalomba jutni, tegyünk egy másik jelet a karimára, ahova a mutató mutat, azután tegyünk rá egy draimnal többet, és ismét hagyjuk a kereket nyugalomba jutni, majd mint korábban, jelöljük meg tintával a karimának a mutató által jelzett pontját; azután tegyünk rá egy harmadik dramot, és csináljuk, amit az előbb, majd egy negyediket, ötödiket, hatodikat, hetediket, nyolcadikat sít., hagyva a kereket nyugalomba jutni, és megjelölve a mutató által jelzett helyeket. Utána vizsgáljuk meg a jelek távolságait, és egymással összehasonlítva őket, azt fogjuk találni, hogy azok mind egyenlőek lesznek egymással, úgyhogy ha egy dram a kereket tíz fokkal mozdítja el, két dram hússzal fogja elmozdítani, három pedig harminccal, négy negyvennel, öt ötvennel és így tovább.

Vagy vegyünk egy húsz, harminc vagy negyven láb hosszú dróthuzalt, és erősítsük a felső részét egy szöghöz, a másik végéhez pedig erősítsünk egy skálát, amelyre a súlyokat rakhatjuk. Azután egy körzővel vegyük fel a skála aljának és a földnek vagy a padlónak a távolságát, és írjuk fel ezt a távolságot, majd tegyünk súlyokat a mondott skálára, ugyanúgy mint az előző kísérletekben, és mérjük meg a mondott drót megnyúlásait, valamint írjuk is le őket. Azután hasonlítsuk össze a mondott drót megnyúlásait, és azt fogjuk találni, hogy azok mindig olyan arányban fognak állani egymással, mint a súlyok.

Ugyanezt találjuk, ha kipróbáljuk, egy darab száraz fa esetén, amely meghajlik és visszatér, ha az egyik végét vízszintes helyzetben rögzítjük, a másik végére pedig súlyokat függesztünk, amelyek lehajlítják.

Ugyanennek a levegővel való kipróbálási módját, akár ritkítás, akár sűrítés esetén, mintegy tizennégy évvel ezelőtt nyilvánosságra hoztam Microgaphia című művemben, ezért nincs szükség rá, hogy itt tovább foglalkozzam vele.”66

66Hook: De Potentia Resti tutivá (1678).

### 4. A mechanikai program megvalósulása a newtoni szintézisben

Az égi és földi fizikában elért eredményeket - optikai, csillagászati, matematikai, kémiai, teológiai munkássága mellett - Isaac Newton angol tudós összegzi. Élete az angol polgári forradalom mozgalmas időszakára esik, tudomány szociológusok szerint egyáltalán nem véletlen, hogy a társadalmi dinamizmusnak ebben a korszakában - amikor egyetlen emberöltő alatt lehetett tapasztalni polgárháborút, forradalmat, királyi kivégzést, köztársaságot, diktatúrát, restaurációt stb. - alkotja meg a fizikai dinamikát.

Megvalósítja Descartes programját, amennyiben létrehoz egy tudományt, mely a világot úgy írja le, hogy beszámol a testek mozgásáról.

Az alak (forma) és mozgás szerinti leírás mellett <<<(((? -FÁ)))>>>

nem teljesíti viszont a közelhatásra vonatkozó kartéziánus elképzeléseket (Descartes örvény elméletéről <<<(((??? -FÁ)))>>> tételesen bebizonyítja, hogy nem lehet igaz),[[7]](#footnote-7) ugyanis

távolhatást tételez fel a testek között. Ilyen távolhatásra (az általános tömegvonzás törvényére) alapozva bebizonyítja, hogy egy kő és a Hold mozgása ugyanolyan eljárásokkal írható le, és ezzel egyesíti a földi és égi fizikát. Tevékenységét a legtöbb tudománytörténész - de már a kortársak is - fordulópontnak tartja a fizika történetében. Lényegében a mai értelemben vett tudomány kezdete fűződik a nevéhez. <<<(((tulajdonképpen hogyan hathat a Hold a földfelszíni lavór vízre? Milyen tér-szerkezeti feltétele lehet ennek? -FÁ)))>>>

Hangsúlyoznunk kell, hogy a mechanikára, a tömegvonzásra (sőt a módszerre, 1. megfigyelési és kísérleti adatok felhasználása, a matematika alkalmazása) vonatkozó ötletek, eredmények egy jó része másoktól (is) származik - nem véletlen tehát a Newton körüli prioritásviták halmozódása. Kétségtelen, hogy az angol tudósnak is voltak új részeredményei, de legnagyobb érdeme - *és részben honfitársáé, a csillagász és fizikus Edmund Halleyé (1656-1743), aki rábeszélte, hogy az első eredmények után több mint 20 évvel végre mindent leírjon* - az eredmények és módszerek rendszerré szervezése.

A forradalmi újítás tulajdonképpen az a tudományos stílus, amely

a kísérleti adatokból indul ki,

ezek mögött leegyszerűsített fizikai létezőket és feltételeket sejt,

amelyekre egyszerű matematikai modellt készít;

a matematikai technika segítségével nyert eredményeket összeveti a megfigyelési adatokkal,

és ha komoly eltéréseket tapasztal, akkor egyre bonyolultabb fizikai létezőket és feltételeket felvéve,

bonyolultabb modellt készítve,

az eljárást addig ismétli, míg az egyezés nem lesz kielégítő.

Ennek a stílusnak az eredményessé tétele Newton főművében a Philosophiae Naturális Principia Mathematica ban történt meg 1687-ben és a könyv későbbi - de még a szerző életében megjelent - kiadásaiban 67

67A mű csak részben olvasható magyarul. A “Principia'’ első tizede - lényegében a dinamika axiómarendszere - megjelent: Isaac Newton: A Principiából és a: Optikából. LevelekBentleyhe: (Kriterion, Bukarest, 1981). Szintén megjelent magyarul az utolsó ötöd egy korábbi változata - a tömegvonzás, a Naprendszer, az árapály és az üstökösök elmélete: Newton: A világ rendszeréről és egyéb írások (Európa, Budapest, 1977).

#### A. A Principia

Mint a címből láthatjuk, a szerző a művet természetfilozófiai jellegűnek tartja. Mi ma már legtöbb részét inkább fizikának véljük, de tagadhatatlanul tartalmaz még most is természetfilozófiainak számító gondolatokat. Az előszó az elvégzendő feladatot a következőképpen körvonalazza:

“... a természetben előforduló erőket tanulmányozzuk. ... főleg azokkal a jelenségekkel foglalkozunk, amelyek a nehézségre, a könnyűségre, a rugalmasságra, a folyadékok ellenállására és más vonzó- vagy taszítóerőre vonatkoznak.... Úgy tűnik ugyanis, hogy a természetfilozófia feladata abban áll, hogy a mozgásjelenségekből következtessen a természeti erőkre, és ezeknek az erőknek az ismeretében találjon magyarázatot a többi jelenségre is. ... Jó lenne, ha a többi természeti jelenséget is megmagyarázhatnánk mechanikai törvények segítségével. Ugyanis több okom van arra, hogy azt higgyem, hogy az összes jelenségek bizonyos erőktől függenek. ...

Ezekről az ismeretlen erőkről a természetfilozófusok eddig eredménytelenül faggatták a természetet. Remélem azonban, hogy az itt lefektetett elvek némi világosságot derítenek a természetfilozófiának erre, vagy valamely más, igazabb kutatómódszerére.”

Newton e könyvben - a címének megfelelően - egy olyan axiomatikus matematikai rendszer keretében tárgyalja a mechanikát, amelyhez hasonlót tulajdonképpen csak az ókorból ismert a tudomány. A főszöveg definíciókkal kezdődik:

“I. MEGHATÁROZÁS

Az anyag mértéke a mennyisége; ezt a mennyiséget az anyag sűrűsége és térfogata együttesen határozza meg. <<<(((tömege -FÁ)))>>>

II. MEGHATÁROZÁS

A mozgás mértéke a mozgásmennyiség; ezt az anyag sebessége és mennyisége együttesen határozza meg. <<<(((mozgó tömeg viszonyítási rendszerhez képest -FÁ)))>>>

III. MEGHATÁROZÁS

Az anyag veleszületett belső ereje az az ellenálló képesség, amellyel minden test rendelkezik.

A magára hagyott test megőrzi nyugalmi állapotát vagy egyenes vonalú egyenletes mozgását.

<<<(((ezt is a viszonyítási rendszerhez képest kellene fogalmazni? -FÁ)))>>>

IV: MEGHATÁROZÁS

A kívülről ható erő az a testre gyakorolt hatás, amely megváltoztatja a test nyugalmi állapotát vagy egyenes vonalú egyenletes mozgását.

<<<(((itt hogyan lehet a vonatkoztatási rendszert is belefogalmazni a „kívülről jövő” meghatározásába? -FÁ)))>>>

V. MEGHATÁROZÁS

A centripetális erő az az erő, amelynek hatására a test valamely pont mint középpont felé vonzódik, taszítódik, vagy valami módon errefelé igyekszik.”

E fogalmak nem voltak teljesen előzmény nélküliek, de itt többnyire új - és ráadásul első ízben elméleti - tartalmat nyertek (ha nem is véglegeset, hiszen például az erő fogalma még további változásokon ment keresztül egészen napjainkig).

Az egyes definíciókat, majd a definíciók összességét magyarázó jegyzetek követik. Az előbbi jegyzetek bővebben kifejtik, érthetőbbé teszik a meghatározásokat, az utóbbi pedig bemutatja azt a természettudományos világképet, ami a definíciók mögött rejlik.

“Mivel az idő, a tér, a hely és a mozgás mindenki előtt ismeretes, ezeket a fogalmakat nem határoztam meg.”

Majd mégiscsak ad valamiféle meghatározásokat.

“I. Az abszolút, valóságos és matematikai idő önmagában véve, és lényegének megfelelően, minden külső vonatkozás nélkül egyenletesen múlik, és más szóval időtartamnak is nevezhető. <<<(((ezt pontosították Einstein korában -FÁ)))>>>

A viszonylagos, látszólagos vagy mindennapi idő érzékelhető, külsőleges, és a mozgás időtartamának mértékéül szolgál (pontosan vagy változékonyan), amelyet a mindennapi életben a valódi idő helyett használunk, mint az órát, a napot, a hónapot és az évet.

II. Az abszolút tér, saját lényegénél fogva, külsőleg egyáltalán semmihez sem viszonyítva, mindenkor egyenlő és változatlan marad. A relatív tér az előbbinek a mértéke, vagy ennek valamilyen mozgó része, amely a testekhez viszonyított helyzete következtében válik érzékelhetővé és ezért közönségesen mozdulatlan térnek tekintjük....

<<<(((ehhez képest indult meg a tovább gondolás, a további pontosítás a tér jellegéről, önálló létéről, mibenlétéről vagy csupán viszonyítási eljárás voltáról Einstein korában. Ma már nehéz látni visszafelé a kialakulási fázisokat, a bonyolultan kezelhető, egyszerűnek látszó megfogalmazásokat … ha nem tudjuk milyen helyzetben, milyen korábbi és egyéb kortárs elképzelésekkel vitatkozva születtek -FÁ)))>>>

IV Az abszolút mozgás[[8]](#footnote-8) a testnek egyik abszolút helyről a másikra való helyváltoztatása; a relatív mozgás pedig az egyik relatív helyről a másikra való átmenet.... <<<(((ezt nem értem -FÁ)))>>>

Mind az idő, mind a tér részeinek az egymásutánja megváltoztathatatlan. Ha ezeket eltávolítjuk a helyükből, akkor ez azt jelenti (mondjuk így), hogy ezek saját maguktól is eltávolodnak. Az idő és a tér azonban önmaguknak és minden más dolognak a helyei. Az egymás után következő dolgok időben, az egymás mellett levők térben helyezkednek el. Mindkettő lényege az, hogy hely; az elsődleges helyeket pedig nem lehet megváltoztatni. Következésképpen ezek abszolút helyek, és csak ezen helyekből való elmozdulás tekinthető abszolút mozgásnak.

Mivel azonban a térnek ezek a helyei nem láthatók és nem is különböztethetők meg egymástól, ezért helyettük érzékelhető mennyiségeket használunk. A dolgoknak valamely mozdulatlannak tekintett testtől mért helyzete és távolsága alapján határozzuk meg az összes helyeket. Hasonlóképpen becsüljük fel az összes mozgásokat, amelyeket a rögzített helyre vonatkoztatunk, amennyiben azt észleljük, hogy a testek ettől a helytől távolodnak. Ezért az abszolút mozgás helyett a viszonylagost használjuk, és ez a mindennapi életben nem alkalmatlan. A természetfilozófiában azonban függetleníteni kell magunkat az érzetektől....”

Felveti a kérdést, hogy vajon egyáltalán létezik-e nyugalmi helyzetben levő test, eldönthető-e, hogy egy test abszolút mozgás végez. Erre válaszol a híres vödörkísérlettel.

“Azok az okok, amelyek segítségével a valódi és a relatív mozgásokat megkülönböztethetjük egymástól, a testre ható erők, amelyek a mozgást létrehozzák. Valódi mozgást csak olyan erő hozhat létre és változtathat meg, amely ténylegesen kifejti hatását a mozgó testre. Relatív mozgás létrejöhet és megváltozhat anélkül, hogy a testre külső erő hatna....

Az abszolút és relatív mozgás hatásában rejlő különbség abban az erőben jelentkezik, amellyel a test eltávolodni igyekszik a forgástengelytől. <<<(((? Eddig egyenes vonalú mozgásokról volt szó -FÁ)))>>> Relatív körmozgás esetében ilyen erő nincsen, de valódi és abszolút körmozgásnál ez az erő, a mozgásmennyiséggel arányosan, nagyobb vagy kisebb. Erősítsünk egy edényt hosszú zsineg végére, és csavarjuk körbe a zsineget, míg egészen merev nem lesz. Ezután töltsük meg az edényt vízzel és hozzuk mindkettőt nyugalomba. Ha most hirtelen valamilyen erő ellenkező irányú forgásba hozza a zsineget, akkor az visszacsavarodik, és hosszú ideig az edény is követi ezt a mozgást. A víz felszíne eleinte vízszintes marad, akárcsak az edény mozgása előtt. Később azonban az edény lassanként erőt fejt ki a vízre, és a vizet arra kényszeríti, hogy forgásba jöjjön. A víz fokozatosan távolodik el a forgás középpontjától, és felmászik az edény falára, végül is a felszíne homorú alakot vesz fel. (Ezt a kísérletet saját magam is elvégeztem.) ... A víznek a felemelkedése azt mutatja, hogy a víz igyekszik eltávolodni a forgástengelytől. Éppen ennek a törekvésnek a segítségével ismerhető fel és mérhető meg a víz valódi és abszolút körmozgása, amely különbözik a víz relatív mozgásától....” <<<(((? -FÁ)))>>>

Az axiómarendszerben következnek a mozgás axiómái vagy törvényei.

“ELSŐ TÖRVÉNY

Minden test megmarad nyugalmi állapotában vagy egyenletes és egyenes vonalú mozgásában, hacsak külső erő nem kényszeríti ennek az állapotnak az elhagyására.

MÁSODIK TÖRVÉNY

A mozgás megváltozása arányos a külső, mozgató erővel, és annak az egyenesnek az irányában megy végbe, amelyben ez az erő hat. <<<(((hogyan különbözik a testre ható erő a vonatkoztatási rendszer egészére ható erőtől? -FÁ)))>>>

HARMADIK TÖRVÉNY

A hatással mindig egyenlő nagyságú és ellentétes visszahatás áll szemben; más szóval: két testnek egymásra gyakorolt kölcsönös hatása mindig egyenlő és ellentétes irányú.”

Ezekkel az alaptételekkel előttünk áll az ókoritól már teljesen különböző mozgás-felfogás. Az axiómákat követik a tételek.

“I. SZÁRMAZÉKOS TÉTEL (KOROLLÁRIUM)

Két erő együttes hatására a test egy paralelogramma átlója mentén mozog ugyanannyi ideig, mint ameddig az erők külön előidézett hatására az oldalak mentén.”

Az axiómákat és tételeket szintén magyarázó jegyzetek kísérik, majd következik a testek mozgásáról szóló rész tételekkel és geometriai jellegű segédtételekkel, magyarázó jegyzetekkel. A bizonyítások a műben nem a Newton által kidolgozott fluxiós módszerrel (infinitezimális számítással) történnek - mivel ez nem volt még ismert a kortársak előtt hanem geometriai módon. A Principia második része a testek anyagi közegben való mozgását tárgyalja (közegellenállás), a harmadik része pedig a gravitációs törvényt és következményeit (Naprendszer stb.) - itt történik meg konkrétan az égi fizika földi fizikával történő tárgyalása. Az egyetemes tömegvonzás fordított négyzetes törvénye (amire a Kepler-törvényekből következtetett) és a dinamika ismeretében levezethető a Hold mozgása, a precesszió, a Föld alakja, a mesterséges holdak pályája stb. Ami ezek után az egységes fizikán kívüli tényezők számára megmaradt - de nem a Principiábán, hanem egy paphoz írt levelekben - az a világrendszer létrehozásának lehetősége:

“... ha a Nap kezdetben maga is fénytelen test volt, mint a bolygók, vagy ha a bolygók fénylettek úgy, mint a Nap, akkor vajon hogyan lehetséges, hogy egyedül a Nap változott sugárzóvá, míg a planéták fénytelenek maradtak, vagy hogyan válthattak ezek fénytelenné, míg a Nap fényes maradt - mindezeket, úgy gondolom, nem lehet pusztán természetes okokkal megmagyarázni, hanem arra jutottam, hogy egy bölcs és találékony Akarat működésének tulajdonítsam őket.

S ugyanez a - természeti vagy természetfeletti - Erő helyezte a Napot a hat elsőrendű bolygó középpontjába, mely a Saturnust öt másodrendű bolygója pályáinak centrumába, a Jupitert négy másodrendű bolygójának középpontjába, a Földet pedig a Hold pályájának centrumába állította; ha tehát ez az Ok vakon, terv és megfontolás nélkül működött volna, akkor a Nap ugyanolyan fajtájú test volna, mint a Saturnus, a Jupiter vagy a Föld, azaz fény és meleg híján szűkölködnék. Hogy miért csak egyetlen olyan test van a Naprendszerünkben, amely fényt és meleget áraszt az összes többire - nem tudom okát adni, hacsak azt nem, hogy e Rendszer Alkotójának így tetszett...

Második kérdésére azt válaszolom, hogy a bolygók jelenlegi mozgása nem származhatik kizárólag valamely természetes októl, hanem értelmes Akarat működésének eredménye. ... nyilvánvaló, hogy nem valamely természetes ok, hanem a bölcs Megfontolás eredménye az, hogy az összes bolygók, az elsőrendűek és másodrendűek egyaránt, számottevő eltérés nélkül, ugyanabban az irányban és egyazon síkban keringenek. ... E rendszer megalkotása tehát, sokféle mozgásával egyetemben, oly Ok működését szükségelte, amely áttekintette és összevetette a Nap és a bolygók anyagának mennyiségeit, az ebből fakadó gravitációs erőket, az elsőrendű bolygóknak a Naptól és a másodrendűeknek a Saturnustól, a Jupitertől és a Földtől való távolságait, továbbá azokat a sebességeket, amelyekkel ezek a bolygók a központi testekben foglalt anyagmennyiség körül keringhetnek; mindennek összeegyeztetése az égitestek ilyen nagy változatossága mellett arról tanúskodik, hogy ez az Ok nem lehetett vak és véletlenszerű, hanem fölöttébb jártas kellett legyen a mechanikában és a geometriában.

Mivelhogy a gravitáció mozgásba hozhatja a bolygókat, ám nem kényszerítheti őket olyan körpályákra, amelyeken jelenleg a Nap körül keringenek, ezért tehát, és még több más okból is, arra jutottam, hogy Rendszerünk megszerkesztését egy értelmes Lénynek tulajdonítsam.

Megelőzőleg kimutattam már, hogy a bolygók napi forgásai nem vezethetők le a gravitációból, hanem ehhez Isteni Beavatkozás szükségeltetik.... azok a transzverzális mozgások, amelyekkel a bolygók pályáikon keringenek, Isteni Kéz beavatkozásának eredményei, amely Kéz pályáik érintőjének irányába eső lökést adott nekik. Most még azt is hozzáteszem, hogy az anyag kezdeti egyenletes eloszlása az univerzumban, véleményem szerint, összeegyeztethetetlen az anyaggal veleszületett gravitáció hipotézisével, hacsak valamely természetfeletti Hatalom össze nem egyezteti őket, s ily módon ez a hipotézis szintén Isten létezésére utal.”

#### B. Newton hatása

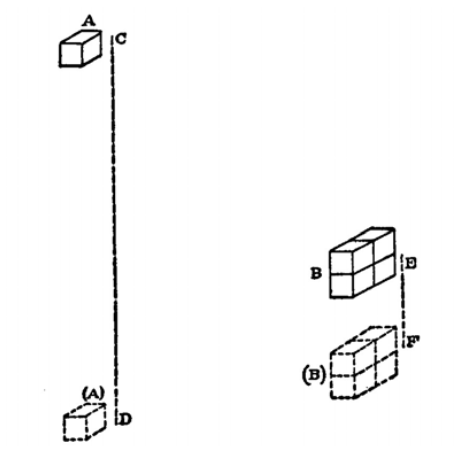
A newtoni axiómarendszer és annak rendkívüli eredményessége egy olyan világképet sugall, amelyben minden összetehető mechanikai mozgásokból, amelyek pedig kiszámíthatóak. <<<(((ami meg nem, az az Isteni Kéznek tulajdonítható…. -FÁ)))>>> A mérések által adottak számunkra a testek, a reájuk ható erők és a matematikai idealizáció révén létrejött newtoni mechanika megmondja nekünk, mit kell csinálnunk a továbbiakban, hogy meg tudjuk állapítani, a testek merre tartanak, hol lesznek egy adott későbbi időpontban. Minden tökéletesen meghatározott és kiszámítható. Az erő ugyanis a newtoni dinamikában oka a mozgásnak, mindennek oka van, minden kauzális, determinisztikus kapcsolatban van a környezetével. Mindez az abszolút térben és időben, mint tartályokban történik.

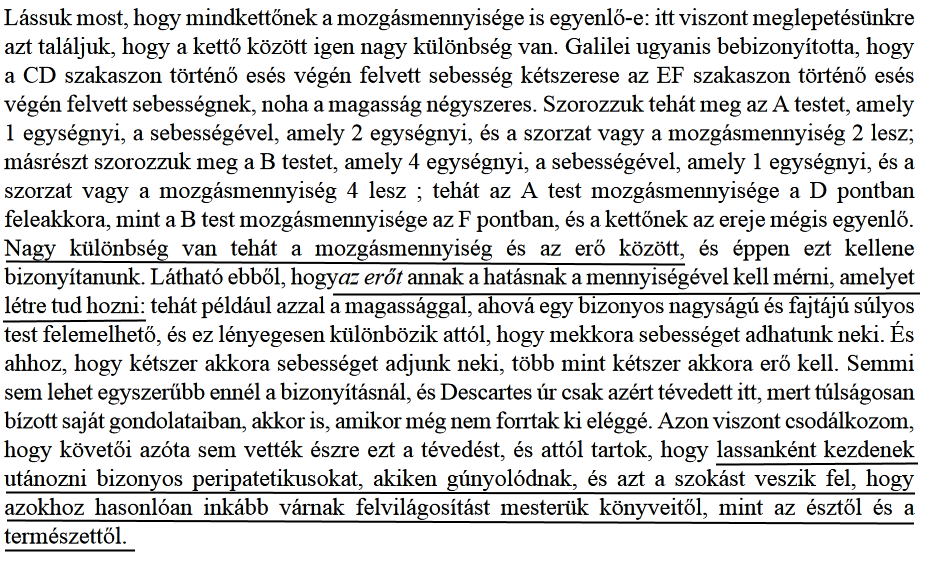
Ez az analitikus-mechanikai módszer nem csupán az arisztotelészi értelemben vett tudás felett győzedelmeskedett, hanem az azóta esetleg felmerült más típusú felfogások ellenében is. Gondolunk itt például az alkímia által reprezentált módszerre, amely inkább a “jelek”-re, rejtett (nem kauzális) összefüggésekre és a számmiszticizmusra támaszkodott - bizonyos szempontból szintén megszüntetve az égi és földi világ szétválasztottságát.

De ugyanígy járt a talán még inkább fizikai alternatívát jelentő **Leibniz-féle mechanika**, amely a newtonival szemben a relatív tér-idő és mozgás álláspontjára helyezkedett, középpontjában pedig az “eleven erő” megmaradása és átalakulásai, és bizonyos értelemben a legkisebb hatás elve állt:

“XVII. Többször említettem már az alárendelt elveket vagy természeti törvényeket, és ezért helyénvaló lesz, ha példát mutatok ezekre. Új filozófusaink általában arra a nevezetes szabályra támaszkodnak, hogy Isten a mozgásnak mindig ugyanazt a mennyiségét tartja fenn a világban.

E szabály csakugyan nagyon meggyőző, és régebben én is kétségbevonhatatlannak tartottam. Időközben ráeszméltem azonban, hogy hol a hiba benne. A hiba az, hogy Descartes úr és sok más kiváló matematikus azt hitte: a mozgás mennyisége, azaz a sebesség szorozva a mozgó test nagyságával, teljesen megegyezik a mozgatóerővel; vagy geometriai kifejezésmóddal: az erők arányosak a sebességek és a testek szorzatával. Márpedig ésszerű, hogy a világmindenségben mindig ugyanaz az erő maradjon meg. Azt is jól láthatjuk, ha a jelenségeket figyelembe vesszük, hogy nem létezik mechanikai örökmozgás, mert különben egy gép ereje - amely a súrlódás következtében egy kicsit mindig csökken és hamarosan el kell fogynia - megújulna és következésképpen magától növekednék, anélkül, hogy újabb lökést kapna kívülről; látjuk továbbá, hogy egy test ereje csak abban a mértékben csökken, ahogyan átadja vele érintkező testeknek vagy saját részeinek, ha azoknak önálló mozgásuk van. Ezért azt hitték, hogy amit elmondhatunk az erőről, azt el lehet mondani a mozgás mennyiségéről is. Ám, hogy különbségüket kimutassam, felteszem, hogy egy bizonyos magasságból eső test arra az erőre tesz szert, amellyel visszamehet a kiindulóhelyére, ha az iránya oda viszi, legalábbis akkor, ha nem állják útját akadályok: például egy inga pontosan ugyanaddig a magasságig emelkednék, mint ahonnan elindult, ha a levegő ellenállása és néhány más kisebb akadály nem csökkentené azt az erőt. amelyre szert tett. Felteszem továbbá, hogy egy egy font súlyú A testnek a négyölnyi CD magasságba történő felemeléséhez ugyanakkora erő kell, mint egy négy font súlyú B testnek az egyölnyi EF magasságba történő felemeléséhez. Új filozófusaink mindezt elismerik. Nyilvánvaló tehát, hogy a CD magasságból eső A test ugyanakkora erőre tesz szert, mint az EF magasságból eső B test; mert a B testnek - amely eljutott F-be és ott akkora ereje van, hogy (az első feltevés értelmében) vissza tud menni E-ig - következésképp akkora ereje van, hogy egy négy font súlyú testet, vagyis a saját testét, fel tudja vinni az egyölnyi EF magasságba, és ugyanígy az A testnek - amely eljutott D-be és ott akkora ereje van, hogy vissza tud menni C-be akkora ereje van, hogy egy egy font súlyú testet, vagyis a saját testét, fel tudja vinni a négyölnyi CD magasságba. E két test ereje tehát (a második feltevés értelmében) egyenlő.





XVIII. A mozgásmennyiségtől különböző erő vizsgálata nagyon fontos, mégpedig nemcsak a fizikában és a mechanikában ahhoz, hogy megtaláljuk a természet igazi törvényeit és a mozgás szabályait, továbbá, hogy helyesbítsünk több számítási hibát, amelyek kiváló matematikusok írásaiba becsúsztak, sőt még a metafizikába is, hogy ily módon jobban megértsük az elveket. Mert a mozgás - ha csak azt tekintjük benne, amit pontosan és formálisan értünk rajta, nevezetesen a helyváltoztatást - nem egészen reális dolog, és ha több test változtatja meg egymáshoz viszonyított helyzetét, akkor pusztán e változások vizsgálata alapján nem lehet megállapítani, hogy melyiknek tulajdonítsunk közülük mozgást és melyiknek nyugalmat, amit meg tudnék geometriailag mutatni, ha most ezzel kívánnék foglalkozni. Viszont sokkal reálisabb dolog az erő, illetve e változások közvetlen oka, és elégséges alapunk van arra, hogy ezt inkább az egyik testnek tulajdonítsuk, mint a másiknak, s azt is csak azáltal ismerhetjük fel, hogy melyik testet illeti meg inkább a mozgás. Márpedig az erő olyasmi, ami különbözik a nagyságtól, az alaktól és a mozgástól, ebből tehát arra következtethetünk, hogy amit a test fogalmán értünk, az nem csupán a kiterjedésből és ennek módosulataiból áll, miként modem filozófusaink bebeszélik maguknak.

Ezért kénytelenek vagyunk visszahozni bizonyos lényegeket vagy formákat, amelyeket ők száműztek. S noha a természet valamennyi egyedi jelenségét meg tudják magyarázni matematikailag vagy mechanikailag, azok, akik értenek hozzá, mégis egyre inkább úgy látszik, hogy inkább metafizikaiak, semmint geometriaiak a testi természetnek, sőt magának a mechanikának az általános elvei, és ezek az elvek mint a jelenségek okai inkább tartoznak bizonyos formákhoz vagy oszthatatlan természetekhez, semmint a testi vagy kiterjedt tömeghez. Ez a meggondolás alkalmas arra, hogy a modernek mechanikus filozófiáját összeegyeztessük azoknak az értelmes és jó szándékú személyeknek az óvatosságával, akik nem ok nélkül tartanak attól, hogy az emberek a kegyesség rovására túlságosan eltávolodnak majd az anyagtalan lényegektől.

Mivel bizonyos különleges testek mechanikai szerkezetének részleteiben mindig is felismerték Isten bölcsességét, e bölcsességnek feltétlenül meg kell mutatkoznia a világ általános kormányzásában és a természeti törvények felépítésében is. Olyannyira így van ez, hogy e bölcsesség végzéseit észrevehetjük a mozgás általános törvényeiben is. Ha ugyanis a testek semmi egyébből nem állnának, mint kiterjedéssel bíró tömegből, a mozgás pedig semmi egyébből, mint helyváltoztatásból, és ha mindent kizárólag ezekből a definíciókból kellene és lehetne levezetni geometriai szükségszerűséggel, akkor ebből az következnék - miként másutt megmutattam -, hogy a legkisebb test ugyanakkora sebességet kölcsönözne a legnagyobbnak, amelyik nyugalomban van és amelyikkel találkozik, mint amekkora sebessége saját magának van, mégpedig anélkül, hogy bármenynyit is veszítene a magáéból; és még egy sor más ilyen szabályt kellene elfogadnunk, amelyek teljességgel kizáiják valamilyen rendszer létrehozását. Viszont az isteni bölcsességnek az a rendelkezése, hogy összesen mindig ugyanaz az erő és ugyanaz az irány maradjon meg, még biztosítja ezt. Sőt úgy találom, hogy a természet több működését kétféleképpen is lehet bizonyítani, mégpedig a hatóok vizsgálatával, és a célok vizsgálatával is, felhasználva például Istennek azt a határozatát, hogy mindig a legegyszerűbb és a leginkább meghatározott módon hozza létre a hatást, amint másutt, a fényvisszaverődés-tan és a sugártöréstan szabályainak levezetésénél megmutattam, és miként arról hamarosan bővebben is beszélek majd.

Helyénvaló megjegyezni ezt, hogy azokat, akik mechanikusan próbálják magyarázni egy állat első szövetének, valamint a részek egész gépezetének kialakulását, kibékíthessük azokkal, akik célokokkal magyarázzák ugyanezt a szerkezetet. Mindkettő jó, mindkettő hasznos lehet, mégpedig nem csupán azért, hogy megcsodáljuk a nagy mester művészetét, hanem azért is, hogy hasznos dolgokat fedezzünk fel a fizikában és az orvostudományban. És e különböző utakon járó szerzőknek egyáltalán nem kell becsmérelniük egymást. Azt látom ugyanis, hogy akik az isteni anatómia szépségének magyarázatára törekszenek, gúnyolódnak azokon, akik azt képzelik, hogy bizonyos folyadékok véletlennek látszó mozgása is létrehozhatta a testrészeknek ezt a szép változatosságát, és úgy kezelik őket, mintha elbizakodottak és istentelenek volnának. Ezek viszont együgyűeknek és babonásaknak tartják amazokat, s hasonlatosaknak a régiekhez, akik istentelenséggel vádolták a fizikusokat, amiért azt állították, hogy a mennydörgés nem Jupiter műve, hanem valamilyen, a felhőkben található anyagé.

Az lenne a legjobb, ha összekapcsolnánk egymással a két megközelítési módot; mert - ha szabad egy közönséges hasonlattal élnem - nemcsak azzal ismerem el és dicsérem egy kézműves hozzáértését, ha megmutatom, hogy milyen szándékai voltak, amikor megcsinálta gépének alkatrészeit, hanem azzal is, ha megmagyarázom, milyen szerszámokat használt minden egyes alkatrész elkészítésénél, kiváltképp ha ezek a szerszámok egyszerűek és ötletesen vannak kitalálva. <<<(((erről a Newton-ról még nem hallottam -FÁ)))>>>

Isten elég ügyes művész ahhoz, hogy a mi testünknél ezerszerte elmésebb gépezetet csináljon úgy, hogy csak néhány nagyon egyszerű folyadékot használ, amelyeket egyenesen úgy alkotott meg, hogy csak az általános természeti törvényekre legyen szükség ahhoz, hogy úgy keveredjenek, ahogy kell egy ilyen csodálatos okozat létrehozásához; de az is igaz, hogy ez nem következnék be, ha nem Isten volna a természet alkotója. Úgy látom viszont, hogy a hatóokok módszere - amely valóban mélyebb, valahogyan közvetlenebb és a priori - meglehetősen nehéz, amikor a részletekhez érünk, és úgy vélem, hogy filozófusaink legtöbbször még elég messze vannak ettől.

###### <<<(((a ható okok módszere illetve elve főleg a gép-szerkesztésben jutott nagy szerephez …. Kiegészíteném a talán a cél-okokhoz sorolható nem várt véletlenek kizárásának elvével, amelybe bele lehet érteni a környezettől való szigetelést csakúgy, mint a gépezet hatásmechanizmusának belső megbízhatóságát -FÁ)))>>>

A célokok módszere viszont könnyebb, és gyakran mégis alkalmas arra, hogy felfedezzünk fontos és hasznos igazságokat, amelyeket a másik, inkább fizikai jellegű úton még sokáig kellett volna keresnünk - figyelemre méltó példákat szolgáltathat erre az anatómia. Úgy vélem, Snellius is - aki elsőként fedezte fel a fénytörés szabályait - sokáig várhatott volna erre a felfedezésre, ha először azt akarta volna kikutatni, hogy hogyan jön létre a fény. Ő azonban szemlátomást azt a módszert követte, amelyet a régiek alkalmaztak a fényvisszaverődés-tanban, és amely valójában a célokokat vizsgálta. Mert - miként Larisszai Heliodórosz egy kis értekezéséből és máshonnan is látható - a régiek akkor fedezték fel a beesési és a visszaverődési szög egyenlőségét, amikor azt a legkönnyebb utat keresték, amelyen egy fénysugár eljuthat egy adott pontból egy adott síkon történő visszaverődés által egy másik adott pontba (feltételezve, hogy a természetnek ez a szándéka). Ezt alkalmazta azután még ötletesebben a fénytörésre Snellius, utána pedig Fermat (bár anélkül, hogy tudott volna az előbbiről). Ha ugyanis a sugarak azt a szabályt követik, hogy ugyanazokban a közegekben a szögek szinuszainak aránya ugyanaz, ami egyben a közegek ellenállásainak az aránya is, akkor kiderül, hogy ez az a legkönnyebb vagy legalábbis legjobban meghatározott út, amelyen egy bizonyos közeg adott pontjából el lehet jutni egy másik közeg adott pontjába. És ugyanennek a tételnek az a bizonyítása, amelyet Descartes a hatóokok vizsgálatával akart elvégezni, meglehetősen távol áll attól, hogy ugyanilyen jó legyen. Legalábbis gyaníthatjuk, hogy ezen a módon sohasem ismerte volna föl, ha Hollandiában nem hallott volna valamit Snellius felfedezéséről.”

Úgy tűnik azonban, a newtoni felfogás közelebb állt a kor általános hangulatához, a kor emberéhez, és ezek hatására a kor tudósaihoz is - ez pedig biztosította Newton győzelmét a vetélytársak felett. <<<(((ő is vetélytársakban gondolkodott? Jó az, hogy versenyként fogjuk fel utólag a tudományfejlődést és egyes elméleti irányzatok elterjedését? -FÁ)))>>>

###### <<<(((Mindenesetre úgy fizikát oktatni, tanulni, hogy valaki legalább efféle szövegeket ne olvasson, teljesen irreális. -FÁ)))>>>

Ez a világkép - éppen a sikeresség miatt - elterjedt, mintegy két évszázadon keresztül általános szemléletmód volt a fizikában. <<<(((itt most a teremtett és véletlen útján kifejlődött világról szóló szemléletek társítására utal a mondat? -FÁ)))>>> Newton utódai tovább pontosítják az általa megadott fogalmakat, finomítják a matematikai apparátust, az elmélet gyakorlóterepévé változtatják a környezeti mozgásokat és a bolygórendszert. Hasonlóan járnak el a nem mechanikai és gravitációs jellegű problémák esetében, és nemcsak a fizikában, hanem a tudományos kutatás többi területén is.

A filozófiában Newton közvetlenül jelentős hatást gyakorolt szűk baráti körének egyik tagjára, **John Locke**-ra. Az angol filozófus az empirista iskola (Hobbes) követője, szemlélete inkább ismeretelméleti, mint természetfilozófiai jellegű. Ismereteink eredetét keresve tagadja a velünk született eszmék létezését.

“Tegyük fel tehát, hogy az elme, amint mi mondjuk, fehér lap, nincs rajta semmiféle jel, eszmék nélkül való; hogyan telik meg? Hogyan jut hozzá ahhoz az óriási tárházhoz, amelyet az ember szorgalmas és korláttalan képzelete fest rá a maga szinte vég nélküli változatosságában? Honnan vette az észnek és a tudásnak mindezt az anyagát? Erre egyetlen szóval felelek: tapasztalásból, <<<(((talán a kinyilatkoztatással vitatkozik? Nem értem mi ellen fenekednek örökké. Talán ma már nem kitapintható amivel vitatkoztak. -FÁ)))>>> ezen alapul minden tudásunk, és végeredményben ebből is származik.”68

68John Locke: Értekezés az emberi értelemről (Akadémiai Kiadó, Budapest, 1964).

A külső világ tapasztalásának forrása az érzékelés (a belsőé a reflexió). A dolgok tulajdonságainak hatására az érzékelés révén egyszerű eszmék jönnek létre bennünk. A tulajdonságok - Galilei, Descartes, Hobbes nyomán - kétfélék: elsődlegesek (amelyek a testektől elválaszthatatlanok, objektívek, mennyiségileg kifejezhetők, mint a kiterjedés, alak, áthatolhatatlanság, mozgás, szám stb.) és másodlagosak (amelyek az elsődlegeseken keresztül jönnek létre bennünk, szubjektivek, mint az íz, szag, szín, hang stb.). Az előbbiek létrehozta eszmék a tulajdonságok képmásai, az utóbbiak által létrehozottak azonban nem hasonlítanak létrehozóikra. Az elme ezekből az egyszerűekből aztán összetett eszméket (absztrakciókat, általános fogalmakat stb.) hoz létre, de ezek már távolabb vannak a valóságtól.

Locke ezzel egy jellegzetes angolszász gondolkodási vonalat indít el, amelynek következő képviselője a XVIII. században **George Berkeley** (1685-1753) püspök. Szerinte az elsődleges minőségek éppoly szubjektivek, mint a másodlagosak, azoktól egyébként sem észlelhetőek különváltan. E szubjektív minőségek létezésének helye csak a tudatunk lehet, azon kívül nem léteznek dolgok. A tárgyak annyiban léteznek, amennyiben érzékeljük őket (Esse est percipi.). Általánosabb képzetek (pl. olyan háromszög, amely sem hegyes-, sem derék-, sem tompaszögű) pedig nem is létezhetnek.

A csoport talán legnagyobb hatású tagja a skót **Dávid Hume** (1711-1776) volt. Ismereteink egyedüli forrása nála is az észlelés:

“... a gondolkodás minden anyaga külső vagy belső érzésből ered, csak ezek vegyítése és összekapcsolása tartozik az elme és az akarat tevékenységi körébe. Vagy hogy a filozófia nyelvén fejezzem ki magamat, minden eszménk, vagyis gyengébb képzetünk a benyomásainknak, vagyis az elevenebb képzeteinknek másolata.”69

69David Hume: Tanulmány az emberi értelemről (Magyar Helikon, Budapest, 1973).

De hogy az érzetek tudatunktól független anyagi tárgyaktól származnak, valamiféle közvetítő szerepet töltenek be vagy magából az elméből erednek - e kérdés megválaszolását illetően az angol filozófus igen szkeptikus.

“Nos, mivel szellemünknek semmi sem jelenik meg az észleleteken kívül, és mivel ideáink mindig valami olyanból származnak, ami korábban már jelen volt a szellemben, következésképpen lehetetlen eljutnunk odáig, hogy elképzeljük vagy kialakítsuk az ideáját olyasvalaminek, ami fajtája szerint különbözik az ideáktól és a benyomásoktól. Ha végsőkig feszített figyelemmel fordulunk a külső dolgok felé, ha képzelőerőnket az égig vagy akár a világegyetem legvégső határáig hajszoljuk is, akkor sem tudunk kilépni önmagunkból egy pillanatra sem, és nem tudunk elképzelni semmiféle létezést e szűk körben megjelenő észleleteinken kívül. Ez képzelőerőnk világegyeteme, és csak olyan ideáink vannak, melyek ezen belül jönnek létre.” <<<(((végül is logikus az elégséges és a végső ok különbsége is hasonló határvonalról szól -FÁ)))>>>

A tárgyak és a képzetek közötti kapcsolatot sosem tapasztalhatjuk, ezért a probléma eldönthetetlen.

Ennek megfelelően csak a tudatbeli folyamatokkal az eszmetársításokkal érdemes foglalkozni. Ezek három típusa:

* a hasonlóság,
* az okság és
* az érintkezés.

Az ok-okozatinak vélt kapcsolat azonban nem genetikus vagy szükségszerű, hanem csak időrendi lehet, megszokáson alapul. Igazából semmi (pl. egy természettörvény) sem bizonyítható, legfeljebb valószínűsíthető. Az ideális a teljes indukció lenne, de az lehetetlen. E szkepticizmus jelentős mértékben befolyásolta Immánuel Kant, majd a XX. század eleji tudományfilozófia gondolkodását.

A XVII. században keletkezett newtoni nézetek pl. **Francois Voltaire** (1694-1778) francia filozófus lelkes tevékenységének köszönhetően átkerültek a kontinensre és a XVIII. századi felvilágosodás természettudományos alapját képezték, de még később is meghatározó szerepet töltöttek be a tudományos fejlődésben.

Minden kutatást ez a minta vezérel.

* Vegyük az adott anyagot (testet),
* a reá ható (esetleg csak feltételezett: pl. élet-) erőket
* és nézzük a beálló mozgást.

Julién Lamettrie francia orvos és filozófus már nem lát minőségi különbséget a szervetlen létezők, a növények, az állatok és az ember között, “Az embergép” címmel ír könyvet.70

70Juien Lamettrie: Az embergép (Akadémiai Kiadó, Budapest, 1968).

“Az emberi test olyan gép, amely önmaga húzza fel rugóit: az örök mozgás eleven képe. A táplálékok helyreállítják azt, amit a láz feldúl. Nélkülük a lélek elsorvad, elvadul és erőtlenül elhal. Gyertya, amely kialvásának pillanatában újra lángra lobban. Ám táplálják a testet, öntsenek tartályaiba erős nedveket, éltető folyadékokat, s akkor a lélek is élni fog, büszke bátorsággal töltekezik, s a katona, akit a víz megfutamított, megvadul és a dobok zajára vidáman rohan a halálba. Ugyanígy a meleg víz serkenti a vért, a hideg megdermeszti.”

A mechanikai szemléletet filozófiai szinten legátfogóbban talán Paul-Henri Holbach német származású francia filozófus fejtette ki. Az ő változatában már Teremtő sincsen, csakis az anyag önmaga alkotja a világot, a természetet.

“A világegyetem, minden létezőnek ez a hatalmas foglalata, sehol másból nem áll, mint anyagból és mozgásból.... Sokféle és végtelen sokféle összetételű anyag szünet nélkül különféle mozgást fogad be és mozgást kelt. ... Vagyis a természet, a szónak legáltalánosabb értelmében, nagy egész, mely a különféle anyagokból, ezeknek különféle kombinációjából és különféle mozgásából tevődik össze.

... a megfigyelések elemzése meggyőz arról, hogy a természetben minden állandó mozgásban van, hogy egyetlen részecskéje sincs valójában nyugalomban, hogy a természet az, ami mindenben működik és megszűnnék természet lenni, ha nem mozogna, vagyis mozgás nélkül semmi sem keletkezhet, semmi sem maradhat fenn, semmi sem működhet. Tehát a természet fogalma szükségképpen magában foglalja a mozgás fogalmát. De - kérdezhetné valaki - honnan nyerte a természet a maga mozgását? Önön magától feleljük erre, mert a természet az a nagy mindenség, amin kívül nyilván semmi sem létezhet.

Ha előítéletek nélkül vizsgálták volna a természetet régóta rájöhettek volna, hogy az anyag saját erői által hat és mozgásához nincs szükség semmiféle külső mozgatóra. ... az anyag mindig létezett,... saját lényegénél fogva mozog,... a természet minden jelensége a benne foglalt különféle anyagok mozgásából származik és ezért a természet, mint a főnixmadár, hamuiból folytonosan új életre támad.”71

71Holbach: A természet rendszere (Akadémiai Kiadó, Budapest, 1978).

Mi ez az anyag?

“... hozzánk viszonyítva anyag mindaz, ami valamely módon érzékszerveinkre hat, ... Minden anyag közös tulajdonsága a kiterjedés, oszthatóság, áthatolhatatlanság, alakíthatóság, mozgékonyság, vagyis az egy tömegben való mozgásképesség.

Létezni annyi, mint meghatározott lényegnek megfelelő módon mozogni.”

Ez a fizikai tulajdonságokkal rendelkező anyag tökéletesen meghatározott módon végzi mechanikai mozgását.

“A heves szél által felkavart porfelhőben - bármennyire kaotikusnak látjuk - avagy az ellentétes szelek félelmetes vihara által keltett szökőárban nincs egyetlen porszem vagy vízmolekula, melynek a helyzete véletlen volna, amely ne elégséges ok hatására foglalná el a helyét és amely ne szigorúan megszabott módon viselkednék. Egy geométer, aki pontosan ismerné a fenti két esetben ható különböző erőket és a mozgó molekulák tulajdonságait, ki tudná mutatni, hogy az adott okok alapján minden molekulának pontosan úgy kell viselkednie és nem viselkedhet másként, mint ahogy valóban viselkedik.”

Az emberi tudat a vázolt tulajdonságokkal rendelkező anyagi világ szerves része.

"Az emberek azért homályosították el a mozgásaik rejtett hajtóelvéről alkotott eszméiket, mert nem a tapasztalatra építettek, és nem hallgattak a józan észre.

###### <<<(((Holbach mint pragmatista előítéletnek nevezi azokat az ideákat, amik előfeltételei voltak a tudományos gondolkodás kialakulásának. Azaz szem elől téveszti a teljes halmazt, és a részhalmazt próbálja teljesként kezelni, amiből hamis megállapítások következnek. -FÁ)))>>>

Ha megszabadítva magunkat előítéleteinktől, vizsgálat alá akarjuk venni lelkünket, vagyis a bennünk működő hajtóerői akkor meg fogunk győződni arról, hagy a lélek része a testnek, hogy csak elvonás által különíthető el a testtől: nem más, mint maga a test, bizonyos funkciói és tulajdonságai szerint tekintve, melyekre a természet és sajátos alkata képesítik. Látni fogjuk, hogy ez a lélek kénytelen ugyanazokat a mozgásokat átélni, mint a test: vele együtt születik és fejlődik ...”

Sőt még a társadalmi mozgások is - fatalista - mechanikai magyarázatot nyernek:

“Ha hatásuk nyomán ítéljük meg az okokat, akkor nincsenek kis okok a világmindenségben. A természetben, ahol minden összefonódik, ahol minden hat és visszahat, ahol minden mozog és változik, vegyül és szétbomlik, alakul és elpusztul, nincs egyetlen atom, amely ne játszanék fontos és szükségszerű szerepet, ne váltana ki csodálatos hatásokat.... Sok keserűség egy fanatikus epéjében, túlságosan felhevült vér egy hódító szívében, nehéz emésztés egy uralkodó gyomrában, egy asszony elméjén átsuhanó szerelmi szeszély: elégséges okok, hogy háborúkat kezdessenek el, hogy az emberek millióit küldessék vágóhídra, védőfalakat döntessenek le, városokat tétessenek hamuvá, országokat döntessenek gyászba és nyomorba, éhséget és járványokat idézzenek elő, századokra kiható nyomorúságot és pusztulást terjesszenek el a Föld felszínén.”

A kor tudósai tehát mindent mechanikai szerkezetként fogtak fel, mindenre közvetlen mechanikai magyarázatot kívántak adni. E felfogás lehet, hogy ma túlzónak tűnik, de feltétlenül megvoltak a maga előnyei. Egyrészt e szemléletmód konkrét eredményekkel járhatott a tudományokban (pl. elektrosztatika), másrészt általában is bíztatást jelentett a kutatások számára, hiszen ez a nézőpont alapvetően optimista a megismerés lehetőségét illetően, ugyanis szerinte minden leírható és megérthető.

A matematikai modellalkotásnak az a módszere, ami a Principiábán megnyilvánul, szinte örök ideál maradt, sokszor még ma is ezt a követelményt támasztják egy a tudomány rangra igényt tartó ismeretrendszerrel szemben. E módszer lényege, hogy először viszonylag egyszerű létezőket és feltételeket veszünk, ezekhez megadunk egy matematikai modellt vagy technikát. A számítások eredményeit összevetjük a megfigyelési adatokkal, eltérés esetén módosítjuk a létezők tulajdonságait és a feltételeket, majd az eljárást folytatjuk egészen addig, míg kielégítő pontosságot nem kapunk.

###### <<<(((a matematika modell kifejezést több értelemben is lehet használni. Az itt mondottat inkább matematizált illetve matematikai algoritmusokat használó modellnek nevezném bármely szaktudományi területen. Jó hogy évszázadokkal később, de kínálja magát a másik értelmezés is a matematikai modell tekintetében, éspedig a matematikai típusú absztrakció bármely más területen, de leginkább deduktív axiomatikában. Például a rendszerelméleti axiomatika matematikai absztrakciós módszereket alapul vevő kialakításában. Akár egyetlen egy számítást sem alkalmazva…. -FÁ)))>>>

Newton filozófiai hatása sem korlátozható az angol és francia nyelvterületre, hanem kimutatható természetesen a német vagy más filozófiai hagyományokban is. Hétköznapi szemléletünk, a természettel kapcsolatos mindennapi álláspontjaink pedig a térről, az időről, az erőkről, a mozgásról mai napig megfelel a mechanikai felfogásnak. Ez a szemlélet, amelyet a közvetlen közelünkben lévő tárgyak, események alátámasztanak, amelyet felnövekvőben legkönnyebben elsajátítunk.

## E. A biológiai ismeretek a XVII. Században *(Kiss János)*

A XVII. században megváltozott Európa politikai, gazdasági és tudományos állapota az előző évszázadokhoz képest. Itália több évszázadra kiterjedő szellemi vezető hatalma leáldozott, a Németalföld (Hollandia) és Anglia került az élre, majd később Franciaország, gazdasági, politikai és szellemi vonatkozásokban egyaránt. A gyarmatokon zajló gazdálkodással, a manufakturális jellegű iparosodással és az egyre gyorsabban fejlődő kereskedelemmel párhuzamosan haladt előre a polgárosodás folyamata Európa nyugati felén. Mindennek köszönhetően az egyház szellemi hatalma is egyre jobban csökkent, helyébe a tőke fejlődő uralma készülődött. Különösen igaz volt ez Hollandiában, ahol a növekvő jómód viszonylagosan növekvő liberalizmussal párosult. Angliában a királyi hatalom és a parlament hosszú harcát követően 1688-ban végül is megszűnt a királyi egyeduralom. Franciaországban azonban a hugenották mozgalmainak szétverése és a parasztok felkeléseinek letörése után megszilárdult az abszolút monarchia. Colbert merkantilista pénzügyi irányítása lehetővé tette a kedvező gazdasági helyzet kialakulását, az ipar, a kereskedelem és a hajózás fejlődését, megerősítette a gyarmatokat, javította a közlekedési viszonyokat, de mégsem tudta eltüntetni a mély szakadékot a Napkirály pazarló udvara és a nép nem túl jó helyzete között. Az egyre növekvő erkölcsi, majd szellemi ellenállás végül a következő században a felvilágosodáshoz, aztán a polgári forradalomhoz vezetett itt is.

A szellemi élet is követte ezeket a változásokat. Bár még javában dolgozott az inkvizíció, folytak a boszorkányperek, divatos volt a csillagjóslás, fejlett volt az alkimista aranycsinálás, körülvéve misztikus tanokkal, mégis lassan- lassan kezdett kibontakozni a modern tudományos gondolkodás is. Jól illusztrálja a változást Giordano Bruno és az elkövetkezendő század tudósainak különbsége: a XVI. században élt Giordano Bruno mindennel szemben lázadozó és képzeletdús zseni volt, aki nagyon sok dolgot megsejtett, de tudni alig tudott valamit; a XVII. században viszont a tudósok - a mindennapi élet szükségleteinek megfelelően - sok mindent kipróbáltak, mérlegeltek, rendszereztek, távcsővel és mikroszkóppal felfedeztek, kísérlettel igazoltak vagy legalábbis próbáltak igazolni elképzeléseket, matematikailag bizonyítottak, a kétkedéseiket is új ismeretek nyerésének szolgálatába állították - azaz ekkor kezdett megbízható alapra helyeződni a tudományos gondolkodás. Ez a megbízható alap pedig egyrészt az alkímia méhében kibontakozó kémiai jellegű gondolkodás volt, de emellett egyre erőteljesebben bontakozott ki a mechanikai világszemlélet, aminek fejlesztésén egymástól függetlenül dolgozó, de egymással már kapcsolatra lépő tudósok hada tevékenykedett, és amelyet a század vége felé Newton munkássága koronázott meg. A század tehát a mechanika százada, de a barokk százada is.

A biológiában is - mint minden természettudományban - kezdetben csak az ismeretek felgyülemlését és alkalmazását figyelhetjük meg, majd megjelent a hipotézis- és elméletalkotás igénye; ám ezek (elsősorban kísérletes) igazolására csak a XVII. századtól került sor; elméleti rendszerek kialakulásának csak a XIX. századtól lehetünk tanúi. A XVII. század a természetrajz kora, amikor már voltak igazolt ismeretek, de még alig vagy nem álltak össze rendszerekké (XVII. századtól a XIX. század közepéig).

AXVII. századelője négy szempontból is fontos a biológia (és általában a természettudományok) fejlődése számára:

1. Galilei munkásságával megkezdődött a tudományos kísérletezés kora.

2. Francis Bacon megfogalmazta (1605 és 1620) a század tudományos programját: a kísérletezés elméletét, a

**megtervezett tapasztalást**, amiből indukcióval fel lehet építeni a nagy ismeretrendszereket,

majd René Descartes filozófiája a racionalizmust tűzte ki célul (1620-37) és racionalizmusát matematikai levezetésekkel a természeti, köztük biológiai jelenségeken próbálta ki, mint a látás, az életműködések és a lélek, a szív és a keringés funkciói (1644 és posztumusz műve, 1662). <<<(((ez még nem célracionalizmus? -FÁ)))>>>

3. A századfordulón többek között a németalföldi Janssen-testvérek feltalálták a mikroszkópot amit aztán folyamatosan tökéletesítettek és természetbúvárok garmadája használta fel új világok feltárására.

4. Létrehozták az első tudományos társaságokat az új tudományos elméletek gondolati kipróbálására, a kutatók eszmecseréjének elősegítésére.

A XVII. század nagy jelentőségű tette volt, hogy Európában akadémiák és tudós társaságok jöttek létre. Ezek akkor még kevés érdeklődő ember csoportosulását jelentették; ők megvitatták egymással a számukra érdekes témákat. <<<(((amiket akkor még nem uralt a burokrata önérdek, vagy kevésbé -FÁ)))>>> Némelyik tudós társaságot hercegek patronálták vagy a társaság gazdag emberei, de az egyedüli tartós életben tartó erő a tagok tudományos érdeklődése volt. Az akadémiák lehetővé tették a gondolatok szabad kifejezését, ami igen jelentősen járult hozzá a tudományos gondolkodás fejlődéséhez. 1603-ban alapították az Accademia dei Linceit (Hiúzok Akadémiáját) Rómában; Galilei ennek a társaságnak készítette el teleszkópját és mikroszkópját (a “mikroszkóp” nevet egy másik tag, a rovarász Johannes Faber adta az eszköznek). Ezt követte (1657) a rövid életű Accademia dél Cimento (Kísérleti Akadémia) Firenzében, amelyet Galilei tisztelői hoztak létre. Fontosabb európai akadémiák: a Johann Lorenz Bausch schweinfurti városi főorvos és kollégái alapította Academia Naturae Curiosorum (Német Akadémia, 1652), a Richelieu alapította (1635) Académia Frangaise (Francia Akadémia; inkább irodalmi célzattal), majd a Colbert által életrehívott Académie des Sciences (Tudományos Akadémia, alapítva 1666-ban), és több kisebb akadémia Angliában, amelyek 1662-ban királyi kartával egyesültek a londoni Royal Society-ban (Királyi Társaságban). A berlini Tudományos Akadémiát 1700-ban tudta létrehozni Gottfried Wilhelm Leibniz. <<<(((tehát az MTA igen késői alapítású intézmény ezekhez képest, talán egy kiforrottabb mintát követve -FÁ)))>>> Ugyanakkor, amikor az akadémiák, természettudományos gyűjtemények és múzeumok is keletkeztek sokfelé: Koppenhágában, Veronában, Hamburgban, Párizsban, Rómában és Londonban. A tudományos viták mellett a társaságok létrejöttének másik jelentősége az volt, hogy megjelentek az első tudományos publikációk. <<<(((amelyek még nem az idézettségi indexek bűvöletében, eszközeként működtek -FÁ)))>>> A korai akadémiák több folyóiratot is kezdeményeztek, az elsőt Franciaországban publikálták 1665-ben Journal des Scavants címmel. Három hónappal később a londoni Royal Society is megjelentette a Philosophical Transactions című folyóiratát.

Kezdetben ezek a befejezett vagy éppen végzett tudományos munkák **szemlézését** szolgálták, de később a hangsúly áttolódott az originális kutatásokról szóló **beszámolókra** (ezzel sikerült magas tudományos minőségi szintet fenntartani). Hamarosan megjelentek a speciális tudományos folyóiratok is.

### 1. A humorális élettan és kórtan bukása: a felemelkedő iatrokémiai és a iatrofizikai szemlélet

A fejlődő alkímiából kibontakozó kémiai és a fizikai mérések nyomán létrejövő mechanikai szemlélet új elképzeléseket szült. Ezek az elgondolások bizonyos korlátok között alkalmasak voltak kevésbé bonyolult természeti jelenségek megvilágítására és valamilyen dedukcióval való értelmezésére. A biológiai és orvosi vonatkozásokban ilyen felfogások közé tartozott a iatrokémiaés a iatrofizika (vagy iatromechanika) (“iatrosz” görögül az orvost jelenti). A XVII. század biológiai és orvosi szemléletében ezek rázkódtatták meg először az antik világból Galénosz közvetítésével eredeztethető nedvek tanát (a humorális fiziológiát és humorális kórtant); ezek készítették elő az élőkről és az emberi testről kimunkált új természettudományos felfogást; de a gyakorlati orvoslásra kezdetben még alig voltak hatással.

Az alkímiában gyökerező iatrokémia (vagy kemiátria) minden életjelenséget csakis kémiai szempontból vélt meghatározhatónak és kémiailag befolyásolhatónak; e szemlélet szerint az életfolyamatok lényege kémiai történés. Ezért a iatrokémiai szemlélet még fontos életfunkciókat tulajdonított a testnedveknek. A iatrokémiai orvosi (főleg gyógyászati) elképzelések Paracelsus munkásságára nyúlnak vissza. Az 1590-es években Johannes Huser (1545 körül-1600 körül) kiadta Paracelsus orvostudományi írásait. Tanításai ettől kezdve fokozatosan terjedtek. Az egész század nagy orvosi vitája volt a galenisták és a paracelzisták közötti ún. “antimonháború”, ami végül is a fémek gyógyászati alkalmazásával volt összefüggésben. A kemiátria első fő műve Oswald Croll orvos és diplomata “Basilica chymicá,,-ja, ami 1609-ben jelent meg. Ugyanebben az évben Johann Hartmann (1568-1627) német matematikus és orvos a marburgi egyetemen megkapta az orvosi kémia professzora címét (amivel a iatrokémia elnyerte az egyetemi elismerést). A kemiátriai elképzelés azonban csak átmeneti szakaszt jelentett a modem kémia és a farmakológia felé vezető úton, bár a századfordulón Georg Emst Stahl (1660-1734) még ennek szellemében alkotta meg a XVIII. században majd elbukó “flogiszton”-elméletél.

A iatrofizika (vagy iatromechanika) viszont - az általános mechanikai világfelfogásnak megfelelően - az élet minden egészséges vagy kóros megnyilvánulását mechanikai jelenségként értelmezte, amit meg is próbált magyarázni a fizika és a matematika törvényszerűségeivel. A iatrofizika elméleti alapjai az ókori atomizmusra és inkább a test szilárd összetevőinek vizsgálatára vezethetők vissza. Ezt a hozzáállást elevenítették fel a XVII. század neoatomista tudósai, köztük Pierre Gassendi (1592-1655) filozófus és - kissé megváltozott alakban - René Descartes (1596-1650). Eszerint már nem a testnedvek összetétele, élettani minőségei vagy a iatrokémiai potenciái, a harmóniái a döntőek, hanem pl. a hidrosztatikai törvényszerűségek, az erek pórusainak és a vér részecskéinek együttes működése, az áramlások, a nyomásviszonyok, amelyek magyarázatot adnak pl. az erekben zajló történésekre.

Főleg a iatrofizikai szemlélet túlhajtásait szokták úgy értelmezni, hogy még az élőlényeket is gépszerűen működő mechanikus masináknak fogták fel. ami ugyan igaz, de meg kell jegyezni, hogy a mechanikai világképnek ez csak az egyik - talán nem is a legfontosabb - szempontja.

Talán sokkal fontosabb a másik - és különösen a biológia vonatkozásában jelentős - oldala: ez a mechanikai világszemlélet fedezte fel igazán a **determinizmus**t.

Addig csak misztikus hatások voltak, esetleg isteni beavatkozások, természettörvénynek mondott összefüggések, de **az okság igazibb, pszichikailag is kielégítőbb magyarázatára a mechanikai világszemlélet talált rá**.

A XVII. század második felének érdekes iatrokémikusa volt Johan Baptist van Helmont (1579-1644) flamand orvos, kémikus és természetbölcselő. Svájcban, Itáliában, Franciaországban és Angliában tett nagy utazásai után 1605-től Brüsszel közelében orvosi gyakorlatot folytatott. 1609-től 1616-ig visszavonult a Brüsszel melletti Vilvoorde-ba, hogy teljesen a vizsgálódásainak szentelhesse magát. 1634-ben egy évre egyházi őrizetbe került, mert az inkvizíciónál azzal vádolták meg, hogy tagadja a vallás gyógyító erejét, és Paracelsusnak (“vagyis magának az ördögnek”) a babonáiban hisz. Viszont elvetette Paracelsus szignatúratanát, a mikrokozmosz makrokozmosznak való megfelelését a három paracelsusi alapprincípiummal (“kén”, “só” és “higany”) egyetemben. Szerinte az őselem a víz. Ő alkotta meg a “**gáz**” fogalmát (a görög “**kháosz**”-ból). A vízgőztől megkülönböztette a gázt, illetve a levegőt. A természetben levő testek változásait és mozgásait láthatatlan szellemi erők irányítják; a szellem (“spiritus”), a lélek és a gáz egymást átfedő fogalmak. Nála is (akárcsak Paracelsusnál) az “archeus” a szervezetet képező, fenntartó és irányító központi erő; ez felelős minden - a normális és a zavart - életfolyamatért. A központi “archeus influus” a gyomorban található. Innen irányítja az emésztést “fermentáció” útján. Minden egyes szervben található egy “archeus insitus”, ami a gyomri archeus hatása alatt áll. Az archeusok benne lakoznak az anyagban, nem tudnak elszakadni tőle. A betegségek oka is az archeusnál kezdődik. A megbetegítő okot az “idea morbosa” hívja életre, ami önálló magként vagy parazitaként telepszik bele az archeusba. A gyógyulás lényege az “idea morbosá”-nak az archeusból való kiűzetése, az archeus megtisztítása. A leghatásosabb gyógyszerek a gyomorbeli archeusnál hatnak. Ilyenek a kémiai szerek, különösképpen a sók. A paracelsusi hagyományhoz híven a gyógyításra számos “arkánum”-ot ajánlott. Az volt a célja, hogy megcáfolja az ókori (galénoszi) nedvtant, és az élő szervezet számára alapvető kémiai jellegű anyagcsere-folyamatok jelentőségét hirdesse. Az életfolyamatokat kémiai folyamatoknak tartotta, amelyeket “gáz alakú erjesztő anyagok” hatására vezetett vissza. (A keresztény és misztikus vonásokkal elegyített iatrokémiát szembehelyezte a iatromechanikával.) Bebizonyította, hogy a növények táplálkozásában, a víznek. és a levegőnek fontos szerepe van. Egy cserépbe ültetett fűzfát nevelgetett. Megállapította, hogy a növekvő fűzfa az anyagát zömmel a levegőből szerzi be (mérte az öntözött fűzfa tömeggyarapodását és a rálocsolt vizet, számításba vette a víz elpárolgását, és az adatokból következtette, hogy a növényi anyag nagy része a levegőből származik).

A század másik nagy iatrokémikusa volt Franz de le Boe (vagy Franciscus Sylvius; 1614-1672) holland orvos, anatómus és botanikus, leideni professzor. Tudományos felfogása a galénoszi nedvtan újabb változata volt csupán, van Helmont kemiátriájának hatásával együtt, de annak miszticizmusa nélkül. Ebben alapvető szerepet játszott a pezsgés, az erjedés, a sav és a lúg közötti kémiai reakció. A fiziológiai folyamatokat kémiai reakciókkal magyarázta. Különösen sokat foglalkozott a testnedvek (nyál, epe, hasnyál, vér) kémiai összetételével és folyamataival. Úgy vélte, hogy a hasnyálmirigy a nyálmirigyekhez hasonlóan egy lúgos váladékot termel, amit a nyál és az epe savassága ellensúlyoz. Az egyensúlyhoz szükség van a test megfelelő hőmérsékletére, amit a szív tart fenn (ez a hő a “calor innatus”), valamint az agy velőből az idegeken át kiáramló és a nyirokereken át visszatérő “életszellem” (spiritusz). Szerinte pl. az állati “spiritusz” - ami az idegrendszer aktivitásához, de magukhoz az életfolyamatokhoz is szükséges lényegi alkotó - a legegyszerűbb és a legtisztább testnedv, összehasonlítható az alkoholos spiritusszal. Az idegi betegségek az ő véleménye szerint az állati spiritusz zavarai, amiket az illékony savas spirituszok okoznak. Kórtana is nagyon leegyszerűsítette a betegségek megértését: maga a betegség a savasság és a lúgosság egyensúlyának megbomlása: vagy savanyúbb a vér a kelleténél, vagy lúgosabb. A gyógyításnak ezt az egyensúlyt kell visszaállítania. Számos új kémiai gyógyszert fejlesztett ki. Sokféle kórformát és tünetet helyesebben értelmezett, mint a korábbiak; ezek között a legjelentősebb a tuberkulumok leírása a tüdőbajban. Leírta a Leidenben 1667-től pusztító járványokat. Tanítványai közé tartozott Rénier de Graaf is.

Már a XVIII. században teljesedett ki Georg Emst Stahl (1660-1734) német kémikus és vitalista orvos kemiátriai nézetrendszere és vitalizmusa. A flogiszton-elmélete szerint minden anyag égésekor egy “flogiszton”-nak nevezett anyag szabadul fel. A mechanikus felfogás ellentéteként született animizmusa szerint a lélek tartja egyben a testet. Animisztikus tanításában azt javasolta, hogy minden elmebeli és fizikai történés a lélek szigorú szabályozása alatt áll, vagyis a betegség voltaképpen a lélek védekezése a megbetegítő tényezőkkel szemben. Tehát szerinte a betegségeknél is elsősorban a lélekkel kell törődni, nem az anatómiával és az élettannal, a szervezet és a szervek lelkét kell ismerni és gyógyítani. A gyógyászatban ezt a vitalizmust honosította meg. (A nagyon tetszetős vitalista elméletet 1694-től kezdte tanítani a hallei egyetemen. Követői közé tartozott a montpellier-i iskola, a francia Barthez, Bordeu és Bichat, a német Wolff, Blumenbach, Treviranus és a XIX. században Johannes Müller.)

A mechanika biológiai alkalmazását előmozdította több találmány is. Fontos találmány volt az ugyancsak a századfordulón bevezetett **hőmérő**, amit az itáliai orvosok használtak először. Az itáliai egyetemeken először alkalmazták rendszeresen a mikroszkópot morfológiai megfigyelésekhez, bár a szélesebb körű használatára csak később került sor.



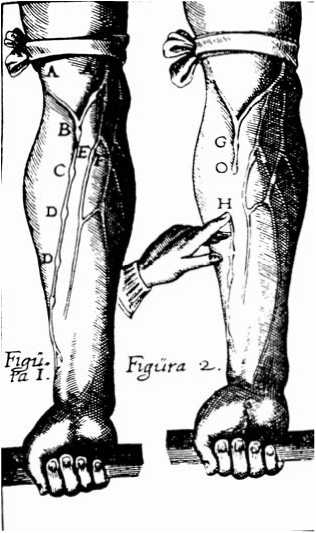
Santorio az anyagcserét vizsgáló mérlegben, Ars de statica medicina (Velence, 1614) című könyvéből.

**A hőmérő és a tömegmérés** új módszereivel akarta az ember napi anyagforgalmát feltárni az 1610-es években Santorio Santorio (1561-1636) itáliai orvos; Galilei egyik tanítványa. 1602-ben megjelent művében még a nedvtant vallotta, de már mechanisztikus magyarázatokkal szolgált, és javasolt fiziológiai méréseket. Ő volt az első orvos, aki elismert módon azzal kísérletezett, hogy megmérje az emberi test orvosi szempontból fontos adatait és folyamatait. Óriási mérlegen ülve táplálkozott és ürített, minden változást mért hosszú éveken át tartó kísérletsorozatban. Így bizonyította, hogy a test a bőrön és a tüdőn keresztül történő "észrevétlen kipárologtatás” (“perspiratio insensibilis”) folytán még további anyagokat ad le a környezetének, ami naponta kb. 1,25 kg, és ez több annál, mint amit a látható kiválasztott anyagok együttvéve kitesznek. <<<(((? -FÁ)))>>> Ezzel a kvantitatív méréssel elindította a iatromechanikát (vagy iatrofizikát), vagyis az életfolyamatok mechanisztikus szemléletét, azt, hogy az októl és az okozattól függő fizikai folyamatok alkalmazhatók az életfolyamatok leírására is. Készített még hőmérőt, ami a víz kiterjedésén alapult (1625), pulzusmérőt (“pulsilogium”), légnedvességmérőt is. A hippokratészi-galénoszi felfogáshoz (a testnedvek harmóniája) híven úgy véli, hogy a táplálékfelvétel és a kiválasztódás egyensúlyban vannak. Avicenna fiziológiájához fűzött kommentáljában (1625) fiziológiai mérőeszközök szerkezeti tervének egész sorát adta közre. A kísérleteivel a iatrofizika útjait egyengette. Descartes-ot megelőzve már óraműhöz hasonlította az emberi szervezetei.

A iatromechanikai szemlélet korai képviselője volt W. Harvey is, aki a nagy vérkörben zajló vérmozgást mechanikai-matematikai módon próbálta értelmezni. Később ez a gondolkodás R. Descartes filozófus és természetkutató munkásságában érte el egyik csúcsát: szerinte az állatok működése mechanikai gépszerű, de az embernek a mechanikai módon működő testén kívül lelke is van (ezt majd csak a következő században fogja túlhaladni a leegyszerűsítésben a francia Lamettrie).

### 2. A vér mozgása a vérerekben

Vesalius és más itáliai orvosok tanítványa volt William Harvey (1578-1657) angol orvos, anatómus, fiziológus, természettudós. 1598-ban Padovában vette fel az orvosi stúdiumokat. Tanárai között volt Fabrizio Geronimo ab Aquapendente (akivel bensőséges barátságot is kötött). A vénabillentyűkön végzett saját vizsgálataival felkeltette Harvey érdeklődését a vérerek iránt. Harvey a tanulmányait később Cambridge-ben folytatta. Anatómiai előadásokat, boncolásokat és anatómiai demonstrációkat tartott 1615-től a cambridge-i egyetemen, valamint a londoni St. Bartholomew Kórház Kollégiumában; ekkor lett az anatómia és a fiziológia professzora.



Harvey bizonyítása a vérkeringésre.

Titokban végzett kísérletei nyomán 1616-ban mondta ki először az előadásaiban, hogy a vér zárt rendszerben kering a testben. Az ezt követő tizenkét évet e tan igazolásának szentelte. Ennek érdekében nagyon alaposan járt el: igen sok állatot boncolt, az erekben követte a vér útját, elzárta és megnyitotta a vénákat és az artériákat, megfigyelte az elzárást követő duzzadást vagy lelapulást, megbecsülte a vér térfogati áramlását. Anatómiai és fizikai kísérleteivel bizonyította be, hogy a véráramlás nem történhet úgy, ahogy azt Galénosz állította, hanem a verőerekben ugyanaz a vér mozog, mint a visszerekben. Úgy vélte, és le is írta 1628-ban Frankfurtban kiadott Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus című értekezésében, hogy a vér körben forog, azaz kering. Már a kis, 78 oldalas brosúra előszavában utalt arra, hogy mindaz, amit eddig a szívről és a vér mozgásáról írtak, nem tűnik kielégítőnek. Vitatta, hogy a vér hűtő szerepű lenne, és inkább a táplálási funkcióját emelte ki. A szívből kifolyó vér mennyiségét megmérte, és arra következtetett, hogy a máj nem tud folyamatosan “főzni” ekkora mennyiséget. Bebizonyította, hogy a vér a szívbe a vénákon át tér vissza, ezért a szövetekben valamilyen összeköttetetést tételezett fel az artériák és a vénák között. A galénoszi titokzatos “spirituszt” - ami az artériás és a vénás vérben különböző volna - a vérhez tartozó sajátosságnak tartotta (mint a “meleget a meleg vízben”). Tagadta a szívkamrák falában állítólag létező pórusok meglétét. Végül megvilágította a saját módszerét: élveboncolásoknak, autopsziáknak és méréseknek kell a valóságot feltárni. Tizenhét fejezeten keresztül fejtette ki a saját nézeteit a vérkeringésről, mindig először a látottakra alapozva, a mérési eredményeket számszerűleg is közölve, és végül a következtetést éles logikával levonva.

Az induktív és a deduktív módszert mindig összekapcsolta (ez akkor a tudományos gondolkodás új minősége volt). ((( William Harvey (1578-1657) angol orvos)))

Az ötödik fejezetben foglalta össze a szívmozgásról végzett megfigyeléseinek eredményeit. Kimutatta, hogy a szív passzívan tágul ki és aktívan húzódik össze. A jobb kamra egy “véna arteriosába” hajtja a vért, de valójában ez minden részében és működésében artéria. A vér a bal kamrából az aortába, onnan az artériákon át az egész testbe jut. Ezután következnek a vizsgálatok, hogy hogyan kerül a vér az üres vénából az artériákba, illetve a jobb szívkamrából a balba. Számos bizonyítékból arra következtetett, hogy a tüdőn keresztüli út lehetséges és valóságos is. Egy meghatározott idő alatt a szívverés által kilökött vérmennyiség megméréséből arra következtet, hogy lehetetlenség egy nap vagy akár csak egyetlen óra hatalmas vérmennyiségét a szívnek kipréselnie vagy kifőznie. (Az artériák és a vénák közötti hajszálereket sohasem látta, de még a létezésükről sem tudott; mikroszkópos megfigyelést ekkor még nem végezhetett.) Azt gyanította, hogy a vér az artériákból a vénákba a szöveteken át diffundál. A mérgek, betegségek és orvosságok elterjedését a testben a véráramlásnak tulajdonította. A vérkeringés felfedezésével kapcsolatos munkássága jelentette az újkori kísérletes kvantitatív élettan nyitányát, mert a vérkeringés feltételezése először nyújtott a szervezet egyik fontos életműködésére racionális (fizikai) magyarázatok

Első kritikusa a saját tanítványa, James Primrose Londonból, aki 1630-ban elleniratot is közzétett. Később, 1648- ban ifjabb Jean Riolan párizsi anatómus próbálta menteni a galénoszi tanokat, azt állítva, hogy a test perifériája nincs bekapcsolva a vérkeringésbe; kifogásolta, hogy Harvey nem fordított kellő figyelmet az “életszellemre”. 1649-ben Harvey - jóllehet, akkor már mással foglalkozott - két levélben válaszolt ifj. Riolannak. Mások viszont támogatták elméletét, mint pl. Robert Fludd és Francis Glisson. Főképpen a németalföldi Jan de Wale (1604-1649) bizonyította állatkísérleteivel hatékonyan a vérkeringés létezését. Először ugyan nem hitt a vérkeringés tanában, de Leidenben F. de le Boet hallgatva és a kísérleteit látva maga is elvégezte azokat. Ekkor vált meggyőződéses Harvey-hívővé. Állatkísérleteivel erőteljes bizonyítékokat szolgáltatott a vérkeringés mellett. 1640-ben két levelet írt Th. Bartholinhoz a nyirok és a vér mozgásáról. (Ezek a levelek hozták annyira dühbe Riolant, hogy elszánta magát a Harvey-ellenes támadásra.) Az angol építész, csillagász és orvos Christopher Wren (1632-1723) 1653- ban kezdeményezte az intravénás injekciót, egy élő kutya ereibe nagy mennyiségű bort és sört fecskendezett, amitől a kutya az erős részegség jeleit mutatta. (Ezzel részben ellenőrizte Harvey vérkeringési tanának érvényességét is.) Együtt dolgozott Thomas Willis-szel (1664-es könyvének volt illusztrátora).

Amikor aztán Marcello Malpighi 1661-ben felfedezte a hajszálereket, Harvey nagy felfedezése a XVII. század vége felé teljesen elfogadottá vált.

### 3. A szervezet descartes-i kettéosztása: a iatrofizikailag magyarázható test és a kiterjedés nélküli lélek

René Descartes (1596-1650) francia filozófus és természettudós 1629-től húsz éven át Hollandiában élt. 1632-ben megismerkedett Christiaan Huygens-szal és elkezdett intenzíven foglalkozni természettudományokkal: optikával, csillagászattal, meteorológiával, kémiával és orvostudománnyal; ekkor alkotta és publikálta fő műveit is. Ebben az időben kezdte írni a Le monde ou Traité de la hmiiére (A világ, avagy Tanulmány a fényről) című munkáját, aminek zárófejezete az emberről szóló tanulmány. 1633-ban azonban - Galilei elítélése nyomán - félretette ezt (nehogy hasonló sorsra jusson hiszen benne ő is a kopernikuszi tanok alapján írt; majd csak a halála után adták ki). 1637-ben jelentette meg Leidenben a Discours de la méthode (Értekezés a módszerről) című munkáját, amelyhez három külön értekezést is csatolt a módszer alkalmazásának bemutatására: a La dioptrique-ot (amelyben optikai kérdéseket tárgyalt; többek között ebben mutatta ki, hogy a szem alkalmazkodását a szemlencse fénytörő képességének változása hozza létre), a Météores-t (amelyben többféle fizikai kérdést elemzett) és a La géométrie-t (amelyben az új elemző módszerrel, a koordináta-geometriával, több fontos matematikai problémát megoldott). A negyedik részben isten és a lélek fogalmát kivonatosan fejtegette. Descartes a rendszerének fizikai alapelemeit részletesebben két művében, a Principia philosophiae-ban (A bölcselet alapelve; 1644) és a De Homine (Az emberről; posztumusz kiadott munka, 1662) fejtette ki.

Szerinte az állatok teste “rés extensa”, azaz kiterjedéssel bíró anyag, valójában egy mechanikai szerkezettel modellezhető. A különféle élettani folyamatokat e modell segítségével a részeinek automatikus mozgására vagy kémiai kölcsönhatásokra vezette vissza. A testet isten alkotta, ám azóta a saját mechanikájának megfelelően magától működik. A mozgás első oka a feltételezése szerint a szívben rejlő meleg. Ez a velük született hő a vérből jön létre, amit a test vénás erei szállítanak a szívbe. A vénákba azonban már előbb bejutnak azok a tápnedvek, amelyek a gyomorban és a bélcsatornában képződtek. A vérben levő meleget és a táplálékot a szívből az artériák juttatják el a test minden részébe. A leginkább mozgékony vagy illékony vérrészecskékből pórusokon átszűréssel keletkeznek bizonyos levegőszerű részecskék, amelyek a “spiritus animalis”-t jelentik. Ez betölti az agyat, és hidraulikus elvek szerint áramlik az idegeken. Pl. a fénysugarak a szemlencsén megtörve a recehártyára esnek, ahol kicsinyített, fordított állású kép keletkezik a nézett tárgyról. Az érzőidegeken mozgó “spiritusok” révén válik lehetővé az általános érzékelés, a képzelet és az emlékezés is. Pl. a recehártyán keletkezett képeket a látóideg “spiritus”-a továbbítja a tobozmirigyhez. Az agyból a “spiritus”-ok végül az idegeken át a test izmaiba vetítődnek (“reflektálódnak”), és általa tudnak az izmok kitágulni, végtagokat mozgatni. 1662-ben (posztumusz) kiadott művében leírta a reciprok beidegzést a test két oldalának automatikus ellentétes vagy azonos reakciójának magyarázatára.

<<<(((ezek szerint a biológiának is alapvető problémája, hogy az úgymond egyértelmű, mérhető tények mellett nem tanítják az elméleti megfontolásokat, azok feloldatlan ellentmondásaival, lehetséges különféle kiteljesedésükkel (ami pedig megfelelne a matematikában tetten érhető fokozott absztrakciós szinteken is fellépő rendezési törekvéseknek) -FÁ)))>>>

Az állatoknak viszont nincsen elvont és ésszerű gondolkodásuk és öntudatuk, ezért számukra az ésszerű nem-anyagi (“rés cogitans”) lélek megléte életfontosságú, hiszen a testük gépszerű automata (látható tehát, hogy a iatrofizika, pontosabban a iatromechanika képviselője). Az állatok képesek kivitelezni az élethez szükséges egyszerű elmeműködéseket, de nem gondolkodnak és nincs nyelvük. Descartes szerint (akárcsak Augustinus vagy Aquinói Szent Tamás szerint is) a halhatatlansághoz ésszerű lélekkel kell bírni. A lélek “székhelyének” - misztikus és geometriai okokból - az agyvelő közepe táján található és páratlan tobozmirigyet gondolta. Jóllehet úgy vélte, hogy az állatok bonyolult gépek, de azt nem mondta, hogy nem is képesek érzékelésre. Szerinte az ösztön azon erők forrása, amelyek irányítják a viselkedést; ezeket isten tervezte meg úgy, hogy a viselkedést alkalmazkodásra képessé tegye. Lespassions de l'áme (A lélek szenvedélyei, 1649) című művében materialisztikusan azt írja, hogy minden fizikai jelenség megfelelőképpen magyarázható mechanikailag, és hogy az állatok csakis automaták. A viselkedésük fizikai erőknek tulajdonítható, amelyek részben kívülről, részben belülről hatnak rájuk. Pl. az éhező állatban fiziológiai izgalom jön létre, ami az állatot evésre sarkallja. Ez az izgalom az agyba az érzékszerveken át lép be, és reflektálódik az izmokhoz (ez a később “reflexes”-nek nevezett viselkedés alapja). Azt tartotta, hogy a test és a lélek kölcsönhatásban van. Talán a vallásos nézetekre tekintettel azt állította, hogy csak az ember rendelkezik elmével; az állatok (és az ember teste) szigorúan vett gép vagy automata. Az emberben azonban az ésszerűség közbeavatkozik a viselkedés irányításában, összhangban a tudással és a vágyakkal. Az ember magatartása tehát az elme és a test kettős befolyása alatt áll, úgy, hogy az elme is alá van vetve bizonyos izgalmaknak (“szenvedély ek”- nek), amelyek a testből és az elmebeli folyamatokból bocsátódnak ki. A “szenvedélyek” (tulajdonképpen az érzelmek) készítik elő a lelket arra, hogy olyan dolgokat kívánjunk, amiket a természet szerint használnunk kell; ezek megléte idézi elő, hogy a kívánságaink, vágyaink tartósan fennmaradjanak, és hogy a léleknek ugyanazok az izgalmai jöjjenek létre, amelyek a szokások szerint előkészítik a testet a tárgyak hatásba hozását szolgáló mozgásokra. Bár az ésszerű lélek az emberi magatartás nagyfokú szabadságát hozhatja létre, azért az elmét befolyásolják a test fiziológiai állapotai és a “szenvedélyek” (érzelmek) is. Idegélettana emlékeztet Szent Ágoston némely megállapítására. Ennek alapja, hogy “spirituszok” mozognak “csövek”-ben. Ez is hasonlatos ahhoz, amit Augustinus körvonalaz De Genesi ad litteram című művében és másutt. (Mindez Galénoszon keresztül az alexandriai orvosi iskolától ered.) Ismert, hogy Descartes-ot a De Homine című művének írásakor erősen befolyásolta Vopiscus Fortunatas Plempius, holland galenista orvos, aki később orvosprofesszor és rektor lett a louvaini egyetemen. Descartes mechanisztikus témafelvetése lehetővé tette, hogy gyökeresen megváltoztassa az idegélettan addigi következtetéseit, és élesítse az elme meg az agy velő közötti különbségtételt, az utóbbit a test részének tartva).

Henricus Regius (1598-1679), holland orvos, Descartes követője volt az egyike azoknak, akik a kartéziánus mechanikát kiteljesítették és hozzásegítették a népszerűséghez. Physiologia címen megjelent munkájában ő is a szervezet mechanikai gépi modelljének és a léleknek kettősségére támaszkodott, de azért nedvtani elveit sem adta föl. Pl. az asztmás rohamban a nehézlégzés okát abban vélte megtalálni, hogy az idegi spiritusz hiánya miatt a tüdőben elzárultak a légutak.

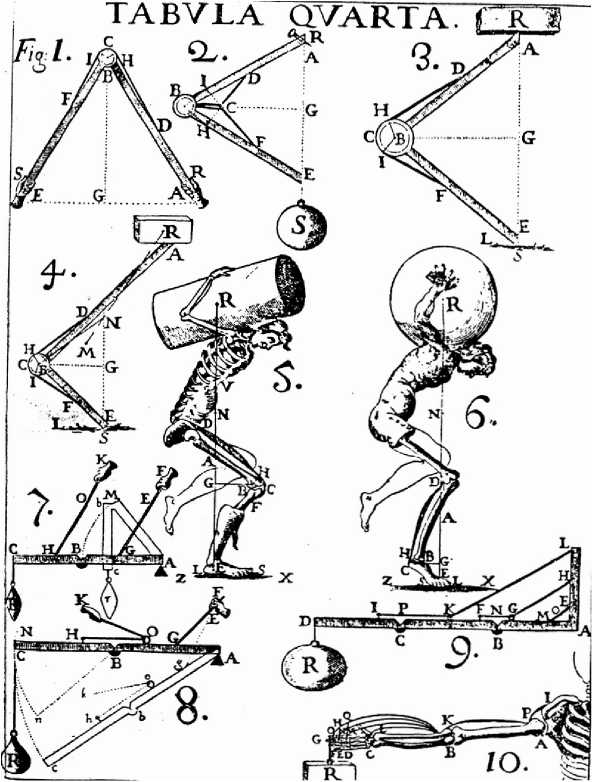
### 4. A iatrofizikai szemlélet kibontakozása

Amennyire Harvey építhetett az elődeinek teljesítményeire, ő maga a módszertanilag új eszköztárral követők egész sorának nyitott meg új munkaterületeket. Még Harvey életében (1622-ben) írta le Gaspare Aselli (1581-1625) paviai orvos kutyában a béli nyirokereket, Jean Pecquet (1622-1674) francia anatómus a bélfodri mirigyekből a kulcscsonti vénáig követte a mellvezeték (ductus thoracicus) lefutását (1647). Thomas Bartholin (1616-1680) és Jan van Hoome (1621-1670) megfigyelései bizonyították be 1651 és 1654 között, hogy a nyiroknedv az emberben a vérbe jut. Harvey elképzelése a vérkeringésről így megnyitotta az utat az anyagcsere biológiájának megértéséhez, szilárd pontot nyújtott egyes kóros jelenségek értelmezéséhez és a gyógykezelés számára is új alapokat jelentett.

Látni fogjuk, hogy a mikroszkopizáló tudósok a maguk eszközeivel igazolják a részek és a szervek finom felépítéséről szóló mechanikai feltételezéseket.

Angliában a iatromechanikai szemlélet legfontosabb képviselője Robert Boyle (1627-1691) fizikus, kémikus és természetbölcselő volt. Ő a “korpuszkuláris kémia” szellemében a vizsgálatainak eredményeit a legkisebb részecskék, a “korpuszkulák” mozgásával hozta összefüggésbe. Kutatta a levegő szerepét a légzésben és az égésben. 1660 tájt különféle folyadékokat fecskendezett élő kutyákba, hogy megfigyelje a reakciókat, és egyben ellenőrizze Harvey vérkeringési tanát. Az állatpreparálásba bevezeti az alkoholos konzerválást.

A iatrofizika a század vége felé Itáliában ismét fellendült. Giorgio Baglivi (1668-1707) itáliai orvos a mirigy-, a légzési és az emésztési funkció magyarázatára is iatrofizikai magyarázatot adott. A normális életműködések és a kóros folyamatok magyarázataképpen kidolgozta a rostelméletet (vagyis a szervezet szilárd részeinek tulajdonított nagyobb fontosságot, mint a nedveknek és a gázoknak). Ám az egészség feltételének a különböző rostfajták és a mozgó folyadékok egyensúlyát tekintette. Az itáliai tudósok között talán a legjelentősebb iatromechanikus Giovanni Alfonso Borelli (1608-1679), matematikus, fizikus, csillagász és orvos volt. Tagja volt a firenzei Accademia del Cimentónak. Ő a mechanikai elveket konzekvensen alkalmazta az állati test fiziológiai és funkcionális problémáira, ezért a iatrofizika. illetve a “biomatematika” szélsőséges képviselőjeként ismert. Kiszámította, hogy mekkora ellenállást kell a szívnek legyőznie minden egyes összehúzódáskor. A vérkeringést ui. hidraulikus rendszernek tekintette. Kísérleteket végzett számos mozgásról (1680, posztumusz mű): az emlősök tovahaladásáról, a madarak repüléséről, a halak úszásáról, az izomösszehúzódás mechanikájáról, a légzési és a szívmozgásokról; ezeket fizikai (mechanikai) törvényszerűségekre és konstrukciókra vezette vissza.



A mozgás mechanikája Borelli szerint.

A XVII. század egyik fontos teljesítménye volt tehát, hogy kezdett testet ölteni az élőlények működéseiről szóló tudomány, a **fiziológia** is. A Harvey nyitotta úton haladva a fizika és a kémia egyre növekvő ismeretanyaga ellenére még mindig inkább az anatómiához és az orvosláshoz kapcsolódott. Ahhoz, hogy a kémia megfelelőképpen hozzájárulhasson az orvoslás, a biológia és a mezőgazdaság problémáinak megoldásához, meg kellett szabadítania saját magát a közvetlen gyakorlati igényektől, hogy alaptudománnyá válhasson. Ez kb. 1650 táján kezdődött Robert Boyle munkásságával. Kortársa, John Mayow (1643-1679), alapvető analógiát figyelt meg az állatok légzése és az égés között. Edmé Mariotte (1620-1684) francia fizikus és botanikus ismerte fel, hogy a talaj és a víz a különböző növényeknek ugyanazokat a tápanyagokat nyújtják, de ezek az anyagok a növényekben új és különböző vegyületekbe kerülnek. Első alkalommal említette a levegőt mint a növények tápanyagainak forrását. Kísérletesen megállapította a növények párologtatását, megmérte a kiválasztott vízmennyiséget. Stephen Hales (1677-1761) angol pap és természettudós a kísérletes élettan egyik úttörője volt. Mint kémikus, a gázokkal kapcsolatban végzett megfigyeléseket. Eljárást dolgozott ki az étel tartósítására, a tenger vizének tisztítására. Ő határozta meg először kísérletesen a víz hidrosztatikai nyomását. A különféle állatok ütőereibe vezetett csövön át először mérte meg a(z artériás) vérnyomást. 1733-ban először publikálta megfigyeléseit arról, hogy a gerincvelő destrukciója után megszűnnek az akaratlan mozgások (pl. a fájdalmas ingertől való visszahúzódás). (Ezzel kimutatta, hogy egyes reflexeket a gerincvelő képes kivitelezni az agy velő közreműködése nélkül.) Ő is utalt arra. hogy a levegő szükséges a növények táplálásához. Vizsgálta a növények növekedését, nedvszállítását, a párolgás okozta vízveszteségüket. Kampányokat folytatott a jobb higiéniáért a hajókon, a kórházakban és a börtönökben.

A fiziológiához jelentős hozzájárulás volt Francis Glisson (1597-1677) angol fizikus és orvos hozzájárulása is. Ő W. Harvey vérkeringéssel kapcsolatos felfedezésétől ösztönözve kiterjedt kutatásokat végzett; anatómiailag és részben kísérletesen is vizsgált egyes szerveket, mint pl. a májat, a gyomrot és a szívet, az izmok szerkezetét és funkcióját. Leírta a máj kapuérrendszerét a májat borító kötőszövetes kapszulát (a “Glisson-tolé’-ot). Megalapozott egy sajátos ingerlékenységi szövettant, ami szerint a “rost” (fibra) az élő test alapeleme, ami az ingerekre összehúzódással válaszol. Az ingerlékenységet az idegekben áramló “életerő” (robur vitai) tartja fent. (Ez egy sajátos “irritabilitási” elmélet. Az élő “rostok” ingerelhetőségéről és érzékenységéről szóló elméletével a Haller- féle élettan korai előfutárának tekinthető.)

Sokat köszönhet a fiziológia a dán fizikus, anatómus, később pap és püspök Niels Stensennek (vagy Nikolaus Stenónak) is. Az orvoslást kezdetben Th. Bartholintól tanulta, aztán Amszterdamban, Leidenben, majd Párizsban fejlesztette ismereteit. 1660-ban ő is felfedezte a hasnyálmirigy kivezetőcsövét (a ductus pancreaticust) az amszterdami saját első boncolásán (amit 1641-ben pulykában megtalált Moritz Hofmann (1622-1698) bajor orvos Padovában és 1642-ben emberi hullán márkiboncolt Johann Georg Wirsung (1600-1643) német származású itáliai anatómus ugyancsak Padovában). Ezután hamarosan Leidenbe ment anatómiát tanulni Sylviushoz és Van Hooméhoz. Barátja lett Swammerdamnak és de Graafnak. Levelezéseiből világos, hogy a leideni mirigykutatásainak és a későbbi agykutatásának nagy része Descartes De Homine című művére adott reakció volt. Kétségbe vonta a Descartes-féle tobozmirigy székhelyű lélekelméletet. Számos megfigyelést végzett összehasonlító anatómiából, embriológiából; mikroszkopizált is. Megfogalmazott egy iatrofizikai jellegű izomtant. A szívet elsőként írta le kerekded izomcsoportként, leírta a rostozatát, az összehúzódását pedig a rostok geometriai átrendeződésével magyarázta (1664). Elsőként ismerte fel a földtani rétegek geológiai és földtörténeti jelentőségét, továbbá a megkövesedett maradványok (a fosszíliák) biológiai eredetét és tudományos hasznosságát.

Ugyancsak a XVII. században vett új fordulatot az idegrendszer kutatása is. Ebben mind francia, mind angol természettudósok jelentősen közreműködtek.

<<<(((a tudományoknak ezt az újkori kivirágzását az élet mindenféle területén annak lehet köszönni, hogy a filozófiai és matematikai alapok oly mértékig kiérleltekké váltak, hogy lehetett rájuk építeni. -FÁ)))>>>

Az akkori angol tudományos élet egyik legtevékenyebb alakja volt Thomas Willis (1621-1675), angol orvos, csillagász és természetfilozófus. Feltehetőleg alapítója és egyik első tagja a Royal Society-nek (1662). Descartes mechanisztikus elméleteinek követője és anti-arisztoteliánus volt. Foglalkozott az anatómia mellett az idegrendszer működéseivel is, sőt, ez lett egyik fő érdeklődési területe. Hét fontos könyve a középkor és a modern kor átmenetét jelenti az agyvelő szerkezete és működése tekintetében. Kísérleti állatok agyvelejét sértette meg szúrással, vágással, és megfigyelte, hogy mi történik velük (ahogyan ezt már Leonardo da Vinci és Coyter is tették). A módszerei ugyan rendkívül durvák voltak, de a céltudatos kérdésfeltevése, a kísérleti feltételeknek a fontos kérdés köré csoportosítása mégis forradalmi változást jelentett az idegrendszer működésének vizsgálatában. A megfigyeléseit úgy magyarázta, hogy a kisagy irányítja az életfontosságú funkciókat. Ebből kiindulva kísérletesen igyekezett bizonyítani a többi agyrész speciális funkcióit is. Így a kérgestestbe (corpus callosum) lokalizálta a képzelőerőt, a nagyagy tekervényeibe a tudatot, a középagyba az ösztönöket. (Bár Willis módszerei durvák voltak, sokszor tévedett, gondolatai tele voltak spekulációkkal, mégis e primitív kísérletek szüntették meg lassan azt az elképzelést, hogy az agy csak az általános érzékelés és a mozgás központja.) Az agy alapján levő artériás gyűrűbe festéket juttatott, és így próbálta feltárni az összeköttetéseket. (Ezt az agyalapi artériás gyűrűt könyvének illusztrátora, Chr. Wren nevezte el “circulus arteriosus Willisi”-nek.) Szerinte a testet irányító lélek két részből áll: a vérben levő lélek tűzlángszerű, míg az idegrendszerben székelő lélek fény természetű. A vér az agyba kerülve “desztillálódik” és “spiráns animalis” keletkezik belőle, de ennek is egy része a nagyagyban jön létre és az akaratlagos mozgások, valamint az érzékelés irányítója, míg a másik a kisagyban keletkezik, és az életfontosságú működéseket (a szívverést, a légzést stb.) szabályozza. A spiritus animalis perifériás tárolóhelyei a környéki idegdúcok. Az érzékelés központja szerinte a csíkolt testben van, mert minden érzőideg ide sugározza az érzékleteket; de a csíkolt testből haladnak a mozgatóerőt jelentő spirituszok az izmokhoz is, mégpedig “visszavert hullámként” (azaz a descartes-i automataelmélet híve volt). Felhívta a figyelmet (Descartes-hoz hasonlóan) az akaratlan mozgások automatikus jellegére. Kilenc pár agyideget különített el (az addig ismert héttel szemben). A látóideget a szem vezetékének tartotta, amely szerinte a talamuszban végződik, ahol a látás képzetei keletkeznek. Kimutatta, hogy a látóidegben csak rostnyalábok vannak, csatornák nincsenek. Vizsgálta a belső fül kártyás labirintusát is. 1650 táján észrevette, hogy a cukorbeteg vizelete édes. Számos betegség részletes leírását végezte el: tífusz, gyermekágyi láz, skorbut, szamárköhögés, hisztéria, a gümőkór tuberkulumai. Végzett összehasonlító anatómiai vizsgálatokat különféle gerinceseken és néhány gerinctelenen (osztrigák, férgek, rákok). Nála található meg világosan az a gondolat, hogy a struktúrák kutatását összehasonlító anatómiára kellene alapozni (magát a fogalmat is az elsők között használta), és hogy csak a különböző állatok hasonló struktúráinak összehasonlítása vezethet a test és a szervek felépítésének helyes megértéséhez.

Claude Perrault (1613-1688) francia építész és orvos (ő építette a Louvre keleti oszlopcsarnokát) a párizsi anatómusiskola csoportjában az összehasonlító anatómiának szentelte magát (ennek egyik legjelentősebb képviselője lett). Többnyire Duvemey-vel együtt szerkesztette a párizsi anatómusok kollektív munkáját, amiben 50-nél több gerinces állat összehasonlító anatómiáját írták le. A iatrofizika jeles képviselője volt. Fő biológiai jellegű művében részletesen tárgyalta a bél perisztaltikus (hernyószerű) mozgását, a szívbillentyűk működését, az érzékelést és az értelem működését; nem volt ennyire sikeres az izmok összehúzódásával (úgy vélte, hogy a dinamikai hatásért a kötőszövet a felelős). Újszerű fiziológiai kísérleteket végzett állatokon. Megállapítja, hogy az agyvelőirtott kutya életben marad, ha a nvúltagya ép marad. Descartes-tal ellentétben úgy vélte, hogy az állati testet valamilyen lelki elv működteti. 1667januárjában megpróbálkozott vérátömlesztéssel két állat között. Az ugyancsak francia Raymond Vieussens (1635-1715) szintén a nvúltagyat tartotta az idegrendszer legfontosabb részének, mert a nagyagy és a kisagy eltávolítása után a kutyáit még órákig életben tudta tartam. Azt tapasztalta, hogy az agykéreg megsértése (szúrással, csípéssel) vagy ingerlése semmilyen elváltozást nem idéz elő. Ebből kiindulva kezdte ellenezni Th. Willis nézetét arról, hogy az agykéreg fontos szerepet játszana az érzékelésben. Úgy vélte, hogy a környéki idegdúcok a “spiritus animalis” környéki tárolóhelyei (ebben azonos véleményen volt Willisszel).

Athanasius Kircher (1602-1680), német jezsuita pap Ars magna lucis et umbrae című könyvének két fejezetét is a biolumineszcenciáwk szentelte, ami már az ókorban is annyira foglalkoztatta a természetbölcselőket. (A iatrofizika mellett talán ez az első tudományosabb jellegű biofizikai munka.)

Az emberi betegségek rendszerének nagy áttekintője volt Friedrich Hoffmann (1660-1742) német orvos és kémikus a század vége felé. A hallei egyetemen 33 évesen lett (az első) orvosprofesszor (a második orvosprofesszorral, Georg Emst Stahllal versengő orvosi iskolát hozott létre). Vezéreszméje: “experientia et ratio”. (Ez a nézet a iatrofizikával együtt alapozta meg a klinikai szemléletet.) Szerinte a természeti törvények korlátlanul érvényesek az emberre is. Egy olyan mechanikus dogmatikus rendszer kidolgozásán fáradozott, amiben az emberi hidraulikus gépnek írta le, amin az “éter”-ben keletkezett idegi “fluidum” halad át. Ez a fluidum a légzőszerveken keresztül jut a szervezetbe, és a testben kering, mégpedig a rostok összehúzódása és kitágulása következtében. Akárcsak egy óraszerkezetben, itt is minden mindennel kapcsolatban van. A legfontosabb mozgás szerinte a vér folyamatos keringése; ez egy lényegű magával az élettel. A betegségek közvetlen okai a mozgás zavaraiban keresendők. Ezért olyan nagy fontosságú a “spazmus” (a rostok görcsös összehúzódása), illetve az "atóniá’’ (a túlzott fokú elernyedés). A mozgászavarok miatt megváltozik a vér áramlási sebessége: ha növekszik, akkor nő a súrlódás, ami miatt növekszik a testhőmérséklet, ha meg csökken, akkor szétválasztódnak a vér anyagai, amelyek így összecsomósodhatnak és eltömhetik az ereket. Ezért a káros anyagok nem tudnak kiválasztódni, az erek pedig szétpattanhatnak. Értelmezése szerint az életet a vérkeringés tartja egyensúlyban. Az elsők között írta le a csalánkiütés, a vakbélgyulladás és számos más betegség tüneteit. Felismerte az idegrendszer fontos szabályozó szerepét is. A iatromechanika rendszerét Fundamenta című könyvében tette közzé (1695). Sikeres vizsgálatokat folytatott a gyógyszerkészítés területén is (róla nevezték el pl. a “Hoffmann-cseppeK’-et). Hírneve gyorsan növekedett; Európa legjelentősebb tudományos akadémiái választották meg tagjuknak.

### 5. Mikroszkóppal vizsgálódó kutatók

A mikroszkóp szélesebb körű alkalmazásával egy új világ tárult fel az ember előtt. A XVI. század végén felfedezték, hogy ha bizonyos üveglencséket egy csőben összeillesztenek, akkor azzal lehet nagyítani és messzire látni (vagyis felfedezték a mikroszkópot és a teleszkópot). A század első évtizedeiben már sokfelé ismerték a “bolhanéző üveg”- et, és a vásárokban szórakozásul bolhákat nézegettek vele. 1608-ben két lencse egy csőbe helyezésével feltalálják az összetett mikroszkópot és a teleszkópot. A mikroszkópot tudományos célra először talán Francesco Stelluti (1577-1653) itáliai természetbúvár használta, amikor 1625-ben leírta a lépes méz szerkezetét. Az eszköz továbbfejlesztésében és a biológiai kutatásában való alkalmazásában a következő mikroszkopizáló természetbúvárok emelkedtek ki: Marcello Malpighi, Antonie van Leeuwenhoek, Jan Swammeidam, Nehemiah Grew és Robert Hooke.

A mikroszkópos felfedezők nagyobb része azonban nem volt felkészülve arra, amit felfedezett, nem volt szemlélete arra nézve, hogy mit is keres a sajátos eszközzel. Ezért nem jöttek rá sokáig, hogy az élőlényeket sejtek alkotják, de még arra sem, hogy többen közülük felfedezték az élőlények addig nem ismert csoportját, a baktériumokat.



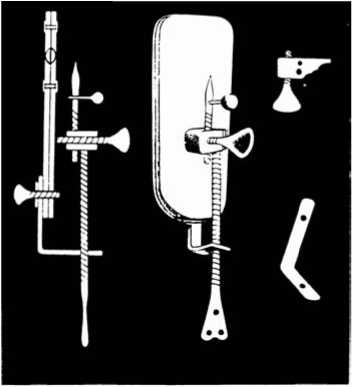
Sejtfalak Hook mikroszkópja alatt.

A növényi sejtet a parafa metszetén a londoni Robert Hooke (1635-1703) angol természettudós fedezte fel (1665). és ő is nevezte el "cellulá" -nak (“sejt’-nek); valójában persze csak a sejtfalat látta. Talán ő volt a mikroszkopizálók közül a leginkább intellektuális alkat. Mivel a londoni Royal Society eszközeinek kurátora volt. kapcsolatban állt minden új tudományos fejlesztéssel, és igen különféle dolgok iránt érdeklődött. Az volt a feladata, hogy a tudományos kísérleteket előkészítse. Eközben sikerült neki - főleg a fizika területén - egyes eszközök döntő technikai tökéletesítése. Számos jelentős találmánya volt, ezek közül is kiemelkedő az által konstruált kombinált mikroszkóp. Az 1665-ben publikált Micrographia című, 83 táblát tartalmazó művében részletesen leírta a levelek szerkezetét, a méh fullánkját, a puhatestűek raduláját és a légy lábát; felfedezte azt is, hogy egyes növények bizonyos szöveteinek sejtjei folyadékkal töltöttek, mások meg üresek. Ezért vélte úgy, hogy a “kamrácskák” funkciója a növényekben az anyagok szállítása lehet. 1682-ben a társaság előtt tartott előadásában leírta az elme és az agy materialista és fiziológiai elméletét. Orvosi kutatásaiban vizsgálta a tüdő működését, foglalkozott a mesterséges lélegeztetés problémájával.



Hook mikroszkópja.

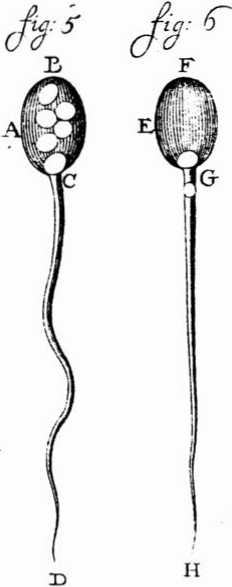
Fiatalabb kortársa és honfitársa, a cambridge-i Nehemiah Grew (1641-1711) már növényi szöveteket vizsgált az összetett nagyítójával. 1664-től kezdte vizsgálni a növények anatómiáját. Jó minőségű mikroszkópot szerkesztett a londoni Royal Society számára. 1672-ben adta közre első nagy művét An idea of a philosophical history of plants (A növények természetrajzának elgondolása) címmel, amit követett 1682-ben a The anatomy of plants (A növények anatómiája). Világosan meglátta a sejthatárokat a növényekben (ezeket “hólyagocskák”-nak nevezte), csak a felfedezés biológiai jelentőségét nem látta meg. Felismerte viszont, hogy a virág tartalmazza a növény ivarszerveit és részletesen le is írta a részeiket, a pollenszemeket is; megfigyelte, hogyan szállítják a virágport a méhek (de ennek jelentőségét sem ismerte föl). Ezenkívül összehasonlító anatómiai vizsgálatokat végzett emlősök, madarak és halak emésztőcsatornáján. Ő használta először az “összehasonlító anatómia” fogalmat az állattani tanulmányok számára.



Leeuwenhoek mikroszkópja.

Az első valóban élő sejtet a delfti holland posztókereskedő, autodidakta természetbúvár Antonie van Leeuwenhoek (1632-1723) látta meg az 1670-es évek táján. 1671-ben kezdett hozzá kutatói tevékenységéhez. Szórakozásképpen készített nagyítókat (amelyekkel állítólag több mint 200-szoros nagyítást is sikerült elérnie). Minden előképzettség nélkül mindent megvizsgált nagyítóival, ami csak a kezébe került: növényi részeket, izomdarabokat, bőrt, nedveket, váladékokat, a fogat, a hajat. Hamarosan elterjedt a híre, hogy összetett nagyítójával hihetetlen dolgokat lát. 1674- ben írta le az általa “ animalculus” - oknak nevezett parányi lényeket - vagyis az ázalékállatkákat, az egysejtű állatokat és 1677 után az ondósejteket -, 1676-ban az ecetféreg szaporodását, 1683-ban a békák kloakájában megfigyelt fonálférgeket, az emberi fogkaparékban pedig az addigiaknál is parányibb, a mikroszkópjával is alig kivehető lényeket (valószínűleg bizonyos baktériumokat) látott. 1694-ban számolt be a mohaállatokról és a kerekesférgekről. A szakemberek figyelmét Reinier de Graaf hívta fel rá; a kétkedő londoni Royal Society egy bizottságot küldött ki a hírek ellenőrzésére. (A bizottság tagja volt Robert Hooke és Nehemiah Grew is.)

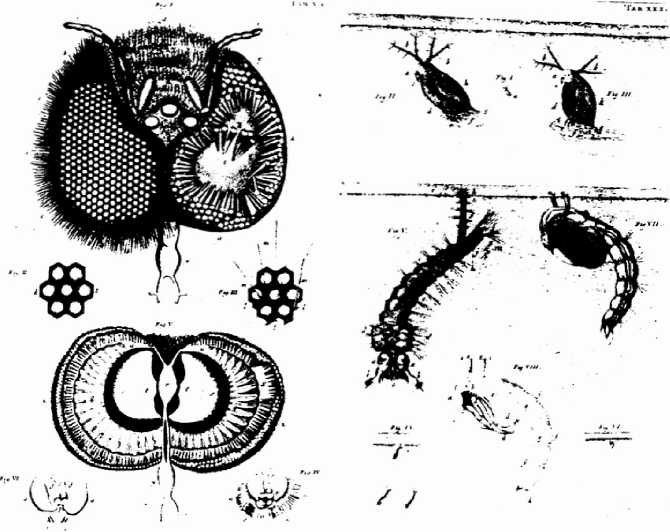
Leeuwenhoek készségesen demonstrálta a vízben és a váladékokban nyüzsgő ''animalculus"-okat. Vizsgálta továbbá a vörösvérsejteket (amikről ő adott először pontos leírást 1673-ban), a hajszálereket (1683), a vázizmok harántcsíkolatát, a szívizom hálózatos stuktúráját, a szemlencse hagymahéjas szerkezetét és sok mást is. Kimutatta a vér keringését a hajszálerekben. 1696-ban a fogban demonstrálta a dentin rostokat. Tanulmányozta a rákok és a rovarok fejlődését az összetett szemet a belső szerveiket. Részletesen elemezte az egy- és kétszikű növényeket. A Royal Societyval folytatott levelezésében (1673-tói 1724-ig jelentek meg a Philosophical Transactions ben) számos részletet leírt az idegrendszer szövettanáról is. De nem volt hajlandó elárulni a mikroszkópja készítésének titkát. (A legjobb üvegből, hegyikristályból és végül gyémántokból csiszolta a lencséket.) Erre nem is volt szükség, mert összetett nagyítót más tudósok is tudtak készítem. A XVII. század közepétől Európa-szerte megindult a mikroszkopizálás és a mikroszkópos szerkezetek kutatása.



Kutyaspermiumok Leeuwenhoek könyvéből.

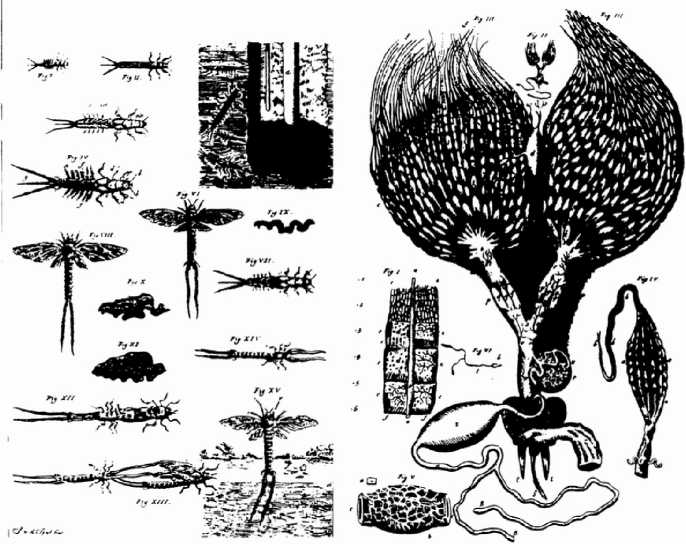
Az a felfedezés, hogy valóban léteznek olyan élő formák is, amelyek szabad szemmel nem láthatók, drámai változást jelez az emberi tudás fejlődésében. Leeuwenhoek igazolta tanítványának, Jan Hamnak a felfedezését az ondósejttől (spermatozoonról); később felfedezte a spermiumokat más állatokban és a közösülés után a női ivarutakban is. (Ezzel hívta fel a figyelmet annak az elképzelésnek a téves voltára, ami szerint egy állat fejlődése csak a petétől függ és az ondó csak valamiféle “kigőzölgést” indukál, ami a méhbe hatolva valahogy befolyásolja a megtermékenyítést; vagyis megsejtette, hogy az ondó hordozza valami módon a hím örökítő anyagát.) Őt a tökéletes lencse csiszolásának elképzelése annyira foglalkoztatta, hogy az eredeti foglalkozását is elhanyagolta. Úgy vélte, hogy a legkisebb “animalculusok” (baktériumok) legalább 25-ször kisebbek, mint a vörösvérsejtek (ami nagyjából meg is felel a valóságnak). A vizekben megfigyelt “animalculusok” (egysejtűek és baktériumok) léte a kortársakban kétségeket kezdett ébresztett az ősnemződés tana iránt. Christiaan Huygens, Leeuwenhoek fizikus barátja szerint ezek a parányi állatkák eléggé kicsinyek ahhoz, hogy akár a levegőben is lebegve eljuthassanak messzire és a vizekben szaporodhassanak (eme kételyen túl azonban ekkor még nem jutott az ősnemződéssel szembeni kritika).

Újkori forradalom a tudomány jellegében és társadalmi helyzetében.



Swammerdam ábrái a mézelő méh facettás szeméről ill. vizibolhákról és szúnyoglárvákról.

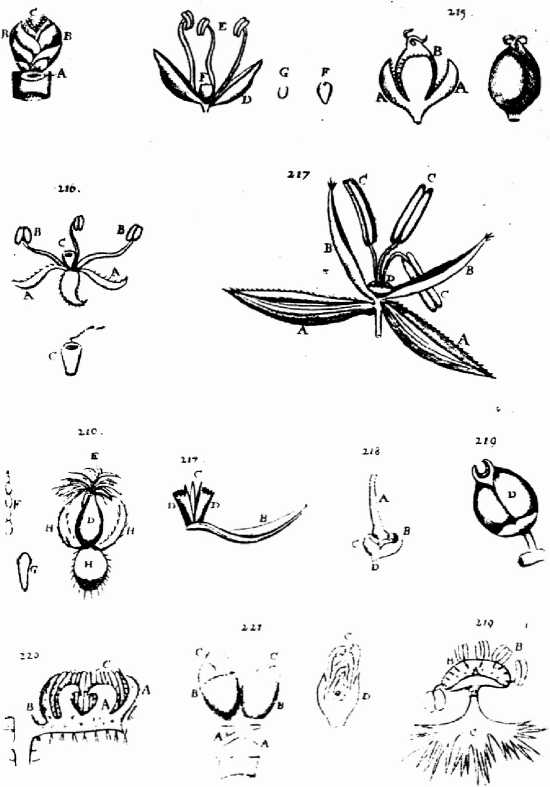
Az autodidakta Leeuwenhoekkal szemben <<<(((autodidakta volta milyen ismertektől fosztotta meg? A klasszikus filozófia, ismeretelmélet hiánya volt jellemzője? -FÁ)))>>> a kor- és honfitárs Jan Swammerdam (1637-1680) orvos, iskolázott természetbúvár volt. Az orvosi gyakorlattal hamar felhagyott; csak a természet kutatása érdekelte: előbb az ember anatómiája és élettana, később a rovarok világa. Malpighitől és Leeuwenhoektól függetlenül felfedezte a vörös vérsejteket (1658); ugyanekkor leírta az ondóban található mozgó szálakat (tkp. felfedezte a hímivarsejteket). Leírta a nyirokerek billentyűit (1664), ő is részletesen vizsgálta a hajszálereket; de kutatta az izom ingerlékenységét és összehúzódását, a lágyék- és combsérv létrejöttének mechanizmusát; vizsgálta a női nemi szervek élettanát. 1675-ben bebizonyította, hogy az izmok összehúzódásakor semmiféle térfogatváltozás nem következik be. (Ezzel ellentmondott az idegi “fluidumok”-ra vonatkozó elméleteknek.) A természetet szerves egységben szemlélte. Éles szemű megfigyelő volt, és különös manuális ügyességre is szert tett. Olyan élesre köszörülte a bonckését, hogy csak mikroszkóp alatt tudott dolgozni. Első tanulmányát a légzésről írta 1667-ben az akkor modern descartes-i szellemben. Ugyanekkor kidolgozott egy új anatómiai vizsgáló módszert, az érfestést: az ereket (részben a rothadástól megóvandó) folyékony viasszal vagy színes alkohollal töltötte fel, hogy pontosan követhesse a lefutásukat. Barátai - Reinier de Graaf és Frederik Ruysch - általa ismerték meg a módszert. Ám Graaf és Jan van Hoome kiadtak egy közös munkát, amiben - Swammerdam nevét nem említve - leírták az erek feltöltésének módszerét és ennek eredményeit; F. Ruysch pedig tökéletessé fejlesztette az eljárást (világhíres lett vele). Erre Swammerdam összeveszett a barátaival, és gyorsan megírt egy dolgozatot a női nemi szervek élettanáról (1672), amiben alaposan nekirontott R. de Graafnak. Dokumentumait összeszedve a londoni Royal Society-hez fordult, ahol plágiummal vádolta a barátait, és a társaság döntését kérte a prioritás ügyében. A vizsgálat nagy port vert fel a tudósok között. Swammerdam csupán mikropipettás befúvást vagy mechanikus feltöltést alkalmazott, de Graaf vezette be a praktikusabb befecskendezést. A Royal Society végül is Swammerdamnak ítélte az elsőbbséget. (Graaf a döntés előtt váratlanul meghalt; azt rebesgették, hogy a prioritási vita izgalma ölte meg. Swammerdam meg ezt elhitte, és az önvád miatt lelkileg öszeomlott.) Ő kevés szervezetet tanulmányozott, de azokat nagy részletességgel. Gyermekkora óta gyűjtötte a rovarokat és a velük kapcsolatos megfigyeléseit. Ezért megszüntette orvosi gyakorlatát falura költözött és igen szegényes körülmények között, teljesen a rovarok kutatásának szentelte minden idejét. Nagyon sok új adattal gazdagította az entomológiát. Kipreparálta és mikroszkóp alatt megvizsgálta a méhek ivarszerveit; megállapította a dolgozókról, hogy azok terméketlen nőstények; leírta a méhek “államát” (1673). Megfigyelte a rovarok addig ismeretlen belső szerveit. Vizsgálta a kérészek életét és metamorfózisát, a korallok szerkezetét, a macskahal anatómiáját.



Swammerdam további ábrái a kérész fejlődéséről és a méh belső szerveiről.

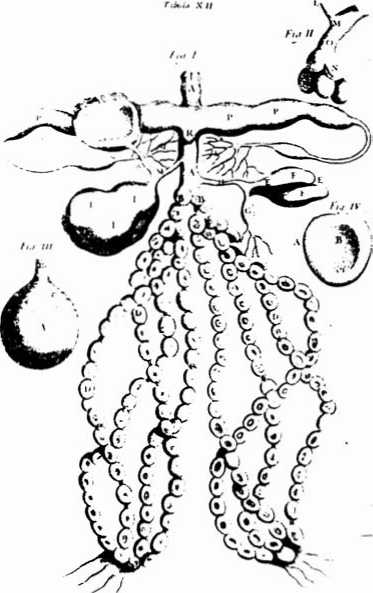
1669-ben publikálta Algemeene Verhandeling van bloedeloose diertjens (A vértelen állatok általános vizsgálata) című művét, amelyben nagyszámú ízeltlábú, rovar, pók, skorpió, csiga, féreg és hal szervezetét írta le. Ő ezeket mind (tévesen) “rovarok”-nak tekintette és a fejlődésmódjuk szerint különböztette meg azokat (munkássága lényegében feltárta a rovarok egyedfejlődését). 1675-ben Ephemeri vita címmel publikált egy részletesen illusztrált művet a szitakötők életéről. (Sokan az ő műveit tekintik a mikroszkópos megfigyelések legfinomabb gyűjteményének.)

Ugyanebben az időben Reinier de Graaf (1641-1673) holland anatómus, orvos, természetbúvár, Swammerdam barátja, majd ellenfele, kezdetben a hasnyálmirigyet és váladékát tanulmányozta. A hasnyálat mesterséges sipoly segítségével nyerte kutyából (1664). (Ő végezte el először a műtétet egy kutyán. Ezt a fontos módszertani előrelépést majdnem 200 éven át elfelejtették.) Később a madarak és az emlősök petefészkein végzett összehasonlító anatómiai vizsgálatokat. 1672-ban talált az emlősök petefészkében hólyagszerű képződményeket, amiket ő “peték- nek tartott (a madártojással tartotta azonosnak); valójában a később róla elnevezett tüszőket fedezte fel. Részletesen leírta a petefészek tüszőit és fejlődésüket (a tüszők egyes fázisai Graaf nevét viselik). Ezzel megkérdőjelezte az arisztotelészi nemzési tant.



Malpighi ábrái növényi szervekről

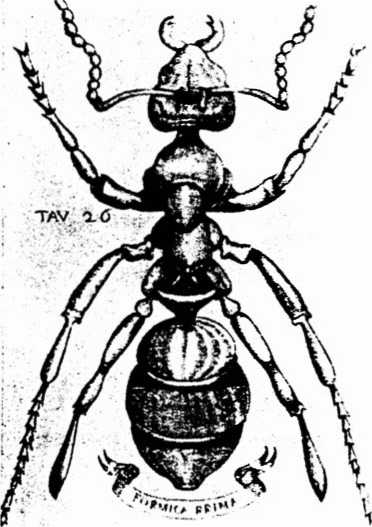
Az itáliai Marcello Malpighi (1628-1694) orvos, anatómus, fiziológus sokat vizsgálta az állatok anatómiáját és szövettanát. Az elsők között alkalmazta a mikroszkópot módszeresen a szövetek tanulmányozásában, ezért őt tekinthetjük a szövettan egyik megalapozójának. Anatómiai és élettani vizsgálatait elsősorban az emberen végezte, de emellett rovarokon, majd a növényeken is. Először írta le a lép nyirokcsomócskáit, a bőr róla elnevezett rétegét, a nyelv szemölcseit, a nagyagy külső kérgét, elemezte a vese testecskéit és a velőállományának piramisait. 1661- ben fedezte fel a békatüdő léghólyagocskáit, a hajszálereket és bennük a véráramlást (ezzel teljessé tette a vérkeringés felfedezését). A tüdőről azt gondolta, hogy a folyékony táplálék (a “chylus”) vérré alakítására szolgál. Ezért a béka hajszálereiben látott vörösvérsejteket kezdetben zsírgömböcskéknek vélte. A májat is mirigynek képzelte, amely az epét választja ki. De mirigyes jellegűnek vélte az agyvelőt is, főleg a kérgét. írt egy részletes monográfiát a selyemhernyóról; ez a tanulmánya az első teljes munka, amely bemutatja az ízeltlábúak fejlődését, keringését, idegrendszerét, légcsőrendszerét és a tápcsatorna kiválasztást végző függelékeit (ezeket ma is Malpighi-edényeknek nevezik). Leírta a csirkeembrió fejlődését a tojás keltetésétől kezdve. Alaposan elemezte a növények anatómiáját is: rendszeres leírást adott a különböző növényi részekről (kéreg, törzs, gyökér, magvak), tárgyalta a csírázást, a gubacsok keletkezését; úgy tűnik, megsejtette azt is, hogy a növények sejtekből állnak. Sok növényanatómiai rajza mindaddig érthetetlen maradt a botanikusok számára, amíg a XIX. században újra fel nem fedezték az általa leírt struktúrákat.



A poszméh kiválasztószervei Malpighi szerint.

A mikroszkopizálók között említhetjük a német Athanasius Kirchert (1602-1680), jezsuita papot és polihisztort is. Rómában 1656-ban pestises betegek vérét és más testváladékait vizsgálva a fertőző betegségek kórokozóit (“venniculi”) vélte megtalálni a vérben a mikroszkóp alatt (a nem megfelelő technikai színvonalú mikroszkópjával nem láthatta a pestis baktériumát; amit látott, feltehetőleg vörösvérsejtek lehettek). (Mindenesetre ő az első, aki orvosi kérdések eldöntésére mikroszkópot használt.) Bár a pestis fő okát a rossz levegőben és a káros kigőzölgésekben látta, mégis feltételezett egy különös betegségátvivő tényezőt (az ún. “contagium”-ot) is, amely szerinte a rothadásból keletkezik és a fertőzésért felelős.

1668 után Francesco Redi mikroszkópot használva a bélben kimutatta a bélférgek petéit. Ugyancsak mikroszkóppal fölfedezte a májmételyt (amelynek egyik átmeneti lárvaalakját az ő tiszteletére nevezték el “redia” lárvának).



Redi hangyája.

A mindent megfigyelő mikroszkopizálók juttatták érvényre azt a fontos elvet, hogy a megfigyelés és a kísérlet az elsőrendű fontosságú, a tiszta hipotetikus filozófiai spekuláció nem elégséges a világjelenségeinek megértéséhez. <<<(((a tapasztalati tudományokban -FÁ)))>>> Munkásságuk nagy jelentősége az, hogy először tárta fel az élő szervezetek szinte hihetetlen bonyolultságú világát. A mikroszkópos vizsgálatok továbbfejlesztése és egy újabb világ feltárulása majd kétszáz évet váratott magára.

### 6. Az embrionális fejlődés: a preformáció tana

W. Harvey érdeklődött az embriológia iránt is. 1651-benfelfedezte, hogy az őzembriók az egyedfejlődésük korai szakaszában kis golyószerű megjelenésűek. Ebből arra következtetett, hogy a kis labdaszerű képződmény talán a petéből ered. Ezért szögezte le azt a tételt, hogy minden élő tojásból (petéből) lesz (ennek a felfogásnak az összegzése az “ex ovo omnid’ kijelentés; ezzel vetette el Arisztotelész koncepcióját a vér általi öröklődésről). Később az állatok mozgásának fizikájával foglalkozott.

A szövetek és sejtek mikroszkópos megfigyelése lehetővé tette az embrionális fejlődés részletesebb tanulmányozását is. Nagy vitákat váltott ki, hogy az ivarsejtek közül melyikbe lehetne lokalizálni a felnőtt kicsinyített másaként meglevő parányi ébrényt, amely a fejlődés során növekedik: a petesejtbe (ovisták) vagy az ondósejtbe (animalkulisták). Akik az egyedfejlődést a már preformáltan meglevő embrió egyszerű növekedésének gondolták, a preformisták: közéjük tartozott a XVII. században Malpighi, Jan Swammerdam, a XVIII. században Albrecht von Haller fiziológus és Charles Bonnet (ovisták), továbbá Leeuwenhoek, Hartsoeker, majd Leibniz és Boerhaave (animalkulisták).

A mozgó spermatozoonok láttán Leeuwenhoek cáfolni vélte Harvey nézetét (ami szerint minden élő a tojásból lesz); szerinte az élet forrása nem a mozdulatlan tojásban van, hanem a mozgékony spermatozoonokban (ezért az “animalkulisták” táborának volt lelkes lúve). A századforduló közelében kiadott könyvében arra a következtetésre jutott, hogy az élet az életből él (amivel cáfolta az ősnemződés elméletét). 1703-ban a levéltetvek vizsgálata során felfedezi a szűznemzés egyik formáját.

Swammerdam leírta a békák egyedfejlődését a petesejt osztódásától (amit előtte még senki sem látott) az ebihal állapoton át a felnőttig. Fejlődéstani párhuzamot vont az állat- és a növényvilág között; a törvényszerűségek alól nem vette ki az embert sem. Hevesen támadta Francesco Redivel egyidőben az ősnemződés tanát, mert szerinte is minden nem elevenen születő állat tojásból (petéből) keletkezik, amit egy ugyanolyan fajta állat rakott le előzetesen. A rovarokat az egyedfejlődésük alapján 4 csoportra osztotta. Részletes leírásuk mellett elsősorban az átalakulásukkal foglalkozott. Ő bizonyította be, hogy a bábból kibújó rovar ugyanaz, mint a lárva volt, átalakult ugyan, de nem új állatról van szó (nem lehet tehát az átalakulást a feltámadás jelképének tartani). A bizonyítás egyszerű és szellemes: megcsonkította a hernyók első 3 szelvényén levő szarvszerű nyúlványokat, mire a bábból kikelő lepke lábai csonkák lettek. Ezzel bebizonyította, hogy a kifejlett rovar struktúrái nem a bábban keletkeznek, hanem már a lárvában csíraállapotban kezdeményként jelen vannak. Ezért a metamorfózist preformált szervek egymás utáni kibontakozásának értelmezte. A tézist átvitte a természetben zajló egész fejlődési folyamatra: a fejlődés az ő számára a már meglevőknek mechanikus növekedése. Ennélfogva az akkoiban formálódó preformációs elmélet híve volt: szerinte minden további alakulási folyamat kezdete a petében található (Leeuwenhoek meg a hímivarsejtben vélte felfedezni a “kezdetet”).

Az ugyancsak holland Nicolas Hartsoeker (1656-1725) az emberi ondósejt mikroszkópos megfigyelése és értelmezése alapján lelkes preformista volt: szerinte az új szervezet minden szerve preformáltan megvan a spermiumban (“animalkulista” volt). Le is rajzolta az ondósejtben kuporgó emberkét (a “homunculus”-t).

Az itáliai orvos és költő, Francesco Redi (1626-1697) anatómiai és iatrokémiai munkássága jelentős: ő volt az elsők egyike, akik megkérdőjelezték az élők spontán keletkezésének elgondolását. 1668-ban számos kísérlettel bebizonyította, hogy üvegekbe tett rothadó anyagokból mindig a reászállókkal azonos legyek keletkeznek; míg ha az üvegeket vászonnal lekötözte, akkor belőlük sohasem bújtak elő legyek. Ezzel

* igazolta Harvey állítását: a legyek is petéből lesznek és nem a bomló anyagokból - kísérlete az első cáfolata az ősnemződésnek.
* Az ősnemződés tanának hívei továbbra is ragaszkodtak ahhoz, hogy - bár bonyolult szervezetek nem, de - mikroorganizmusok keletkezhetnek nem élő anyagokból

### 7. Növényi szexualitás és az élőlények osztályozása

1694-ban Rudolf Jákob Kamerer (Camerarius), a tübingeni egyetem tanára - felhasználva Grew 12 évvel korábbi növényanatómiai vizsgálatait - kísérleteivel véglegesen bizonyította a növények szexualitását és ivaros szaporodását', és ezzel jelentősen hozzájárult a szaporodás jelenségeinek megismeréséhez.

Egyébként a XVII. és a XVIII. század biológiai ismereteit még az élőlények rendszerezése és osztályozása uralta. A XVII. század fordulóján élt Caspar Bauhin (1560-1624) francia származású svájci anatómus és botanikus volt az egyik rendszerező. Akárcsak az anatómiában, a növénytanban is a nevezéktan és a rendszertan egyértelműségére és pontosságára törekedett. Kereken 6 ezer akkor ismert növényfajt írt le pontos diagnózissal; a füveskönyvekben eltérő megnevezésekkel leírt növényeket egymással próbálta azonosítani. Fáradozott egy természetes rendszer kidolgozásán is. A növények társneveit megállapítva megközelítette a faj fogalmát, a leírásai pedig a faji diagnózisokat. Először különböztette meg a nemzetséget és a fajt a megnevezésben is: a modem nevezéktanhoz már nagyban hasonló kettős névből álló elnevezésrendszert használt.

A nemzetségnév azonban még csak valamiféle hasonlóság alapján összevont csoport neve volt; Bauhin még nem gondolkodott a rokonságon. <<<(((Nálunk a nyelvújítás (kb 1790-1820) hozta el a választóvonalat. Előtte a növények nevei nem jelöltek rokonságot, utána viszont igen. Linné 1707-1778) közvetlen a nyelvújítás előtt élt és alkotott, tehát hatása lehetett a magyar nyelvújításra. -FÁ)))>>>

Növénytani fő műve, az 1623-ban publikált “Pinax theatri botanici”, a Linné előtti kor legkiemelkedőbb botanikai munkája. Növénynevei csaknem egy évszázadon át használatban voltak; Linné is sokat megtartott belőlük. A tudományos utazásai során gyűjtött növényekből igen értékes herbárium állt össze. Egyébként leírta a vékony- és a vastagbél határán található záróizomgyűrűt, az ileo-kolikus szfmktert (amit róla neveztek el “Bauhin-szelep”-nek).

Ebben a korban ismerték fel az állatok és a növények összehasonlító kutatásának fontosságát is.

A már említett Thomas Willis az összehasonlító anatómiai vizsgálatok alapján jutott arra a gondolatra, hogy az egész állatvilág osztályozása számára egységes kritériumokat kellene alkalmazni. Megpróbált analógiákat megállapítani a gerincesek és a rákok testfelépítése között: az előbbiekben belső, az utóbbiakban külső váz van; a gerincesekben az izomzat a vázra rögzült, a rákokban viszont a váz alá; a gerincesek idegrendszere háti elhelyezkedésű, míg a gerincteleneké hasi. E “fordított” struktúra miatt mozognak a rákok visszafelé. (A gerinctelenek és a gerincesek testfelépítésének analóg összehasonlítását majdnem 200 évvel később Geoffroy de St. Hilaire próbálta meg ismét.)

A XVII. század közepe tájának jelentős növénymorfológusa volt Joachim Jung(ius) (1587-1657) német matematikus és természetbúvár. A helstedti egyetemen füvészkertet hozott létre, ahol a növényeket alaposan megfigyelte. Foglalkozott a növények alaktanával (tőle ered pl. az “ernyő”, a “füzér”, a “buga” a “sátor” elnevezés a növények virágzati típusaira), a növények rendszerezésével és általában a rendszerekbe osztályozás alapelveivel (ezeket először a tanítványai publikálták 1678-ban).

A XVII. század végének és a XVIII. század elejének szisztematikusa volt a Cambridge-ben tanult angol természetbúvár, JohnRay (1627-1705). 1663 és 1666 között az állattan iránt érdeklődő egyetemista F. Willoughby-vel beutazta az európai kontinenst (Hollandia, Dél-Németoszág, Svájc, Itália, Szicília, Málta és Dél-Franciaország) és közösen írtak egy növényi és állati természetrajzot. A háromkötetes fő növénytani mű, az 1686 és 1704 között megjelent “História generális plamtarum” (A növények általános természetrajza) több mint 18 ezer “fajt” tartalmaz (ez a század növényrendszertanának legfontosabb munkája). J. Jung(ius) munkáinak hatása alatt túlnyomórészt morfológiai jegyekre alapozta a rendszertant. A visszatérés után kizárólag ennek a feladatnak szentelte magát. Különösen érdeklődött azon ókori növénytani kompilátorok művei iránt, akik megpróbáltak valamiféle osztályozási elveket érvényesítem. Ő maga is egységes osztályozási elveket keresett a növényekre és az állatokra; a növényi és az állati rendszerezésnek új alapokat alkotott. Az osztályozásában nagyon pontos nem(zetség)- és fajleírásokat használt; a leírások a struktúrára alapozódtak (pl. az ujjak és a fogak elrendeződésére) és a nem a virágok színére meg az élőhelyre (ezzel új és nagyon fontos koncepciót vezetett be a rendszertanban). Megpróbálkozott a növények rendszerezésével: “tökéletes” és “tökéletlen” főcsoportokat állapított meg, ezeket azután tovább bontotta alosztályokra a virág szerkezete, a magvak száma stb. alapján. Az első főcsoportba számította a gombákat, a májmohákat és a mohákat, a zuzmókat, a halasztókat és az algákat, de rajtuk kívül a polipokat és a szivacsokat is. A “tökéletes” növények főcsoportjába tartoztak a füvek és a fák (Theophrasztosz nyomán), és mindegyik csoportot tovább osztotta egyszikűekre és kétszikűekre (a fogalmakat ő vezette be). Ezeket aztán a levelek, a gyümölcsök és a magvak alapján egyre kisebb csoportokba osztotta (számos ma is létező, természetes csoportba). A rendszere ugyan eléggé kevert, mégis tudatosan formulázott és következetesen alkalmazott módszertani és elméleti elveken nyugodott; a “rokon növények” kifejezés pedig arra utalt, hogy hasonló növényeket egy csoportba próbált összefoglalni. Állandó elnevezéseket alkalmazott, amikben már a nemzetség és a faj kettős neve is előfordul. A biológiai rendszerezés módszertani alapjainak kidolgozásához a faj fogalmáról először alkotott használható elképzelést: 1686-os művének első kötetében a “faj” hasonló szervezetek közössége, amelyek azonos magvakból keletkeznek, egymás között szaporodnak és a szülőkhöz hasonló utódaik vannak.

A “faj” tehát jelenti:

1. egyedek sokaságát,

2. morfológiailag hasonló szervezeteket,

3. azt az egységet, ami a természetben önállóan szaporodik. (Ettől kezdve a “faj” az ugyanolyan módon szerveződőtteknek a nemzedékek során való állandó keletkezésének fogalmát jelenti egyrészt, másrészt pedig egy osztályozási kritériummá válik. Ezzel először kezdődött meg egy rendszer “alulról felfelé” felépítése - ami lényeges előrelépés az elődeihez képest.)

Az 1693-ban Londonban kiadott “Synopsis animalium quadrupedium et serpentinum (A négylábú és csúszómászó állatok áttekintése) című munkája állati természetrajz és rendszertan. Az állatok rendszerezésében szintén a morfológia a döntő; a beosztásban még fellelhetők Arisztotelész gondolatai. Az állatvilág két fő csoportja: a “vérrel bírók” és a “vértelenek”. Az elsőbe tartozók lehetnek tüdővel vagy kopoltyúval lélegzők. A tüdővel lélegzők 2 vagy 1 kamrás szívűek; ez utóbbiakhoz tartoznak a hüllők. A 2 kamrás szívvel bírók lehetnek szőrzettel élve születők (négylábúak) és tolliakkal bíró élve születők (madarak); meghatározatlan besorolásúak a vérrel bírók között a bálnák; kopoltyúval lélegzők a halak. A vérrel nem rendelkezők lehetnek “nagy” vagy “kis” állatok; az utóbbiak a rovarok; az előbbiek a puhatestűek, a rákok és a héjas állatok.

Eddig a legtöbb taxonómus a rendszerét úgy állította fel, hogy az összes ismert szervezetet egyre kisebb csoportokba osztotta be fölülről kezdve, aztán a csoportokat osztotta tovább egyre kisebb csoportokba. (Ezektől eltérően Carl Linné svéd botanikus és taxonómus a fajjal kezdte, és ezeket szervezte nagyobb csoportokba vagy nemzetségekbe, aztán az analóg nemzetségeket családokba egyesítette, a rokon családokat rendekbe, az utóbbiakat meg osztályokba sorolta “Systema Naturae” c. művében 1735-ben.)

Jelentős növényrendszertani munka volt Joseph Pitton de Toumeforté (1656-1708), a francia botanikusé, aki 1683- tól volt a Jardin des Plantes (Királyi Botanikus kert) professzora. Sok gyűjtőúton vett részt, többfelé Franciaországban, Spanyolországban, Portugáliában, Hollandiában és Angliában. 1694-ben Párizsban megjelent kilenckötetes “Elements de botanique ou méthode pour connattre les plantes,, (A növénytan elemei, avagy a növények megismerésének módszere) című munkájában számos új növényi fajt írt le, és egy új növényi rendszeri állított fel a virágzat alapján. Jól **elhatárolta egymástól** a fajokat és a nemeket A nemeket pontosan definiálta és diagnózisokkal látta el; a fajokat először Theophrasztosz nagy csoportjaiba osztotta, és minden egyes csoporton belül aztán a virágzat természete szerint osztályozta tovább. Megfigyelt egyszerű és összetett virágzatot, figyelembe vette a virágtakaró leveleket, a virágzat szabályosságát és elágazásos növekedését. (Számos jó illusztrációja és könnyű kezelhetősége miatt rendszere széles körben elterjedt; a növények meghatározásánál nagyon kedvelték.)

Az **összehasonlító szemlélet** egyik első képviselője volt a XVII. és a XVIII. század fordulóján az anatómus Edward Tyson (1651-1708) angol orvos, aki a még nem felnőtt csimpánz anatómiáját tanulmányozta nagy részletességgel és összevetette azt az emberével (1699). Más főemlősöket is vizsgálva világosan fölismerte a hasonlóságokat ezen állatok és az ember között, de helyesen ismerte fel a különbségeket is. Jelentős volt a közreműködése a fizikai antropológiához és - közel két évszázaddal Darwin előtt - rámutatott az ember és a főemlősök közti valamiféle rokonsági viszony létezésére. Jelentősen hozzájárult még a cetek, a hüllők, az erszényesek és a főemlősök összehasonlító anatómiájához; tanulmányozta a galandférgeket és az orsóférgeket. Az ősnemződés felfogása ellen fordult. Feltételezte, hogy az emberi embrió is petéből képződik.

###### <<<(((érdekes, ahogyan kirajzolódik, hogy a tudományos gondolkodástörténet megannyi szakasza, fordulata

* kezdődött a görögöknél a logikai következetességhez való ragaszkodás - > a kétrétékű logikai alapállás megfogalmazásával.
* Követte ezt a logikus érvelés kiépítése, olykor a valóság tapasztalataitól is eltekintve.
* Eljutottak az axiomatikához, amelynek matematikában Euklidesz nyújtotta (összesítette) kiváló példáját
* Másik példának kínálkozna számomra munkahipotézisként az arisztoteleszi fogalmi sablon.
* Szókratész-Platon-Arisztotelesz korszakban felmerültek az erkölcsi kérdések és mellette az alapvető ismeretelméleti eredmények fogalmazódtak meg, vertek gyökeret. A kereszténység hite értelmezhető úgy is, hogy az ember mire használja filozófiai, tudományos eredményeit, megnövekedett hatékonyságát? A keresztény hit tulajdonképpen úgy értelmezhető, mint annak kultúrája, hogy a tudományos gondolkodás hatékonyságát az ember mire használja? – És ebben a tekintetben a kereszténység nem csak Krisztus közvetlen tanításaival azonosítható, hanem a keresztény világban végbement további kirstályosodás eredményeivel is.
* A porfürioszi fa osztályozása élettelenre, élőre és emberre korábban már ismert volt, de nem kapott önálló tételt, elnevezést. Ez is egy lépcső volt Boethius személy fogalma felé, hiszen a „fa” révén koncentrálni tudott az ember sajátos lényegi vonásaira.
* Következő lépésként a fogalmi sablon használójának filozófiai lényegét a személy általános fogalmában tárgyalták Boethiustól kezdve, amely fogalom definíciója érdekesen egészíti ki az arisztoteleszi fogalmi sablont az okság és végső ok témakörében
* Az ismeretelméleti alapok kiépülését követően a tudományos és a szakismeretek elkülönítésére külön szavakat használnak a korai skolasztikában – amiből következik, hogy szakismeretekből nem lehet általános elméleti teóriát kikövetkeztetni.
* Továbblépés az elméleti tudományok körében a deduktív és a tapasztalati-induktív axiomatika egyre következetesebb megkülönböztetése
* Hatalmas fejlődésnek indul mindkét tudományterület, bár a tudományterületek művelői számára nem mindig egyértelmű, hogy ők egyéni érdeklődésük alapján hova tartoznak.
* Önálló tényezővé válik a kísérleti-tapasztalati vizsgálódás technikai eszközeinek fejlődése (mikroszkóp pld) ami később úgy fordul át, hogy elvi akadályt jelent a vizsgálódási eszközök hiánya (pld mikrofizikában a fénynél „finomabb” adathordozó hiánya).
* A xx. Század történelme erőteljesen veti fel, hogy a természettudományos eredményeket ha a társadalomról való gondolkodás redukálására használják fel (hibás indukcióval), akkor annak az ember személy mivoltának lehetőségét kiteljesítő kulturális, erkölcsi jelleg vissza szorulása lehet az eredménye. -FÁ)))>>>

## F. A tudományos kémia kialakulásának kezdetei *(Varga Miklós)*

### 1. Bevezetés

Az újkori kémia történetét tárgyaló fejezeteinkben - részben a terjedelem szabta korlátok miatt is - csupán arra törekszünk, hogy néhány fontos alapfogalom, illetve elmélet kialakulásának, fejlődésének legfontosabb tényezőit elemezzük. Ezért csak vázlatosan utalunk az eseménytörténetre, de megnevezzük mindazokat a könnyen hozzáférhető forrásmunkákat, amelyek megkönnyítik a történeti tényanyag területén való tájékozódást. Ismeretes, hogy a kémia, más szaktudományokkal összehasonlítva, viszonylag későn jutott el a fejlődésnek arra a szakaszára, amelytől kezdődően tudományos kémiáról beszélhetünk. Ennek egyik oka feltétlenül az, hogy a kémiai folyamatok, jelenségek egyszerű, vizuális megfigyeléséből az esetek többségében csak rendkívül áttételesen következtethetünk azok lényegére, sőt a látszat több esetben tévútra is vezeti a megfigyelőt. Nézzünk néhány konkrét példát. Kimutatható, hogy az arisztotelészi elemtan még a XIX. század elején is számottevő hatást gyakorolt a kémiai gondolkodás fejlődésére. Hogyan lehetséges, hogy ez az alapjaiban elhibázott elképzelés <<<(((és Dózsa György katonáinak a gonosz Verbőci nem osztogatott mobil telefonokat. -FÁ)))>>> hosszú évszázadokon keresztül fennmaradt és befolyásolta a tudományos gondolkodást? Gondoljunk arra, hogy a tűzi úton lejátszódó, spontán végbemenő folyamatok nagy többségénél mit figyelhettek meg elődeink? Észlelhették a lángot, esetenként légnemű anyagok felszabadulását, víz képződését, ill. földszerű anyag visszamaradását. Az arisztotelészi elemtan éppen ezen elvekre épül (föld, levegő, tűz, víz), ill. ezek átalakulását tételezi fel. <<<(((mint sok más még korábbi elképzelés -FÁ)))>>> De gondolhatunk pl. arra is, hogy a vizes oldatokban lejátszódó folyamatok nagy többségénél is - ha csak nincsen csapadékképződés, színváltozás - a megfigyelő semmiféle változást nem észlelhet. Bizonyos, hogy ezek a körülmények szerepet játszottak abban, hogy a megismerési folyamat során viszonylag hosszú időre volt szükségünk, amíg a látszat, vagy a járulékos jelenségek megfigyelésétől az alapvető fogalmakig, elméletekig eljuthattunk. Összehasonlításul talán érdemes megjegyezni, hogy a XVI. században Kopernikusz számára az égitestek mozgásának vizuális megfigyelése és egy még nagyon pontatlanul definiált erőfogalom lényegében elégséges volt <<<(((a ptolemaioszi számításokat nem becsülném le ennyire. -FÁ)))>>> ahhoz, hogy heliocentrikus elméletét megalkossa és ezzel alapvető változást idézzen elő az égi mechanika fejlődésében. Ahhoz, hogy a kémia a fejlődés hasonló szintjére eljusson, legalábbis arra volt szükség, hogy Lavoisier működése nyomán létrejöjjön az első használható elemdefiníció. <<<(((meg előtte az alkimisták évszázadokig tartó tapasztalati felhalmozására -FÁ)))>>> Ez pedig, mint tudjuk, csak a XVIII. sz. utolsó harmadában következett be, alapját képezve a kémiai atomelmélet későbbi, daltoni megfogalmazásának. A továbbiak jobb megértése érdekében tekintsük át röviden, milyen örökségre támaszkodhatott a kémia az újkor hajnalán.

### 2. Mesterségbeli tudás, anyagismeret

Az újkori kémia kialakulásában és további fejlődésében komoly szerepet játszott az évszázadok, sőt évezredek alatt felhalmozott tapasztalati anyag, amelyet mesterségbeli tudásnak nevezhetünk. Ismeretes, hogy az emberiség igen hosszú idő óta alkalmazott számos olyan eljárást, műveletet, melyeknek alapját lényegében kémiai folyamatok képezték. Feltehető pl., hogy éppen a bevezetésben említett, tűzi úton végbemenő változások megfigyelése, majd reprodukálása vezetett a fémkohászati ismeretek kialakulásához és bizonyos fémek előállításához (1. táblázat) vagy a kerámiai és az üvegipar kialakulásához is. Az utóbbiakról tárgyi emlékek tanúskodnak. Érdemes megemlíteni, hogy az ókori Egyiptomban már az üveg hengerlésének műveletét is ismerték. Tárgyi bizonyítékaink vannak arra is, hogy ugyanebben az időszakban kozmetikai szereket és több természetes színezéket is előállítottak, ill. izoláltak (indigó, bíbor, alizarin). Ismertek számos élelmiszer-tartósító eljárást, és felhasználták az alkoholos és tejsavas erjesztés folyamatát is. Tudjuk, hogy ismerték a desztilláció műveletét. Meglepő magas fejlettségi szintet értek el azok a technikák, amelyek segítségével természetes anyagokból bizonyos hasznos hatóanyagokat vontak ki. Részben ezekre az ismeretekre épült a iatrokémia - kémiai anyagok orvosi célokra történő alkalmazását jelentette -, amely egyúttal jelentősen tovább is fejlesztette az anyagelválasztási folyamatok módszereit. Érdekes tény, hogy már a korai középkorban alkalmazták pl. a vízgőz-desztillációt, magas forráspontú növényi hatóanyagok elkülönítésére Hasonló irányban hatottak a sajnos kevésbé békés célú társadalmi igények is. A fekete lőpor európai felfedezése és haditechnikai alkalmazása kétségtelenül előmozdította pl. a bepárlás és kristályosítás műveleteinek fejlesztését. Erre azért volt szükség, mert az ásványi eredetű káliumnitrátot tisztítani kellett, de ugyanilyen célból állítottak elő igen tiszta ként is, az olvadék szublimációja révén. Itt szeretnénk rámutatni egy sajnos meglehetősen elterjedt tudománytörténeti tévedésre. Azt az igen hosszú időszakot, amelyet a mesterségbeli tudás továbbélése és halmozódása jellemzett, nem tekinthetjük úgy, mint a tapasztalati ismeretek spontán halmozódásának szakaszait, amelyet semmiféle elmélet nem irányított. Részben e tévedés eloszlatására, részben pedig azért, hogy világosan lássuk; a mesterségbeli tudás jórészt az alkimisták tevékenységének eredményeként alakult ki. Nézzük meg vázlatosan az alkímia korának főbb szakaszait.

|  |  |
| --- | --- |
| Arany mosás hordalékból  Réz redukciója fémekből olvasztással  Kőolaj bányászata és használata | a feljegyzett civilizációk előtt |
| Ón redukciója ércekből olvasztással  Bronz készítése  Vas redukciója ércekből olvasztással  Szóda bányászata és használata | i. e. 3500-ig |
| Arany redukciója dúsítással | i. e. 2500-ig |
| Ezüst redukciója ércekből olvasztással Ólom redukciója ércekből olvasztással Ezüst elválasztása az ólomtól kupellációval | i. e. 2000-ig |
| Fújtató használata a kemencékhez | i. e. 1500-ig |
| Acélgyártás | i. e. 1000-ig |
| Nem nemesfémek elválasztása érceikből vizes dúsítással Aranyfmomítás kupellációval  Ólom kiválasztása szulfidásványaiból | i. e. 500-ig |
| Higany redukciója ércekből | i. e. 400-ig |
| Ólomfehér készítés ecettel  Próbakő ismerete az arany és ezüst meghatározásához | i. e. 300-ig |
| Higany redukciója érceiből desztillációval  Ezüst elválasztása aranytól sóval történő cementációval  Sárgaréz készítése réz és kalamin cementációjával  Cinkoxid kinyerése a kohófüsből  Antimon redukciója érceiből olvasztással (véletlenül)  Arany visszanyerése amalgámozással  Réz finomítása ismételt összeolvasztással  Réz kohászata szulfidérceiből  Vitriol (kék és zöld) gyártása Timsó gyártása  Timsó gyártása | középkor kezdetéig |

1. táblázat - A fémekkel kapcsolatos kémiai műveletek

### 3. Az alkímia kora

Az alkímia története három nagyobb korszakot foglal magában: a hellén, az arab és a latin alkímia korát. Hellén alkímiáról az időszámításunk előtti első két századtól az időszámítást követő IV. századig, arab alkímiáról, a VIII-X. sz.-ban, latin korszakról pedig a XI-XVII. sz.-ban beszélhetünk. A kémiai gondolkodás fejlődését mindhárom szakaszban az jellemzi, hogy két tendencia hat: egy racionális, misztikától távolodó, s egy irracionális, misztikus-vallásos szemlélet. Az egyes periódusok elején az előbbi, a végén az utóbbi dominál. Minden egyes periódus fejlődését az zárja le, hogy gondolkodás és gyakorlat egysége - természetesen az alkímián belül létrejött, rendkívül viszonylagos “egysége” - megbomlik, a gyakorlat puszta mesterséggé fejlődik vissza, az elmélet pedig misztikává torzul.

#### A. A hellén alkímia

Alexandriában alakultak ki i. e. utolsó századokban kedvező társadalmi feltételek ahhoz, hogy valóságos tudomány, elmélet és gyakorlat kölcsönhatásában fejlődő tudomány kezdeti formái jöjjenek létre.

Befejeződött az ókori matematika fejlődése (Eukleidész), a csillagászatban Ptolemaiosz matematikailag kifejtett, rendszeres leírását adta az égitestek látszólagos mozgásának, s jelentős eredmények születtek a fizikában is.

Módszertani szempontból a legfontosabb az a körülmény, hogy a spontán megfigyelést felváltotta a rendszeres kísérletezés, s a gondolkodás fejlődésének ez a szakasza még a XVII. sz.-i tudományos gondolkodás számára is hasznos útmutatásokkal szolgált. Abban a korban azonban, amikor az alkímia kialakulása megkezdődött, Alexandriában a társadalmi feltételek már nem nyújtottak biztos alapot a tudományok további fejlődéséhez. Az alkímiát nem is tehetjük egy szintre a többi tudományággal, jelentőségét abban látjuk, hogy a kémiában először jött létre elmélet és tapasztalás olyan egyesítési kísérlete, amely - legalábbis formáját módszereit tekintve - bizonyos, tudományra emlékeztető jegyeket hordozott magán.

Melyek voltak e sajátságok? Ptolemaiosz rendszere egy tapasztalatilag ellenőrzött, de a látszatra alapított elmélet volt, melynek gyakorlati jelentőségét az adta, hogy jól ellátta eszközfunkcióját, lehetővé tette pl. a földrajzi helymeghatározást, naptárkészítést. A kialakuló alkímiában is az jelentette a racionális elemet, hogy hasonlóan a ptolemaioszi elmélethez, rendszerezett és magyarázott bizonyos mesterségbeli tapasztalatokat, sőt néhány egyszerű, kvalitatív előrelátást is lehetővé tett. Mindez azonban hasonlóan a ptolemaioszi elmélethez, a látszat szintjén mozgott, ezért mondjuk, hogy a kémiai gondolkodás a tudományos elméleteknek csak formális jegyeit viselte magán.

A hellén alkímia - módosítva a sztoikusok tanaival - Platón és Arisztotelész lételméletét és a fémekre, ásványokra vonatkozó nézeteit vette át. Már ezek az eszmék is - különösen Platóné - egy misztifikálódott filozófiában ágyazva jutottak el ide, s a magyarázatokba a keleti gondolkodásból származó elemek is beépültek, pl. a fémek animizálása, élőlényként való felfogása, a “mikrokozmosz” és a “makrokozmosz” törvényeinek hasonlósága stb.

Hogyan “ötvöződtek” ezen elemek az alkimisták gondolkodásában? A sztoikusok “pneuma "tanából kiindulva72, feltételezték, hogy a passzív anyagra egy aktív szellem hat. A fémekben az állat- és növényvilághoz hasonló folyamat játszódik le, a régi elhalása után hátramarad a mag, ami életcsírát, fejlődéscsírát tartalmaz, s a benne szunnyadó életet a “pneuma” ösztönzi, hajtja változások sorozatán át a teljes kifejlődésig. A makrokozmosz- mikrokozmosz azonosságát vallva, feltételezték hogy a földben is hasonló folyamat játszódik le, míg a fémek arannyá válnak. A mesterembereknek éppen az a feladata, hogy ezt a lassú, spontán folyamatot mesterségesen meggyorsítsák. <<<(((nem tudták, hogy arany csak a csillagokban keletkezik. A látszat az volt, hogy a földben találták és úgy vélték, ott is keletkezik. -FÁ)))>>>

72 A sztoikusok a levegőben mindent átható és irányító közeget, pneumát láttak. A későbbi alkalmazók az elméletet meglehetősen szabadon kezelve, ezt hol szellemi, hol fizikai létezővel azonosították.

Hogyan kísérelték meg e folyamat megvalósítását? Az arisztotelészi anyag-forma tan önkényes, alkimista változata szerint a folyamat lényege az, hogy a fémes anyagra fel kell vinni a megfelelő formákat, s ezeket mindaddig kell cserélni, míg létrejön a végső forma. Az arisztotelészi nézetek rendkívül szabad felhasználásával, s biológiai analógiától vezettetve, első lépésnek az aranykészítésben a holt anyag, a passzív hordozó előállítását írták elő.

A folyamat eredményességének megítélésében is az anyag-forma tan szolgált kiindulásul, s a szín, a forma megjelenését figyelték, mert ezt tekintették a legfontosabb sajátosságnak. A **“kísérletek” során** tehát

* először színétől fosztották meg az anyagot, “holttá tették”, ezt pl. oxidálással érték el, vagy kénnel hevítve szulfidréteget állítottak elő a fém felületén. Ez volt a “feketítés” művelete.
* A második lépésben a “kevésbé tökéletes” ezüstöt állították elő, a fehérítés műveletével, amelyet pl. arzén hozzáadásával értek el,
* majd következett a “sárgítás”, ezt nátrium- poliszulfid oldattal végezték.
* A folyamatot rendszerint egy negyedik lépés, a tökéletes aranyszín előállítása zárta le.

Ekkor - a növényi magvak növekedésének feltételeit utánozva - melegítették és különféle “vizekkel” kezelték a fémet. Miután az utánzási folyamat eredményét az ebben a korban használatos ellenőrzési eszközökkel **gyakorlatilag nem lehetett megkülönböztetni** a tiszta aranytól, úgy tekintették, hogy sikerült aranyat előállítaniuk. <<<(((?! -FÁ)))>>>

Jól láthatjuk tehát, hogy az alkímia nézetrendszerében a filozófiai kiindulópontoknak alapvető jelentősége volt. Korábban - pl. az egyiptomi mesteremberek - éppúgy elő tudtak állítani aranyszerű ötvözeteket, vagy sikerrel színeztek aranyszínűre különböző anyagokat, mint a későbbi alkimisták. Őket azonban az empíria szintjén maradó, józan értelem jellemezte, tudták, hogy aranyutánzatot csinálnak. Az alkimisták számára viszont a platóni, arisztotelészi filozófia “elméleti” alapot adott arra, hogy ezt a tevékenységet úgy fogták fel, mint valóságosan az arany előállításához vezető folyamatot, lévén az arany más fémektől nem “anyagában”; hanem “formájában” különböző, a “formát” pedig elő tudták állítani. <<<(((És tényleg, a különféle fémek atomjai közös alapanyagokból épülnek fel, tehát mégis igaza volt az alkimista filozófiai alapnak, csak a gyakorlatot vétették el, illetve a gyakorlathoz volt kevés a tudásuk és technikájuk. – milyen meglepő, hogy a mániákusoknak mégis igaza volt, csak nem érthették meg hogyan illetve nem élhették meg, hogy az anyag egy következő, atomon belüli szerveződési szintje táruljon fel. -FÁ)))>>>

Az i. sz. IV. sz.-ra tehető a hellén alkímia felbomlása. Ezután a “teoretikusok” megvetéssel nézték a “szakácskodókat”, akik nem értették meg, hogy az alkímia, a fémek tökéletesedése tulajdonképpen szimbolikus jelentésű, a lélek tökéletesedését jelképezi, s az “igazi” alkimista az egész alkímiai folyamatot a lelkében játszatja le.

#### B. Arab alkímia

Az alkímia fejlődésének következő szakasza az arab hódítások után kezdődik. Az alexandriai iskola mellett kialakulására erős befolyást gyakoroltak indiai és kínai hatások is. Ezt a korszakot számos racionális törekvés jellemzi, jórészt az orvosi gyakorlat szükségletei nyomán. Említésre méltó, hogy több szempontból is megkísérelték továbbfejleszteni az arisztotelészi elemfelfogást. Fontos dokumentum a IX. századból származó Jabir Corpus (ez egy Dzsabir nevű, többé-kevésbé legendás alakról elnevezett enciklopédia). (Nézzük át röviden a dzsabiri anyagfelfogást. Láttuk, hogy

az arisztotelészi anyag-forma tan alapján álló, hellén alkimistáknál a forma tulajdonság, jelenség, pontosabban tulajdonságösszesség volt csupán. **A Jabir Corpus azonban a tulajdonságot dologként fogja fel, mely elválasztható az eredeti anyagtól, önállóan előállítható**.

Eszerint az ún. alaptulajdonságok konkrét dolgok, s ezek meghatározott aránya jellemző az anyagokra. Ugyanebből a műből tűnik ki, hogy az arisztotelészi minőségtant érdekes módon továbbfejlesztették. Dzsabir szerint a fémek mind a négy alaptulajdonságot tartalmazzák, ebből kettő a külső sajátosságokat adja, kettő pedig rejtve marad. Aranykészítéskor az “elixír segítségével” e rejtett tulajdonságokat kell a felszínre hozni.)

Az alkimista feladata tehát a következő:

* Elő kell állítani ezeket a dolgokat, mint “tiszta” természetet;
* Meg kell határozni “helyes” arányukat;
* A gyakorlatban is elő kell állítani “helyes” kombinációikat.

Ebből a korszakból származik az arisztotelészi elemtan egy másik kiegészítése is, amely a továbbiakban jelentős hatást gyakorolt a kémiai gondolkodásra. Az arab alkimisták úgy vélték, hogy fel kell venni az elemek sorába a higanyt és a ként is. Ezeket az anyagokat úgy tekintették, mint bizonyos alapvető tulajdonságok hordozóit, amelyekből különböző fémek különböző mértékben részesednek. A higany a fémes fényt, az alakváltozásra való hajlamot, a kén az éghetőséget, a merevséget hordozta. Bizonyos, hogy ez az elképzelés spontán megfigyeléseken alapult, mivel a Közel-Keleten meglehetősen gyakoriak a higany oxidos és szulfidos felszíni előfordulásai. Tudjuk, hogy ezek az anyagok viszonylag alacsony hőmérsékleten (400-500 °C között) termikusán elbomlanak, amelynek nyomán közvetlenül lehet észlelni a fémhigany és a kén megjelenését.

Érdemes végezetül idézni Ibn Sina (Avicenna) kritikai megjegyzéseit e kor gondolkodásmódjáról.

“Világosan meg kell érteniük az alkimistáknak, hogy nincs hatalmukban változtatást előidézni a fajtákban. Képesek azonban kitűnő imitációkat alkotni ... s képesek az ezüstöt a legtöbb tisztátalanságától megszabadítani. Mégis ezekben (a színezett fémekben) a lényegi természet változatlan maradt, s ezt csupán elfeledték az előidézett tulajdonságokkal.”

“Azok a tulajdonságok, amelyeket érzékelünk, valószínűleg nem azok, amelyek a fémeket fajtákra osztják, hanem inkább véletlenszerűek, vagy következmények, a (fémek) specifikus különbségei pedig ismeretlenek. S ha egy dolog ismeretlen, hogyan lehetséges annak elpusztítására vagy megalkotására törekedni? Valószínű, hogy a számításba vett fémek lényegét alkotó elemek aránya minden egyes esetben különböző. Ha ez így van, akkor egy fém nem alakítható át egy másikká úgy, hogy e vegyületet széttörjük, és ezután alakítjuk ki a kívánt összetételt. Egy fém átalakítása nem hozható létre puszta egyesítéssel. Sokat tudtam volna még e tárgyról elmondani, de kevés a haszna, s semmi szükség rá.”

Ibn Sina tehát nem hajlandó az imitációs folyamatnak az aranycsináláshoz vezető út jelentését tulajdonítani. Igen figyelemreméltó az az érve, hogy a fémek természete változatlan maradt, s ezt csupán elfedték az előidézett tulajdonságok. E megfogalmazás, úgy véljük, azért jelentős, mert a látszat meghaladásának igényét mutatja. Helyesen mutat rá erre, azonban az arisztotelészi filozófiai kiindulópontok nem teszik lehetővé a viszonylagos szubsztancialitás megragadását, erre csak később, bár éppen abszolutizált formában a kémiai elemtan és az atomizmus segítségével kerül sor. Jól látja Ibn Sina az alkimisták elméletének egy konkrét belső ellentmondását is.

Ha az alkímia elmélete szerint minden dolgot a tulajdonságok (összetevők) meghatározott aranya alkot, akkor az imitáció technikája - mely az “aranytermészetef ’ lépésenként, additív módon viszi fel a fémre - szükségképpen hamis. Ibn Sina nézeteit kétségtelenül befolyásolta az a körülmény, hogy gyakorlatiasan gondolkodó orvos volt, nem fűzte különösebb érdek az aranykészítéshez.

Az arab alkímia fejlődésének egy külső társadalmi folyamat vetett véget. A mozlim világban a “szunnita” mozgalom győzelme lehetetlenné tette a racionális gondolkodást, szélsőséges, fanatikus vallásos nézetek terjedtek el. Az alkímia szimbolista ága viszont “felvirágzott”.

#### C. A latin alkímia

Az alkímiai ismeretek részben a mórok közvetítésével jutottak el Spanyolországon át Európába, részben Bizáncon keresztül, és az arisztotelészi, illetve a hellén és arab művek lefordítása révén terjedtek. A fejlődés feltételeit a különböző kémiai anyagok és a racionálisabb keresztény műveltség73 iránti igény hozta létre. Erősen befolyásolta a gondolkodást, hogy a keresztény egyházatyák a XII-XIII. sz.-ban felülvizsgálták és összefoglalták az alkímiai elméleti tudást.

73Endrei Walter a “Középkor technikai forradalma" c. könyvében (Magvető Kiadó, Budapest, 1978) érdekes gondolatokat fejteget ezzel kapcsolatban. Rámutat, hogy komoly szemléletbeli különbség tapasztalható a nyugat-európai és keleti (bizánci) keresztény kultúrák között, s nem lehet véletlen, hogy a “laborare est orare" jelszó csak nyugaton keletkezhetett, ahol a hangsúly inkább a gyakorlaton volt, nem pedig a szemlélődésen. A nyugat-európai keresztény kolostorokban általában önellátásra rendezkedtek be - pl. ciszterciták, karthauziak - és komoly mezőgazdasági, kézműipari tevékenységet is folytattak, amelynek során számos figyelemre méltó technikai, technológiai újítást vezettek be.

Ezekkel a kérdésekkel elsősorban azért foglalkoztak, mert a keresztény gondolkodók, szintetizálva koruk műveltségét, egységes világkép alkotására törekedtek. Ennek érdekében felhasználták Arisztotelész és Platón számos filozófiai gondolatát. (így pl. Arisztotelész cél-oksági, teleologikus mozgáselméletét, a “formák formájának” létezését feltételező gondolatait stb.)

Általában hamisnak nyilvánították az animista, mágikus mítoszokat, s bizonyos kritika jelent meg az aranycsinálás lehetőségével kapcsolatban is. Úgy ítélték meg, hogy a siker feltételei még nem eléggé biztosítottak, az egyes leírások nem kellően konkretizáltak. Nem vonták azonban kétségbe a folyamat megvalósíthatóságát, úgy fogták fel, mint egy lehetséges természeti jelenséget. Nyilvánvaló, hogy amíg az arisztotelészi lételméletet érvényesnek tekintették, addig fel kellett tételezni az elemek kölcsönös átalakulása, azaz a transzmutáció lehetőségét is. Kritikájuk ezért az alkímia sarlatánjai ellen irányult, de nem az alapvető célkitűzések ellen. Mai szóhasználattal élve, az elem- átalakítás lehetősége e korban szinte paradigmává vált, az említett filozófiai elvek hatása miatt.

A gyakorlati tevékenység és az elméleti gondolkodás közeledésének feltételei csak akkor kezdtek érlelődni, amikor a társadalmi fejlődés alapvetően új, reális igényeket támasztott a kémiával szemben.

#### 4. XVI-XVII. század

A középkort tehát jellemezte az alkímia uralma. Bár a kémiai magyarázatok szükségszerűen misztifikálódtak az irreális célkitűzés és a hamis elvi alapok miatt, <<<(((mi ez, szabad nép félóra? Ráadásul nem is teljesen igaz. Sőt, mintha utólag kerültek volna a szövegben sormintaként ezek a kitételek. -FÁ)))>>> de a tengernyi erőfeszítés az aranycsinálás titkának megfejtésére az anyagismeret növekedését eredményezte. Nagyon helyesen ítélte meg F. Bacon a XVII. sz. elején az alkímia ellentmondásos szerepel:

“Az alkímia létjogosultságát el kell ismernünk. A mellé a gazdaember mellé helyezhetjük, akiről Ezópusz írta tanítómeséjében, hogy amikor haldoklott, megmondta fiainak, hogy szőlőskertjében elásva aranykincset hagy rájuk. A fiúk felásták az egész kertet, aranyra azonban nem találtak, de mivel felásták és megforgatták a termőtalajt a szőlő gyökerei körül, a következő évben gazdag termésük lett.” <<<(((no lám a fegyver után kutakodó rendőrökkel felásatott kert meséjének milyen előzménye van -FÁ)))>>>

Visszatérve az alkímiát tárgyaló előző pontban említett elvi problémára, az alkímia története is világosan mutatja, hogy a kémia történetében nem különíthetünk el olyan időszakokat, amelyeket a tapasztalati ismeretek spontán halmozódása jellemez. Mind a tapasztalatok gyűjtését, mind a belőlük levonható következtetéseket alapvetően meghatározták a mindvégig ható elméletek és előfeltevések. Más kérdés, hogy ezek irracionálisak, eredetük sok esetben homályos és természetesen nem felelnek meg azon kritériumoknak sem, amelyeket ma a tudományos elmélettel szemben támasztunk.74

74M. Wartofsky: A tudományos gondolkodás fogalmi alapjai (Gondolat, Budapest, 1976)

Az alkímia misztikus célkitűzéseivel és magyarázó módszereivel való szakítás a kémia céljának és elméletének átalakítását követelte meg. Azok közül, akik a XVI. sz.-ban a kémiának új célokat és módszereket jelöltek ki, különösen jelentős Agricola munkássága, aki a kémiát a metallurgia kisegítőjeként, szolgálójaként fogta fel, és mindenekelőtt Paracelsuszé, aki a kémia feladatát az orvostan kiszolgálásában látta. Leírták pl. különböző, gyógyszerként használatos anyagok tulajdonságait. Az adott korban ez rendkívül jelentős volt. A tapasztalatok egymás után következő felsorolása módszertanilag óriási eredmény a korábbi évszázadok egyoldalúan deduktív, spekulatív gondolkodásmódjához képest. Fokozatosan nyert tehát teret az a nézet, hogy a kémia alkalmazott mesterség.

<<<(((össze-visszafolyik az érvelés -FÁ)))>>>

Mindez nem jelentette azt, hogy az alkímia egy csapásra megszűnt. A kémia céljáról alkotott két felfogás hosszú ideig egymás mellett létezett, de egyre inkább előtérbe kerültek a reális célkitűzések, az e céloknak megfelelő racionális tevékenység, s a kémia ezért nem zuhant vissza a terméktelen misztikába, mint az alexandriai korszak lezáródása után. E fejlődési folyamat azt eredményezte, hogy a XVII. sz. elejére a legtöbb kémikus olyan mesterségként kezelte a kémiát, melynek fő feladata az orvostudomány vagy a metallurgia kiszolgálása.

Az említett pozitív tendencia ellenére a kémiai tevékenység a XVII. sz.-ban olyan szűk keretek között maradt, amelyek nem késztették arra a kémiát, hogy része legyen az új világkép kidolgozásának. (Gondoljunk pl. a korabeli mechanika vagy csillagászat fejlettségi szintjére és ennek kultúrtörténeti hatásaira!)

Irodalom

Bell, E. T„ The Development ofMathematics. McGraw Hill, New York-London. 1945.

Bennett, J. A.. The Devided Circle: a Historv ofInstruments fór Astronomv and Nmúgation. Oxford. 1987. Bilinski, Br.. IIpitagorismo di Niccolo Copernico. Wroclaw. 1977.

Blumenberg, Hans. Die Genesis dér koperkanischen Welt. Suhrkamp, Frankfurt am Main. 1985.

Boyer, C. B. és Merzbach, U. Z.. A Historv ofMathematics. John Wiley and Sons. 1989.

Bruno, Giordano. Két párbeszéd. Magyar Helikon, Budapest. 1972.

Caspar, Max. Bibliographia Kepleriana. Beck, München. 1936. 1968.

Copemicus. Three Copernican Treatises. New York. 1971.

Copemicus. Commentariolus. Proc. Am. Phil. Soc. 117. 1973.

Copemicus. Complete Works, Vol. 1. The Manuscript of On the Revolutions. Macmillan, London, Warsaw, Cracow. 1972.

Copemicus. Die Kreisbewegungen dér Weltkörper. (De Revolutionibus Orbium Caelestium). Erstes Buch (Latin- német kétnvehní kiadás). Akademie, Berlin. 1959.

Copemicus. Gesamtausga.be II.: De Revolutionibus. Kritischer Text. Gerstenbeig Verlag, Hildesheim. 1984. Copemicus. On the Revolutions. McMillan, London. 1978.

Copemicus. The Great Books of the Western World 16. Ptolemy, Copemicus, Kepler. Chicago. 1952.

Donahue, W. D.. Kepler's First Thoughts on Óval Orbits. Joum. fór the Hist. of Astronomy 24. 1993.

Donahue, W. D.. Kepler's Invention of the Second Planetary Law. The Brit. Joum. fór the Hist. of Science 27 Part L, No 92. 1994.

Dreyer, J. L.E..A History of Astronomy from Thales to Kepler (Second Edition). Dover Publication 1953. Dreyer, J. L. E.. Tvcho de Brache. Adam and Charles Black, Edinburgh. 1890.

Duhem, P. Le svsteme du monde. Hermáim, Paris. 1913-1959.

Duhem, P. Medieval Cosmology. Theories of Infinity, Piacé, Time, Void, and the Plurality ofWorlds (Extracts from Le svsteme du monde). University of Chicago Press, Chicago. 1985.

Field, J. V.. Kepler's Geometrical Cosmology. The Athlone Press. London. 1988.

Freiesleben, H. C.. Kepler als Forscher. Darmstadt. 1970.

Freud, R.. (szerk). Nagy pillanatok a matematika történetében. Gondolat. Budapest. 1981.

Goldstein, B. R.. TheArabic Version ofPtolemy's Planetary Hypotheses. Philadelphia. 1967.

Hallyn, F.. La structure poétique du monde. Copernic, Kepler. Seuil. Paris. 1987.

Hermanowski, Georg. Nikolaus Kopernikus: zwischen Mittelalter undNeuzeit. Styria, Graz [etc.]. 1985. Hooykaas, R.. The Aristotelian Background to Copernicus’s Cosmology. Joum. Hist. Astr. 18 Part 2. 1987. Hoyle, F.. Nicolaus Copernicus. An Essav on his Life and Work. Heimann. London. 1974.

Jardin, N.. The Significance of the Copernican Orbs. Joum. Hist. of Astr. 13 Part 3. 1982.

Juskevics, A. P. A középkori matematika története. Gondolat, Budapest. 1982.

Kepler,. Four Hundred Years. Vistas in Astronomy 18. 1975.

Kepler,. Gesammelte Werke. C. H. Beck'sche Verlagsbuchhandlung. München. 1938.

Kepler,. Mvsterium Cosmographicum - The Secret of the Universe. Abaris Books, New York. 1981.

Kepler,. Neue Astronomie. Oldenburg, München. 1929.

Kepler,. Weltharmonie. Oldenburg, München. 1931.

Kestem, H.. Copernicus and his World. Roy, New York. 1946.

Koyré, Alexandre. The Astronomical Revolútion: Copernicus-Kepler-Borelli. Methuen, London. 1973.

Koyré, A.. From the Closed Word to the Infinite Universe. The Johns Hopkins Press, Baltimore. 1957.

Kraft, F., Meyer, K., és Stickler, B.. (hrgs.). InternationalesKepler-Symposium. Hildesheim, Gerstenbeig. 1973. Kuhn, T. S.. The Copernican Revolution. HarvardUni. Press, Cambridge, Massachusetts. 1957.

Lear, J.. Kepler's Dream. Berkeley. 1965.

Mikola, Sándor. A történeti Kepler. Atheneaum, Budapest. 1908.

Moss, J. D.. Novelties in the Heavens: Rhetoric and Science in the Copernican Controversv. Uni. of Chi. Press, Chicago. 1993.

North, J. D.. Horoscopes andHistory. Oxford. 1986.

Rosen, Edward. Copernicus and the Scientific Revolution. Kriger, Malabar. 1984.

Rosen, Edward. Three ImperialMathematicians: Kepler Trapped Between Tycho Brache and Ursus. Abaris Books, New York. 1986.

Russell, J. L.. Kepler's Laws of Planetary Motion: 1609-1666. Brit. Joum. fór the History of Science 2. 1964. Sain, Márton. Nincs királyi út! Matematikatörténet. Gondolák Budapest. 1986.

Saliba, G.. A Medieval Arabic reform of the Ptolemaic Lunar Model. Joum. Hist. Astr. 20Part3. 1989.

Saliba, G..A Sixteenth-Century Arabic Critique of Ptolemaic Astronomy. Joum. Hist. Astr. 25 Part 1. 1994. Saliba, G.. Earlv Arabic Critique of the Ptolemaic Cosmology. Joum. Hist. Astr. 25 Part 2. 1994.

Simonyi, Károly. A fizika kultúrtörténete. Gondolat. Budapest. 1986.

Stepheson, B.. Kepler’s PhysicalAstronomv. Springer. Berlin. 1987.

Struik, D. J.. A Source Book in Mathematics. Cambridge, MA. 1969.

Swerdlow, N. M. és Neugebauer. O.. Mathematical Astronomy in Copernicus's De Revolutionibus. Springer. Berlin. 1984.

T. Tóth, Sándor és Szabó, Árpád. Matematikai műveltségünk keretei. Középkor és reneszánsz. Gondolat, Budapest. 1988.

Taton, René és Wilson, Curtis. (eds.). Planetary Astronomy front the Renaissance to the Rise ofAstrophvsics. Part A: Tycho Brahe to Newton (The General History of Astronomy 2). Cambridge University Press, Cambridge, New York. 1989.

Toeplitz, Ottó. The Calculus - A Genetic Approach. The Univ. of Chicago Press. 1963.

Unguru, S.. Physics, Cosmology and Astronomy, 1300-1700. Kluwer, Dordrecht [etc.]. 1991.

Westmann, R. S.. The Copernican Achievment. Uni. of Califomia Press, Berkeley [etc.]. 1975.

Wilson, C.. Kepler ’s Derivation of the Elliptical Path. Isis 59. 1963.

Wollgast, S. és Marx, S.. Johannes Kepler. Kőim 1977.

# V. A tudomány a mechanikai világkép kiterjedésének és felbomlásának korában *(Szegedi Péter)*

## A. Bevezetés

Mint már többször jeleztük, a mechanikai módszer - hatalmas sikerének köszönhetően - minden természettudományos kutatásra nagy hatással volt. Ebben a fejezetben azt követjük nyomon, hogyan terjedt tovább e szemlélet a XVIII. és XIX. század folyamán. Látni fogjuk, hogy a mechanikai módon elinduló tudományok egy része a XIX. század közepe után olyan területekre érkezik, ahol az általánossá vált eszközök már nem alkalmazhatók, és ezáltal megkezdődik a világkép felbomlása. Olyan új elméletek, szemléleti keretek jönnek létre már a fizikában is - nem beszélve például a biológiáról -, amelyek több tekintetben túllépnek a mechanikán.

## B. A mechanikai minta működése és meghaladása a fizikában

A fejezet fő céljain belül ebben az alfejezetben elsőként azt mutatjuk meg, hogyan változott a mechanika tudománya a kialakulás után, ezzel is fokozva hatékonyságát és további mintákat nyújtva a fizika többi része, valamint az egyéb természettudományok számára. Utána pedig az elektrodinamika kialakulásának történetén egy tipikus példáját vesszük annak az esetnek, amikor tisztán mechanikai analógiákból kiindulva egy tudományág önállósul és mind gyakorlat, mind elméleti, mind pedig szemléleti szempontból messze meghaladja a mechanikai paradigmát.

### 1. A mechanika tudományának átalakulása

A XVIII. században a mechanika megőrizte vezető szerepét a tudományban, de legalább háromféle lényeges változáson ment át.

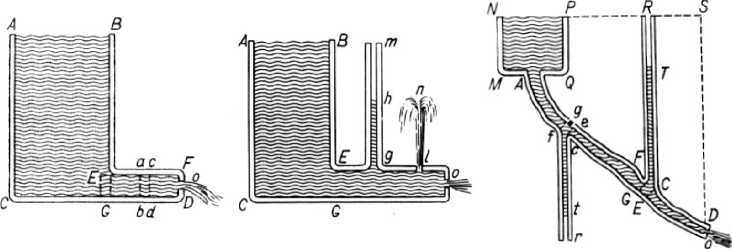
**Az első** **a matematikai módszerek átalakulása** volt. Emlékezzünk rá, hogy bár Descartes létrehozta az analitikus geometriát, és Newton a fluxiók módszerével érte el eredményeit, a XVII. század végén a fizika fő matematikai módszere a görögök óta még mindig a geometria, és a Principia is nagyrészt ennek nyelvén íródott. De még az általunk korábban idézett Holbach is geométerről beszél, amikor a mindent kiszámítani képes tudóst emlegeti.

Nos, elsősorban, de nem kizárólag Leonhard Euler (1707-1783) svájci származású, Szt. Pétervárott és Berlinben működő matematikus munkásságának köszönhetjük, hogy ez a helyzet megváltozott, és **a geometria szerepét a matematikai analízis vette át.** A XVIII. században, a matematikában “az analízis századában, az “analitikus” és a “mechanikus” csaknem ugyanazt jelentette. A fizikusok matematikai analitikai, a matematikusok pedig mechanikai problémák megoldásával is foglalkoztak. A két tudományág szoros kapcsolatban fejlődött, sőt inkább azt mondhatnánk, hogy a matematika - szemben a logikával - általában természettudománynak számított, és a ma ismert diszciplináris megoszlás még nem alakult ki. Kapcsolatukat a felvilágosodás eszmerendszere hatotta át, elsősorban az ész hatékonyságába vetett hit. A felvilágosodás alapművének, az Enciklopédiának egyik fő szerkesztője (ő gondoskodott a matematikai és tudományos cikkekről, de ő írta az első kötethez a bevezetőt is), JeanLe Rond d'Alembert (1717-1783) francia matematikus és filozófus maga is jelentősen hozzájárult a mechanika matematizálásához.

Euler eredményeinek következtében egy fizikai probléma megoldása azt jelentette, és jelenti nagyrészt ma is, hogy fel kell állítani az adott esetre **Newton második törvényét**[[9]](#footnote-9) egy vagy több differenciálegyenlet formájában, és ez(eke)t az egyenlet(ek)et integrálva megkapjuk a rendszer mozgását az idő függvényében. **A fizikai feladatok jelentős részét így matematikai feladattá sikerült redukálni**, …

<<<(((paradigmatikus, hallgatólagos evidenciaként kezelve egy csomó minden módszerbeli megoldást, amelyek esetén a matematikai feladat eredményét vissza lehetett vinni a tulajdonképpeni fizikai kérdések megoldásába, értelmezésébe. Ez az **absztrakciós oda-vissza út** néha kimarad a tárgyalásból. Az iskolai (legszélesebb közvélemény előtti) ismeretekben pedig a lineáris, egyszerű esetek ismeretesek, ahol az ún geometriai módszerrel szemléletes és egyszerűbben számolható. -FÁ)))>>>

… majd az egyre finomodó analitikai módszerekkel megoldani. Az analitikus eljárás megerősítette a fizikában a newtoni módszert: a matematikai leírás érdekében minél idealizáltabb modellel kell kezdeni (tömegpont, ideális tulajdonságokkal rendelkező közeg stb.) a vizsgálatokat. Mindenki ezt a sémát kezdi követni, és fokozatosan kialakulnak a praktikus módszerek, szabályok a differenciálegyenletek felállítására és megoldására vonatkozóan.



Ábrák D. Bemoulli “Hidrodinamiká”-jából1.

**A mechanika fejlődésének másik iránya**, részben az említett új matematikai módszerek felhasználásával, az apparátusnak bizonyos részterületekre való, de még mindig eléggé általános alkalmazása volt, amely elvezetett a **mechanikán belüli résztudományok kialakulásához**.

Ilyen lett például a hidrodinamika, amely nagyrészt a neves svájci matematikus dinasztia második generációjának legkiemelkedőbb tagja, Dániel Bemoulli (1700-1782) alkotása. Tulajdonképpen implicite az energia megmaradását írja fel ideális összenyomhatatlan és súrlódásmentes folyadékok stacionárius áramlására. Az állandósult áramlási képeket megadó egyenlet kapcsolatban áll a Newton- törvényekkel, de formailag másképpen néz ki. A gyakorló fizikust a Newton-axiómákkal való összefüggése nem igazán érdekli, számára (és a későbbi idők tanulói számára is) „külön megtanulandó” képletet jelent. Ezáltal sajátos, a folyadékáramlásra vonatkozó, elmélet jön létre, sajátos egyenlet-felállítási és megoldási stratégiákkal. Önállósul ezen a módon egy tudományág, „szakértői” keletkeznek, akik speciálisan a Bemoulli-tétel (és később a Navier-Stokes-egyenlet) különböző határfeltételek melletti megoldásában jeleskednek. Létrejön a hidrodinamikus szakma.

Ugyanígy alkalmazásként indulva önállósul az égi mechanika is, elsősorban Pierre-Simon, marquis de Laplace (1749-1827) francia tudós munkássága nyomán. Laplace ezen túl megmutatja, hogy sem a Naprendszer keletkezéséhez, sem stabil fennmaradásához nincs szükség isteni beavatkozásra, hanem levezethetőek a newtoni alapelvekből. Annak ellenére, hogy tehát Newton teológiai álláspontjai kevéssé érvényesülnek, csaknem a XX. századig magát a csillagászat fejlődését is nagyban meghatározza a newtoni mechanika befolyása.

**A harmadik irány az előző kettő kombinációjaként**, tehát egyrészt a matematikai módszerek keresése, másrészt bizonyos alkalmazások (például pontrendszerek) révén jön létre. Ez az irány vezet el a **mechanika úgynevezett „elvei”-**nek megjelenéséhez. Az “elvek” a jelenségek lehető legszélesebb körét akarják felölelni és módszert adni kezelésükhöz.

Az egyik első ilyen elv d’Alembert nevét viseli. Ő a newtoni dinamikát a jobb kezelhetőség érdekében visszaalakítja statikává, azon a módon, hogy a **Newton-egyenletet egy oldalra rendezi** (F = ma —> F - ma = 0), tagjait egyformán erőként (a második tag ún. **tehetetlenségi erő**) értelmezi, amelyeknek így mindig **valamilyen egyensúlyáról** lehet beszélni. Ezt a megfogalmazást sokszor - pl. forgó testek esetében - könnyebb alkalmazni, mint az eredetit. Az erők egyensúlyának számítására megint csak kialakul egy módszertan, amelyet az elv követői alkalmazhatnak.

A kialakuló elvek jelentősen átalakítják a mechanikát, és nagyon különböznek - sokszor szemléletileg is - az eredeti newtoni megfogalmazásoktól. Különösen vonatkozik ez az úgynevezett **szélsőérték-elvek**re. A legkorábbi ilyen elv egyébként nem is a mechanikából, hanem az optikából származó Fermat-elv2, amely szerint két pont között a fény mindig úgy halad, hogy közben a lehető legrövidebb idő teljen el. Ennek az egyetlen egyszerű elvnek a segítségével a geometriai optika jelenségei (visszaverődés, törés, képalkotás) mind leírhatók, kiszámolhatok. A szélsőértékeket itt is, a mechanikában is, a függvényanalízis (differenciálás) segítségével lehet megkeresni.

2Az elvPierre de Femiat (1601 1665) francia matematikus, a számelmélet atyja nevét viseli. Fermat az analitikus geometria és az infinitezimális számítás területén is igen komoly eredményeket ért el. Az optika szinuszos törési törvényét **Descartes** a fény korpuszkuláris elméletéből azzal a feltevéssel vezette le, hogy a fény az optikailag sűrűbb közegben gyorsabban halad. **Fermat** észrevette, hogy ez ellentmond annak az **arisztoteliánus** álláspontnak, miszerint a természet mindig a legrövidebb utat választja. Ő inkább azt feltételezte, hogy a ***sűrűbb közegben a fény lassabban*** halad, és így 1660-ban bebizonyította, hogy a törési törvény megfelel “a ***legkisebb idő*** elvének".

A Fermat-elv mechanikai megfelelője például „a legkisebb hatás elve”3, amely szerint a hatást (ez egy konkrét fizikai mennyiség) összegezni (integrálni) kell a rendszer lehetséges mozgásaira, és ezek közül ki kell választani azt, amelyik szélsőértéket mutat: ez lesz a ténylegesen megvalósuló mozgás.

3Az elv első megfogalmazója - bár az elsőség körül voltak viták, egyesek Leibniz-nek tulajdonították Pierre-Louis Moreau de Maupertuis (1698-1759) francia matematikus-csillagász, a newtoni mechanika nagy népszerűsítője és egyik bizonyítékának (a Föld lapultságának) beszerzője volt. Szerinte “a világegyetemben lévő összes változásban, ha felösszegezzük a testek tömegének, a megtett útnak és a sebességnek a szorzatát, akkor az a lehető legkevesebb lesz". Az elv pontosabb megfogalmazását William Rowan Hamilton (1805-1865) ír matematikus adta meg csaknem egy évszázaddal később (ugyanabban az évben, amelyben megalkotta a kvaternióelméletet is); e szerint a dinamikai rendszerek pályái egy energiaintegrálra vonatkozó variációs probléma megoldásaiként állnak elő.

Az ilyen típusú elvek világnézeti problémákat is felvethetnek.

* Míg Newtonnál az erők egyben okok, ezáltal a mozgások okságilag meghatározottak és csak magukkal a törvényekkel, illetve a világ szerkezetével kapcsolatban vethető fel a célszerűség kérdése,
* addig a szélsőérték-elvek kézenfekvő értelmezését jelentheti a világ célszerű jellege.

Maupertuis-nél ismét meg is jelenik az az arisztoteliánus magyarázat, hogy a Teremtő a lehető legkisebb befektetéssel mozgatja a testeket.

Míg tehát a mechanisztikus szemlélet egyfelől megteremti a lehetőséget arra, hogy Newton teológiai megfontolásaitól elszakadva, tagadják a Teremtő létét (lásd Holbach, Laplace), addig másfelől a szélsőérték-elvek még Newtonon is túlmennek, hiszen nála Isten csak a világ megalkotásában és a súrlódás kompenzálásában játszik szerepet, a szélsőérték-elvek célszerűségként való értelmezése ezzel szemben megkívánja, hogy a mozgó rendszerek számára Valaki minden pillanatban kitűzze a célt, megvizsgálja a lehetséges pályákat, értékeket rendeljen hozzájuk és döntsön a továbbhaladásról. <<<(((nyilván később a visszahatás, erő-ellenerő, a szűk keresztmetszeteket kiaó feszültségek jelen tették az értelmezési megoldást -FÁ)))>>> A folytatódó ideológiai vitákat azonban ellensúlyozta, hogy az ilyen (variációs) elvek rendkívül egyszerűen és hatékonyan összefoglaltak egy-egy meglehetősen széles jelenségkört, jól használhatóak voltak, és ráadásul mindig le lehetett belőlük vezetni a Newton- féle egyenleteket.

A mechanikai kutatás említett formái körülbelül a XIX. század közepéig fejlődtek, akkorra létrejöttek azok az eredmények, amelyek akár még a XX. század modem fizikája számára is nyújtottak valamit. A fentieken kívül Joseph-Louis Lagrange(1736-1813)4, Carl Friedrich Gauss (1777-1855)5 és természetesen Hamilton neve említhető, mint akik az elméleti mechanika legfőbb eszközeit megalkották, vagy hivatkozhatnánk Thomas Young (1773-1829) angol orvos-fizikusra, aki - a fény hullámelméletének megalapozása mellett - a rugalmasságtant kidolgozta. Eddigre lényegében pontosan tisztázódnak a mechanika olyan ma is használt alapfogalmai, mint az impulzus, az erő, a potenciál, az energia; világosan megfogalmazódik a mechanikai energia megmaradásának elve. Mindezek a fejlemények egyre inkább lehetőséget adnak a mechanikán kívüli általánosabb értelmezésre is.

Maga a mechanika pedig ezután fokozatosan alkalmazott tudománnyá, a mérnökök tevékenységévé vált.

4Született Giuseppe Luigi Lagrangia olasz-francia matematikus a számelmélet, az analitikus és égi mechanika területén ért el jelentős eredményeket. Szintetizálta a Newton utáni száz év mechanikai eredményeit, neki köszönhetjük az “általánosított koordináták” fogalmát és a Lagrange-egyenletet, amelyek átvezetnek a XX. század fizikájába is.

5A német matematikus a mechanika - majd az elektrodinamika - fejlődéséhez elsősorban a potenciálelmélet kidolgozásával járult hozzá.

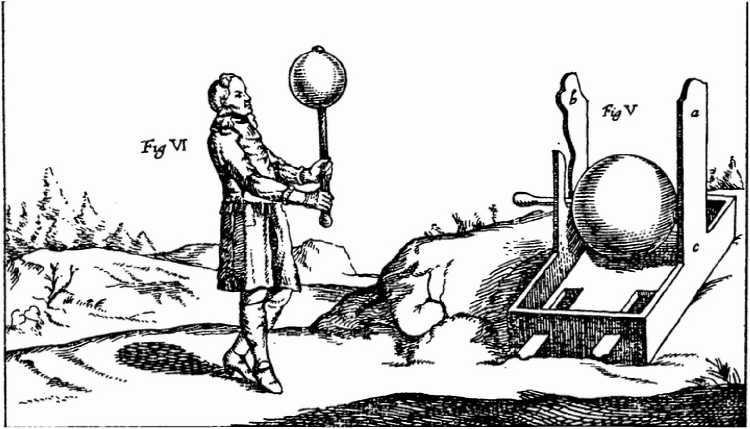
### 2. Az elektrodinamika kibontakozása

A mechanikai minta követésének és egyben a mechanika meghaladásának talán legszebb példája az elektromágnességtan fejlődése. Az elektromosság és mágnesesség tanulmányozása Newton előtt meglehetősen esetlegesen, kezdetleges szinten folyt, tulajdonképpen csak az alapjelenségeket ismerték. A thesszáliai Magnéziában bányászott magnetit és a borostyán (görögül elektron) vonzási tulajdonságát az ókori görögök - például Thalész - ismerték, a kínaiak pedig valószínűleg már jóval korábban az irányok megállapítására is használták a mágnest.

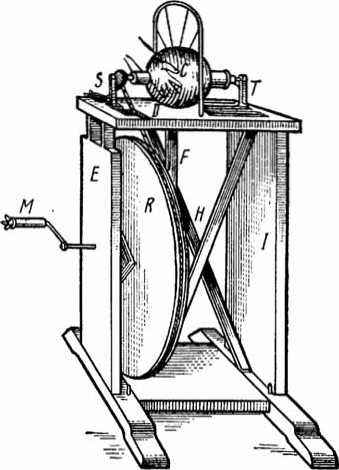
A mágnes tulajdonságainak első kiterjedt vizsgálata Petrus Peregrinus de Maricourt francia mérnök-tudós nevéhez fűződik az 1260-as évek vége felé. Tőle származik - egy gömb alakú mágnes vizsgálatából a Földdel való analógia révén - a mágneses pólus elnevezés; ő írta le először, hogy a két pólus a mágnes kettéosztásakor is megmarad, hogy az azonosak taszítják, az ellentétesek pedig vonzzák egymást; tőle származnak az első receptek a mágnesezésre és a mágnesek alkalmazásaira (pl. iránytűnek).

A newtoni fizika előtt az elektromosságtan atyjának William Gilbert (vagy Gylberde 1544-1603) angol királyi orvost tekintették, aki 17 éven át több mint 600 mágneses és (kisebb hányadban) dörzsöléses elektromos kísérletet végzett; legitimmé tette a fizikában az elektromos vonzás és az elektromos erő fogalmát; azzal magyarázta az iránytű beállását, hogy a Föld egy nagy mágnes. Megállapította, hogy a mágneses és elektromos jelenség abban is különbözik egymástól, hogy míg az előbbi nem érzékeny az egymást vonzó vagy taszító testek között lévő más testekre, addig az utóbbi igen. Az elektromos töltés és tér mai fogalmainak előképei nála valamiféle folyadékok, folytonos közegek alakjában jelentek meg.

A newtoni mechanika példája azonban receptet adott a természettudósok számára ennek a területnek a kezelésében is. Az elektromosságot tanulmányozó XVIII. sz-i kutatók szinte mind - személyesen is - Newton hatása alatt álltak. Az elektromos jelenségeket hosszú ideig mechanikai jelenségeknek (pl. folyadékáramlásnak) tartották.



Guericke eszközei.



Dörzselektromos gép a XVIII. sz. elejéről.

A kutatók első problémája - mint annyi más területen is - az volt, hogy hogyan lehet az elektromos jelenségeket stabilan létrehozni. Az ősi dörzsöléses technikát fokozatosan olyan szintre fejlesztették, amely megoldotta ezt a kérdést. A dörzsölést forgómozgással először Ottó von Guericke (1602-1686) porosz mérnök-fizikus (és magdebuigi polgánnester) kombinálta, aki egyik kezével egy vastengelyre rögzített rézgömböt forgatott, miközben a másik kezével dörzsölte azt. További fejlesztések után az elektromosság vizsgálata egyre népszerűbbé vált, és már tulajdonképpen nem volt annyira nehéz néhány addig ismeretlen tulajdonságot felfedezni. StephenGray (1666-1736) angol vegyész 1729-ben megkísérelte a felhalmozott statikus elektromosságot elvezetni, és ez egyre nagyobb távolságokra sikerült neki, eközben azt tapasztalta, hogy kétféle anyag van, olyan, amely vezeti az elektromosságot, és olyan, amely nem.

“1729. június 30. Elmentem Otterden-Place-be Wheler úrhoz, magammal vittem egy körülbelül tizenegy hüvelyk (kb. 28 cm) hosszú és 7/8 hüvelyk (kb. 2,2 cm) átmérőjű kis üvegrudat, néhány más szükséges dologgal, azt tervezve, hogy csupán bemutatót tartok a kísérleteimből. Az elsőt a hallba nyíló hosszú galéria ablakából végeztem körülbelül tizenhat láb (5 m) magasságból; a következőt a ház oromzatáról le az elülső udvarba, huszonkilenc lábnyira (kb. 9 m); azután az óratoronyból a földszintre, ami harmincnégy láb (kb. 10 m) volt, a legnagyobb, amit el tudtunk érni: és a rúd kicsinysége ellenére a rézlapon várakozásaimon felüli vonzást és taszítást tapasztaltunk. Minthogy itt nem állt rendelkezésünkre nagy magasság, Wheler úr meg szerette volna próbálni, hogy vajon nem tudjuk-e vízszintesen elvezetni az elektromosságot. Beszéltem neki a sikertelen kísérletemről, a használt módszerről és anyagokról. Azt javasolta, hogy egy selyemzsinórra függesszük azt, amin az elektromosság áthalad. Én azt mondtam, lehetőleg csak kicsit alkalmazzunk, hogy kevesebb erőt vigyen el a vezetékből.

Ennek megfelelően 1729. július 2-án délelőtt tízkor elvégeztünk egy kísérletet. Körülbelül négy lábra (kb. 1,2 m) a galéria végétől volt egy zsinór keresztben, amelynek a végeit a galéria két oldalán szögekkel rögzítettük; a zsinór középső része selyem volt, a többi a két végén spárga. A 80" láb (kb. 24,5 m) hosszú vezetéket, amelyre az elefántcsont golyót függesztettük, és amely az elektromosságot a csőből hozzávezette, ráfektettük a keresztben lévő selyemzsinórra, úgy hogy a golyó körülbelül 9 lábnyira (kb. 2,7 m) alatta függött. A vezeték másik végét egy hurokkal felfüggesztettük az üvegrúdra, a rézlemezt pedig a golyó alatt tartottuk egy darab fehér papíron; amikor a csövet dörzsöltük, a golyó vonzotta a rézlemezt és egy darabig fenn is tartotta.

Ez a kísérlet igen jól sikerült, de a galéria nem tette lehetővé, hogy távolabbra menjünk, ezért Wheler úr kitalált egy módszert vezetékünk hosszának növelésére, azzal, hogy egy másik keresztzsinórt helyezzünk el a galéria túlsó végében; a két zsinór selyemrészére fektettünk egy olyan hosszú vezetéket, hogy vissza lehetett vele fordulni, oda, ahol a golyó függött: és mivel most a vezeték mindkét vége a galériának ugyanazon az oldalán volt, vigyáztunk, hogy a cső elég távol legyen, és így ne gyakoroljon közvetlen hatást a rézlemezre, csak a vezetéken át. Azután megdörzsöltük a rudat, és a rézlemezt az elefántcsontgolyó alá tettük, az elektromosság áthaladt az vezetéken a galéria másik végébe, majd visszajött az elefántcsontgolyóhoz, amely vonzotta a rézlemezt, és ugyanúgy fenntartotta, mint korábban. A vezeték teljes hossza 147 láb (kb. 45 m) volt.

Azután azt gondoltuk, kipróbáljuk, vajon a vonzás nem erősebb-e a vezeték megduplázása vagy visszafordulása nélkül, amelyre a fészerben találtunk lehetőséget, ahol 124 láb (kb. 38 m) hosszúságot értünk el, ebből tizennégy lábnyi (kb. 4 m) merőlegesen lógott a selyemzsinórtól; most a vonzás erősebb volt, mint amikor a galérián visszafordítottuk a vezetéket.

Július 3. Most a nagy üvegcsövet hoztam magammal, délelőtt tíz és tizenegy között, megint a fészerbe mentünk, és megismételtük az utoljára említett kísérletet a csővel és a rúddal is; a vonzás azonban nem volt olyan erős, mint az előző estén, és a rúd, illetve az üvegcső által közölt vonzás közötti különbség sem volt olyan nagy, mint vártuk volna, tekintve a hosszuk és átmérőjük közti eltérést.

Ezután tovább folytattuk, annyi vezetéket hozzátéve, hogy vissza lehessen fordulni a fészer másik végéből, így a hossza 293 láb (kb. 89 m) lett; és bár ennyire meghosszabbodott, nem találtunk érzékelhető különbséget a vonzásban. Ez arra bátorított bennünket, hogy egy újabb fordulatot tegyünk; azonban amikor dörzsölni kezdtük a csövet, selyemzsinóijaink elszakadtak, mert túl gyengék voltak a vezeték súlyának hordozásához, ahogy a cső dörzsölésével megrángattuk őket. Emiatt, mivel réz- és vasdrótot is hoztam magammal, a selyem helyett kis vasdrótot tettünk fel; de az is túl gyenge volt a vezeték súlyának elviseléséhez. Ekkor a vasnál valamivel nagyobb méretű rézdrótot vettünk. Ez elbírta az vezetékünket; de bár a csövet jól megdörzsöltük, a legkisebb vonzást sem tapasztaltuk még a nagy csővel sem. Ezáltal meggyőződtünk róla, korábbi sikerünk azon múlott, hogy az vezetéket tartó zsinórok selyemből voltak, nem pedig azon, hogy kicsik, mint ahogy a próba előtt képzeltem; ugyanez a jelenség történik, amikor az elektromosságot szállító vezetéket spárga tartja; azaz amikor az effluviumok a vezetéket tartó drótokhoz vagy spárgákhoz érnek, ezek elvezetik őket a fához, amelyhez a végüket rögzítettük, és így nem mennek tovább előre a vezetéken, amely az elefántcsontgolyóhoz vinné őket.”6

6Philosophical Transactions , 6/II, p. 6, 1731 (megjelent 1733-ban).

Az elektrosztatikai vizsgálatok azt mutatták, hogy kétféle elektromosság létezik, mert az elektromos tulajdonság szempontjából az anyagok két csoportba sorolhatók. Charles Francois de Cistemay DuFay (1698-1739) francia vegyész 1733-ban már számos anyagot tudott felsorolni a kétféle csoportból:

“A véletlen az utamba vetett egy másik elvet, az előzőnél általánosabbat és figyelemreméltóbbat, amely új fényt vet az elektromosságra. Ez az elv az, hogy két - egymástól nagyon különböző - elektromosság van; az egyiket üvegelektromosságnak, a másikat gyantaelektromosságnak nevezem. Az első az üveg, a hegyikristály (kvarc), a drágakövek, az állati szőr, a gyapjú és sok más test elektromossága; a második a borostyáné, a kopál(gyantá)é, a gyantalakké, a selyemé, a cérnáé, a papíré és nagyszámú más anyagé. E két elektromosság jellemzője, hogy például egy üvegelektromos test taszítja az összes ugyanilyen elektromosságát; és ellenkezőleg, vonzza az összes gyamtaelektromosságú testet; úgyhogy az elektromossá tett üvegcső taszítani fogja az üveget, a kvarcot, az állati szőrt és a többit, amit elektromossá tettünk, viszont vonzani fogja a selymet, a cérnát, a papírt és a többit, bár ugyanúgy tettük őket elektromossá. Ezzel szemben a borostyán vonzani fogja az elektromos üveget és az ugyanebbe az osztályba tartozó többi testet, és taszítani fogja a gyantalakkot, a kopál(gyantá)t, a selymet, a cérnát stb. Két elektromossá tett selyemszalag taszítani fogja egymást; két gyapjúszál ugyanezt teszi; azonban egy gyapjúszál és egy selyemszál kölcsönösen vonzani fogják egymást. Ez az elv nagyon természetes módon magyarázza meg, hogy miért ugranak el egymástól az ecset vagy seprű formájában összefogott selyem- vagy gyapjúszálak végei, ha elektromos minőségre tesznek szert. Ebből az elvből ugyanilyen könnyen levezethető nagyszámú más jelenség magyarázata. Valószínű továbbá, hogy ez az igazság elvezet majd bennünket sok más dolog felfedezéséhez is.”7

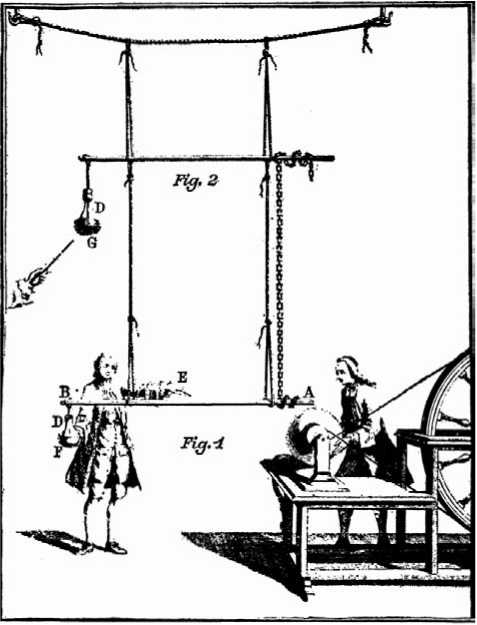
7 Philosophical Transactions, 38 p. 258, 1734.

Úgy vélte, a kétféle elektromos folyadék általában egyensúlyban van, de a dörzsölés ezt az egyensúlyt megbontja.

Megtanulták az elektromosságot tárolni, amely felfedezéshez szintén a folyadékmodell vezetett el. A holland matematikus-fizikus, Pieter van Musschenbroek (1692-1761) ugyanis 1746-ban a termelt elektromosságot egy - a folyadékok tárolására szokásosan alkalmazott - palackban próbálta meg összegyűjteni, amely egyébként rettenetesen megütötte, amikor hozzáért (így a leydeni palack egyben az elektromosság fiziológiai hatásának megrázó felfedezése is volt).

“Elmondok Önnek egy új, de szörnyű kísérletet, amelyet - azt tanácsolom - ne próbáljon ki.... Az elektromos erőt tanulmányoztam; ebből a célból két kékselyem szálra egy AB fegyvercsövet (lásd az ábrát) függesztettem, amely egy tengelye körül gyorsan forgatott és közben a rátett kézzel dörzsölt üveggömb elektromosságát kapta érintkezés útján; a B másik végén szabadon lógott egy rézdrót, ennek vége egy - részben vízzel töltött - kerek D üvegpalackba vezetett, amelyet F jobb kezemben tartottam, míg az E másik kezemmel megpróbáltam szikrákat húzni a feltöltött fegyvercsőből: hirtelen az F jobb kezemet olyan heves ütés érte, hogy az az egész testemre kihatott, mintha villám csapott volna meg; a palack, bár vékony üvegből készült, általában nem törik el, és a kéz sem mozdult el a zavar következtében; de a kart és az egész testet olyan szörnyű hatás érte, hogy nem is tudom leírni: egyszóval azt hittem, hogy végem. Nagyon figyelemreméltó azonban, hogy amikor a kísérletet egy angol üveggel próbáltuk elvégezni, a jelenség nem vagy csak alig lépett fel; az üvegnek németnek kell lennie, még a holland sem jó; mindegy, hogy gömbölyű vagy bármilyen más alakú: használhatunk egy közönséges - nagy vagy kicsi, vastag vagy vékony, mély vagy nem mély - talpas poharat; feltétlenül szükséges azonban, hogy német vagy cseh üveg legyen; az, amelyről azt hittem megölt, vékony, fehér üvegből készült és öt hüvelyk (kb. 13 cm) átmérőjű volt. A kísérletet végző személy állhat egyszerűen a padlón, de fontos, hogy egyazon ember tartsa a D palackot az egyik kezében és próbáljon meg szikrát húzni a másikkal; a hatás nagyon gyenge, ha ezeket a tevékenységeket két különböző ember végzi: ha a D palackot egy fa asztalon álló fém állványra tesszük, akkor aki megérinti ezt a fémet akár az ujja végével is, és szikrát húz a másik kezével, nagy ütést kap stb. "8

8Musschenbroek Reaumurhöz írt levelét idézi Jean Antoine Nollet: Mémoires de l'Académie Royale des Sciences (Paris, 1746).



A leydeni palack.

A palackot fémfóliák felvitelével tovább tökéletesítették, majd az amerikai Benjámin Franklin (1706-1790), a Függetlenségi Nyilatkozat megfogalmazója, belátta, hogy nem a palackforma a lényeges az elektromosság összegyűjtésében, hanem az eszköz által alkotott - akár sík - kondenzátor fegyverzetei. Így viszonylag olcsón és kényelmesen nagy mennyiségű elektromos töltést tudtak felhalmozni az egyre nagyobb szabású és látványosabb kísérletekhez. Franklin volt az is, aki 1752-ben sikeres kísérleteket végzett (és ezt - óvatossága, gondossága miatt - túl is élte, amit nem mindenki mondhatott el magáról ebben az időben) a légköri elektromossággal és a villámokkal, amelyek gyakorlati eredménye lett a villámhárító.

“Minthogy európai közleményekben gyakran emlegetik a philadelphiai kísérlet sikerét a felhőkből származó elektromosság előállításában magas épületeken felállított hegyes vasrudak segítségével stb., érdekes lehet a beszámoló arról, hogy Philadelphiában ugyanez a kísérlet sikeres volt más és sokkal könnyebb módon is, ahogy következik:

Cédrusfából készítsünk egy könnyű kis keresztet, olyan hosszú karokkal, hogy azok elérjék egy kiterített nagyobb vékony selyemkendő négy sarkát; kötözzük a kendő négy sarkát a kereszt végeihez, így megkapjuk egy sárkány testét; ha rendesen ellátjuk farokkal, hurokkal és zsineggel, ugyanúgy fel fog emelkedni a levegőbe, mint a papírsárkány; mivel azonban ez selyemből van, jobban bírja a nedvességet és a vihar széllökéseit, anélkül, hogy szétszakadna. A kereszt felfelé álló rúdjának a tetejére rögzítsünk egy nagyon hegyes drótot, hogy legalább egy lábnyira (kb. 30 cm) a fa fölé emelkedjen. A zsineg végére - a kéznél - kötözzünk egy selyemszalagot, a selyem és a zsineg találkozási pontjához pedig erősítsünk egy kulcsot. Engedjük fel ezt a sárkányt, amikor úgy tűnik, hogy szélvihar jön, a zsineget tartó személy pedig álljon az ajtón vagy ablakon belül, esetleg valamilyen tető alatt, hogy a selyemszalag ne legyen nedves; vigyázni kell arra is, hogy a zsineg ne éljen hozzá az ajtó- vagy ablakkerethez. Amint valamelyik viharfelhő a sárkány fölé ér, a hegyes drót kihúzza belőle az elektromosságot, és a sárkány az egész zsineggel együtt elektromos lesz, továbbá a zsineg szabadon álló szálai mindenfelé ki fognak állni és vonzani fogja őket az őket közelítő ujj. Amikor az eső megnedvesíti a sárkányt és a zsineget, úgyhogy szabadon képes lesz vezetni az elektromosságot, akkor úgy fogja találni, hogy az bőségesen áramlik ki a kulcsból, ha az ujjával hozzá közelít. Ennél a kulcsnál egy fiolát fel lehet tölteni; és az így nyert elektromossággal meg lehet gyújtani az alkoholt, valamint az összes többi elektromos kísérletet el lehet végezni, amelyet általában megdörzsölt üveggömbbel vagy csővel szoktak, ezáltal az elektromos anyag azonossága a villáméval tökéletesen bizonyított.‘9

9B. Franklin 1752. október 16-i levele Peter Collisonhoz, Londonba.

Ő elméletileg az egyfolyadékos modell híve volt, a pozitív és a negatív elektromosságot a folyadék túlzott jelenlétének, illetve hiányának tudta be, ezzel tulajdonképpen a töltésmegmaradás törvényét kifejtve.

“1. Egy személy viaszon áll és egy üvegcsövet dörzsöl, egy másik személy a viaszon húzza a kisülést; feltéve, hogy egymást nem érintik, egy padlón álló személy számára mindketten elektromosan töltöttnek tűnnek; azaz, az illető szikrát kap, ha bármelyikükhöz közelít az ujjával.

2. Azonban ha a viaszon lévő személyek megérintik egymást az üvegcső dörzsölése közben, egyikük sem tűnik elektromosan töltöttnek.

3. Ha megérintik egymást a cső dörzsölése és a kisülés húzása után, akkor erősebb szikra keletkezik közöttük, mint akármelyikük és a padlón lévő személy között.

4. Egy ilyen erős szikra után egyikük sem talál semmilyen elektromosságot.

Ezeket a jelenségeket a következőképpen próbáljuk megmagyarázni:

Feltételezzük, hogy az elektromosság egy általánosan jelenlévő elem, amelyből az üvegcsővel elkezdett bármely művelet előtt ez a három személy egyformán részesedik.

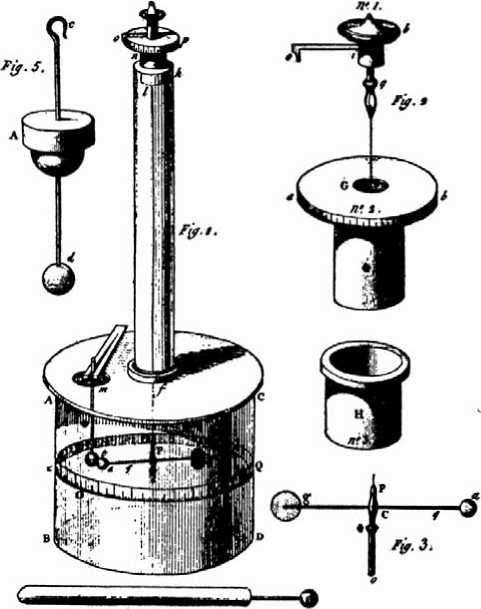
**A**, aki a viaszon áll és dörzsöli az üvegcsövet, magáról az üvegre gyűjti az elektromosságot; mivel a közös készlettel való kapcsolata a viasz miatt el van vágva, teste nem tud rögtön feltöltődni.

**B**, aki hasonlóképpen a viaszon áll, megkapja a kisülést, amelyet az üveg-4-tól gyűjtött össze; és mivel a közös készlettel való kapcsolata a viasz miatt el van vágva, megtartja a kapott mennyiséget.

A padlón álló **C** számára mindketten elektromosan töltöttnek tűnnek; minthogy ő csak az átlagos mennyiségű elektromossággal rendelkezik, szikrát kap B megközelítésekor, akinek feles mennyisége van, és szikrát ad A-nak. akinek hiánya van. Ha A és B megérinteni készülnek egymást, a szikra erősebb; mert a különbség köztük nagyobb. Egy ilyen érintés után nincs szikra akármelyikük és C között, mert az elektromosság mindegyikükben az eredeti mennyiségre állt vissza. Az elektromos feltöltés alatti érintés esetén az egyenlőség sosem bomlik meg, a kisülés csak körbejár. Ily módon néhány új szakkifejezés keletkezik. Azt mondjuk, hogy B (és a hasonlóan kezelt testek) pozitívan töltött(ek); A pedig negatívan; vagy inkább B töltése plusz, A-é pedig mínusz. ...”10

10Franklin 1747. június 1-jei levelét közli: Philosophical Transactions , 45, p. 98, 1750.

Ez a mechanikai jellegű elmélet mintegy 100 évig uralta az elektromosságtant.



Coulomb torziós mérlege.

A fenti kísérletek egy része és a modellek szintén arra utalnak, hogy az elektromosság nem csupán lokálisan képes hatást kifejteni, hanem áramoltatható is. Mielőtt azonban az ebből fakadó fejleményekre rátérnénk, be kell számolnunk a newtoni mechanikának a statikus elektromossággal kapcsolatos legnagyobb eredményéről és legnagyobb kudarcáról. Az előbbi esetben Charles-Augustine de Coulomb (1736-1806) francia fizikus méréseiről van szó, aki egy igen pontos eszközzel, a torziós mérleggel - amelyet korábban feltalált, és amelynek tulajdonságait gondosan megvizsgálta és leírta - a töltések (majd az egymást mágnesesen vonzó illetve taszító testek) közötti erőt vizsgálta, teljesen a newtoni recept alapján. De nem csak abban az értelemben követte a newtoni ajánlást, hogy a természeti jelenségek mögötti erőket kereste, hogy azután ennek birtokában új jelenségeket tudjon megjósolni, hanem magát az erő(ke)t is pontosan abban a formában feltételezte, amelyben Newton a tömegvonzást felírta. Vagyis Coulomb 1785-ben nem annyira felfedezte, hogy a töltések között ható erő arányos a töltésekkel és fordítottan arányos a köztük lévő távolság négyzetével, mint inkább igazolta azt méréseivel. Fogalmazhatunk talán úgy is, hogy Coulomb itt nem egy új tudományágat indított el a kvantitatívitás útján, hanem a mechanikának szerzett egy újabb nagy diadalt. Mellesleg persze egy olyan eszközt is megalkotott, amelynek változatai még legalább egy évszázadon át fontos szerepet játszottak a fizikában.

Az említett kudarc az elektromos és mágneses jelenségek közötti kapcsolat megteremtésének hiánya volt. A jelenségek vizsgálata, a kialakuló matematikai modellek mind azt mutatták, hogy az elektromos és mágneses jelenségek analóg módon mennek végbe. Semmilyen mechanikai ötlet nem vezetett azonban a két jelenségkör összekapcsolásához. A megoldáshoz egy a mechanikai világképen kívülről jött filozófiai eredetű nézetrendszer vezetett el, az úgynevezett romantikus természetfilozófia.

Elsősorban a Kant utáni német idealista filozófia egyik jelentős alakjának, Friedrich Wilhelm Joseph von Schellingnek (1775-1854) a XVIII. század legvégén kialakult korai nézetei voltak nagy hatással a természettudósokra. E szerint a természet egyetlen (szellemi jellegű) princípium - vagyis alapelv - megnyilvánulása, ez a princípium formálja meg saját képére az anyagot. Minden természeti forma ugyanahhoz a mintához, ideálhoz közelít, mindenben ugyanaz a késztetés, alkotóerő dolgozik. A tárgy és a róla való tudás viszonya ugyanaz, mint az oké és az okozaté, a világ egyetlen szerves egész. A természet látható szellem, a szellem pedig látható természet, a két elv egységet képez, sőt azonos.

Mindezt Schelling empirikus úton kívánta igazolni, ezért rendkívüli módon érdeklődött az elektromosság és mágnesesség közös vonásai iránt. Érdeklődése és az az általános alapelve, hogy minden természeti kölcsönhatás mögött ugyanaz a princípium - ha úgy tetszik erő - áll, mindenben ugyanaz az erő dolgozik, ez a romantikus felfogás ragadott meg jó néhány fizikust.

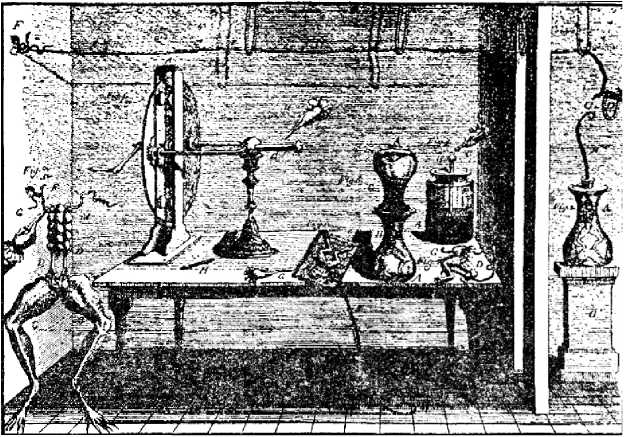
Schelling alapelve vezette Hans Christian 0rsted (1777-1851) dán fizikus-vegyészt arra, hogy végül felfedezze az elektromos áram és a mágnesség közötti kapcsolatot.11 Gyakran véletlenként szokták beállítani, hogy egy esti előadáson, fizikus hallgatók előtti demonstrációs kísérlet közben 1820-ban rájött, nem az állandó áram és a mágnestű között lép fel kölcsönhatás, hanem az áram ki-bekapcsolásakor, vagyis változásakor észlelhető mágneses hatás. Valójában azonban - Schelling nyomán - ekkor már körülbelül 20 éve foglalkoztatta intenzíven ez a probléma, tehát nehezen lehetne teljesen véletlennek minősítem felfedezését. Mindvégig úgy képzelte, hogy a kémiai affinitás, az elektromosság, a hő, a mágnesesség, a fény, mind ugyanannak az alapvető vonzásnak és taszításnak a különböző megnyilvánulásai. A felfedezés estéjén is az elektromos és hőjelenségek összefüggéséről tartott előadást és demonstrációt. Nem egyedül 0rstedet motiválta nagyon erősen az a tetszetős elképzelés, hogy a világ egyetlen elvből építkezik, <<<(((a görögöknél biztosan volt ilyen irányzat és talán még sokkal korábban is -FÁ)))>>> hanem ugyanezen a területen később például az angol fizikus-vegyész Michael Faraday-t (1791-1867) is, aki tulajdonképpen egész tudományos pályafutása alatt az egyik erőt a másikká próbálta átalakítani, így például az elektromosság és mágnesesség kölcsönhatásainak minden formáját vizsgálta és hasznosította, de bizonyította az elektromosság és a kémiai kötés, valamint a fény és a mágnesesség összefüggését is; vagy a fizika más területein például Julius Robert von Mayer (1814-1878) német származású orvost, az energia-megmaradás elvének felfedezőjét.

Az ő esetében azonban már - negyedszázaddal 0rsted felfedezése után - e nézeteket a természettudós közvélemény, amelynek eddigre elege lett az általa eredménytelennek ítélt filozófiai spekulációkból, eléggé ellenségesen fogadta. Schellingéhez hasonló elvek azonban később is érvényesültek a fizikai kutatásokban, ezek közé sorolhatjuk például Einstein törekvéseit az egységes térelmélet megalkotására, vagy a mai kutatásokat a Nagy Egyesített Elmélet (GUT) megalkotására.

0rsted felfedezése egy teljesen új utat nyitott meg a fizikában, kicsit talán oly módon, ahogyan Thomas Kuhn (1922-1996) beszél a paradigmaváltásról. Nemcsak a nagy, átfogó tudományos forradalmak, hanem a kisebbek esetén is használható az a hasonlata, mely szerint egy ilyen váltással a tudósok egyik pillanatról a másikra egy új bolygón találják magukat: látnak néhány már ismerős alakzatot, de az egész lényegében feltáratlan. Ha nem akarjuk a paradigmaváltás fogalmát használni, akkor is minimum azt kell megállapítanunk, hogy az elektromosság és mágnesesség kapcsolatának felfedezése után az elektromágnesség-tan fejlődése lényegesen felgyorsult, és sok e területen dolgozó kutató számára megnyílt a lehetőség az előbbre jutásra.

Ezt megelőzően természetesen meg kellett oldani az elektromosság korábban felfedezett áramlásának szokásos technikai alapproblémáját: hogyan hozható létre stabil elektromos áram, hogy ez is megfigyelhető, kísérletek tárgyává tehető legyen. A problémát az olasz orvos-fizikus, Luigi Galvani (1737-1798) “állati elektromosság”-gal kapcsolatos 1780-as felfedezései nyomán előállított Volta-oszlopok12 eddigre már megoldották.

11 Az igazság az, hogy az áram mágneses hatását már 1802-ben megfigyelte egy olasz jogász, Gian Domenico Romagnosi, de közleménye nem jutott el a tudományos körökhöz.



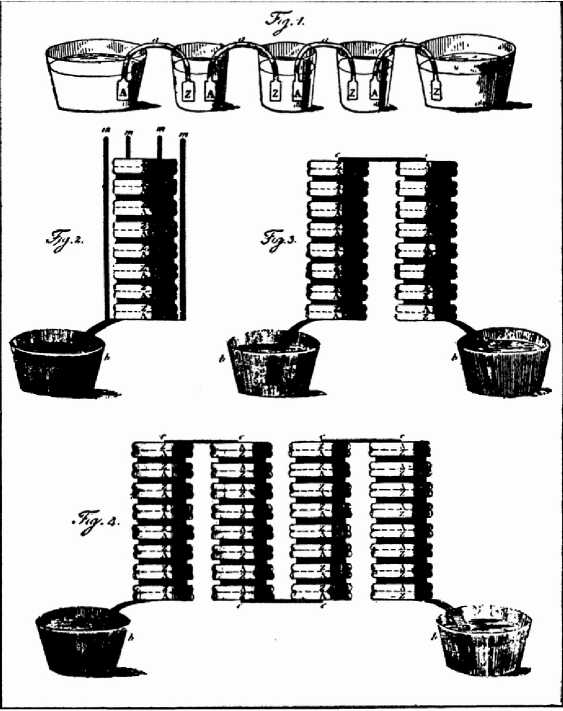
Galvani ábrája.

A szintén olasz Alessandro Volta (1745-1827), Galvani barátja, 1794-ben kezdett kísérletezni különböző fémekkel, anélkül, hogy állati szöveteket használt volna, és rájött, hogy azokra nincs is szükség az áram előállításához. A századforduló környékére már jól működő elemeket készített.

“A felfedezés a következőképpen történt. Felboncoltam és kipreparáltam egy békát mint azt a Fig. 2 rész mutatja az ábrán, és miközben valami mással voltam elfoglalva, letettem egy asztalra, amelyen egy dörzselektromos gép állt a konduktorától bizonyos távolságra, elég nagy térközzel elválasztva. Most amikor az egyik jelenlévő személy véletlenül kissé megérintette a béka DD belső combidegét egy szike hegyével úgy tűnt, a lábak összes izmai újra és újra összehúzódtak, mintha valami erősen összenyomta volna őket. Egy másik jelenlévő személy, aki az elektromos kutatásokban segített nekünk, úgy vélte, megfigyelte, hogy a hatás akkor keletkezett, amikor egy szikra sült ki a gép konduktorából. Meglepődve ezen az új jelenségen, felhívta rá a figyelmemet, nekem ugyanis ekkor valami más járt a fejemben, és mélyen elgondolkodtam. Amire én hihetetlen hévvel és mohósággal lelkesültem fel, hogy leellenőrizzük a dolgot, és megvilágítsuk, mi van mögötte. Ezért magam érintettem meg a kés hegyével egyik vagy másik ideget, és ugyanakkor a jelenlevők egyike szikrát húzott. A jelenség mindig ugyanaz volt. Kétségkívül élénk összehúzódások történtek a láb minden izmában, ugyanabban a pillanatban, amikor a szikra átugrott, mintha a preparált állatot tetanusz támadta volna meg.

Arra gondolva, hogy ezeket a mozgásokat a késheggyel való érintkezés válthatta ki, amely inkább okozhatta az izgatott állapotot, mint a szikra, megérintettem ugyanazokat az idegeket megint ugyanúgy más békáknál a késheggyel, és igazán erősen rányomva, de úgy, hogy eközben senki se húzzon szikrát. Most nem lehetett mozgást észlelni. Ezért arra a következtetésre jutottam, hogy talán a jelenség előidézéséhez egyaránt szükséges a test érintése és az elektromos szikra is. Ezért ismét megnyomtam a kés élével az ideget és ott tartottam nyugalomban, amíg a szikra átment és amíg a gép leállt. A jelenség csak akkor mutatkozott, amikor a szikrák átmentek.”13

13Galvani: De viribus electricitatis in motu musculari commentarius. DeBononiensi Scientiarium etArtium Instituto atqueAcademia Commentarii .7(1791).



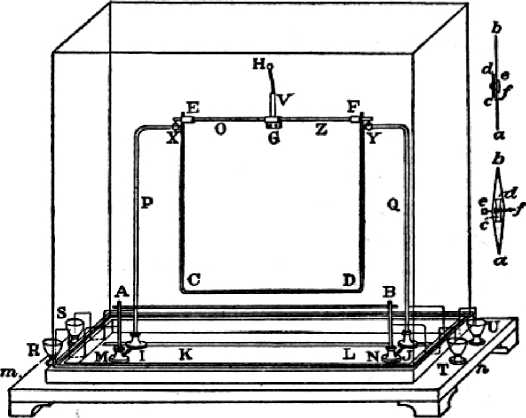
Volta ábrája.

“Leteszem vízszintesen egy asztalra vagy alapra az egyik fémlemezt, például az egyik ezüstlemezt, és erre az első lemezre ráteszek egy második cinklemezt; erre a második lemezre ráfektetem az 13 egyik megnedvesített korongot; azután egy másik ezüstlemezt, amit közvetlenül egy másik cink követ, amelyre megint egy megnedvesített korongot rakok. így folytatom ugyanezen a módon párosítva egy-egy ezüst- és cinklemezt, mindig ugyanabban a sorrendben, azaz mindig alulra az ezüstöt és fölé a cinket vagy fordítva, attól függően, hogy hogyan kezdtem, e párok közé pedig egy megnedvesített korongot illesztek; folytatom ezeket a lépéseket egy olyan magas oszlopot képezve, amely még meg tudja tartani magát, anélkül, hogy összeomlana (Fig. 2, 3,4 az ábrán).

13Galvani: De viribus electricitatis in motu musculari commentarius. DeBononiensi Scientiarium etArtium Instituto atqueAcademia Commentarii .7(1791).

Visszatérve készülékem mechanikai felépítéséhez, amely számos változatot tesz lehetővé, nem folytatom most mindazoknak a leírását, amelyeket kitaláltam és megépítettem nagyban vagy kicsiben, hanem csak azokkal foglalkozom, amelyek vagy érdekesebbek, vagy használhatóbbak, vagy amelyek valamilyen tényleges előnyt nyújtanak, mint például hogy könnyebb vagy gyorsabb megépíteni őket, biztosabb a hatásuk vagy hosszabb ideig megtartják jó állapotukat. Kezdem azzal, amely csaknem minden ilyen előnyt egyesít, amely formájában különbözik a legtöbb korábban leírt oszlopos készüléktől, amelynek azonban az a hátránya, hogy sokkal nagyobb eszköz, ezt az új készüléket, amelyet csészekoronának hívok, a Fig. 1-en mutatom be.”14

14Volta 1800. március 20-i levelét Sir Joseph Bankshez, a Royal Society elnökéhez közli: Philosophical Transactions , 1800, p. 403.



Ampere berendezése.

Az elektromos áram és mágneses hatásának birtokában ismét alkalmazták a mechanikai recepteket. A francia fizikus, André-Marie Ampere (1775-1836), aki állítólag 14 éves korában az Enciklopédiát ABC-rendben olvasva szívta magába a mechanikai szemléletet, 0rsted felfedezése után heteken belül mérni és számolni kezdte az áramok közötti erőhatásokat (bár nem volt szisztematikus kísérletező, a vezetőket olyan ravasz módon szerkesztette meg, hogy azok mozogni, kilengeni tudjanak, ezáltal adva meg a lehetőséget a köztük ható erők mérésére).15 még

15 Ampere új fogalmakat is bevezetett a jelenségek helyes értelmezésére. Egyik cikkének címe és a hozzáfűzött megjegyzés:

“AZ ÚJ ELEKTRODINAMIKÁI JELENSÉGEKKEL KAPCSOLATOS KÍSÉRLETEK\* \*

\*Az ‘elektromágneses' szó, amelyet a Volta-oszlop vezetékhuzalai által létrehozott jelenségek jellemzésére használtak, nem tudta megfelelően leírni azokat, kivéve abban az időszakban, amikor az egyetlen ismert effajta jelenség az az elektromos áram és egy mágnes által mutatott volt, amit Oersted úr fedezett fel. Elhatároztam, hogy az elektrodinamikái szót használom, hogy egy közös névben összefoglaljam mindezeket a jelenségeket, különösen azok megjelölésére, amelyeket két Volta-féle vezető között megfigyeltem. Ez kifejezi igazi jellegüket, hogy mozgó elektromosság hozza létre őket: míg az elektromos vonzások és taszítások, amelyek régóta ismertek, a megfigyelt testekben nyugalomban lévő elektromosság egyenlőtlen eloszlása által létrehozott elektrosztatikus jelenségek" (Annales de Chimie et dePhysique, Series II, 20, p. 60, 1822.)

1. Az elektromotoros működés kétfajta hatásban nyilvánul meg, amelyet azt hiszem először én tudok pontos definíciókkal megkülönböztetni.

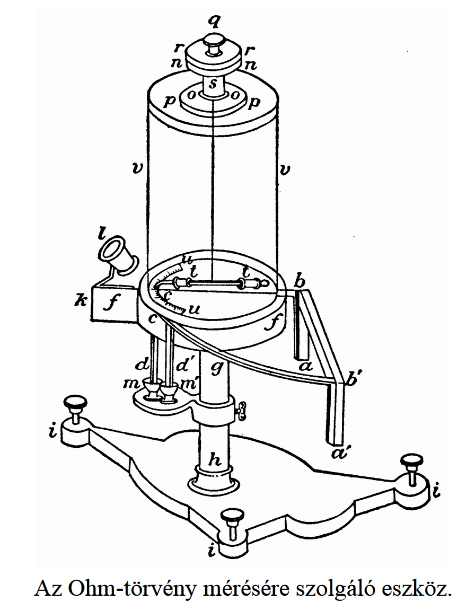
Az elsőt elektromos feszültségnek, a másodikat elektromos áramnak fogom nevezni.” {Annales de Chimie et dePhysique, Series II, 15, p. 59, 1820.)

De jóval később, a XIX. század közepe után is élt a mechanikai szemlélet az elektromágnességtanban: a skót matematikus-fizikus James Clerk Maxwell (1831-1879) az elektromágneses tér tulajdonságait fogaskerekekkel ábrázolta, mégpedig nem csupán a maga számára, hanem például az elektrodinamikát kifejtő három megjelent cikke közül a középsőben a nyilvánosság előtt is.

Még mielőtt az elmélet teljes fegyverzetben megjelent volna, számos feltáró jellegű kísérleti munkára volt szükség. Ezek nagy részét a fizika történetének talán legnagyobb kísérletezője, a már említett Faraday végezte el. Az angol autodidakta tudós16 óriási tehetséggel körülbelül 20 év alatt több ezer kísérletet tervezett és kivitelezett, főképpen az elektromágnesesség különféle területein Tevékenységéből nem hiányoztak azonban a fogalomalkotások (pl. erővonal), az elméleti általánosítások sem. Munkásságának talán legjelentősebb része, hogy forgómozgások segítségével behatóan tanulmányozta az elektromos áramok és a mágneses tér kölcsönhatását: az elektromágneses indukciót, az elektromotoros erőt stb., és meg tudta tenni azokat a felfedezéseket, amelyek idővel elvezettek az elektromosság gyakorlati felhasználásához is

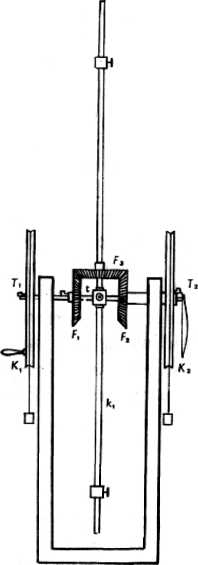
16Faraday már a maga korában is kivételes módon vált tudóssá. Mint szegény származású gyermek, a templom vasárnapi iskolájában tanult meg olvasni, írni és számolni, 13 évesen dolgoznia kellett menni, de szerencsére módjában állt egy könyvesboltban elhelyezkedni. Itt lehetősége nyílt egyrészt természettudományos könyveket olvasni (és az olvasott kísérleteket otthon megpróbálni elvégezni), másrészt olvasó emberekkel találkozni. Az utóbbiak közül a Royal Society egyik tagja bevitte Sir Humphrey Davy (1778-1829) egy kémiai előadássorozatára. Faraday az előadások részletes jegyzeteivel jelentkezett azután az előadónál, akinek természetesen megtetszett a fiú. Adandó alkalommal felvette asszisztensnek, majd mivel feleségével éppen európai tudományos körútra készült, az ellátás és a tudományos körökbe való bevezetés fejében magával vitte szolgának. Ezáltal Faradaynek sikerült megismerkednie Európa összes jelentősebb laboratóriumával és tudósával, visszatérve pedig képessé vált önálló laboratóriumi tevékenységre. Amikor pedig már jövedelemre is szert tett, akkor - indulására visszaemlékezve - szegény, de tehetséges diákokat támogatott belőle.

Róla szól az a legenda, hogy egy pénzügyi államférfiú látogatásakor, annak kérdésére, hogy mit ér a munkája, mi értelme a kísérleteinek, Faraday azt válaszolta, hogy Méltóságod egyszer még megadóztathatja. Mint tudjuk, jóslata bevált. A másik terület, amelyet bár nem ő fedezett fel, de részletes kísérletekkel ő tárt fel, az elektrolízis jelenségköre volt. Ez vezette el az ionok létének feltételezéséhez, vagy az elektromos töltés megmaradásának kísérleti alátámasztásához. Foglalkozott ezeken kívül még például a fénypolarizációval és számos kémiai jellegű problémával is. Ami az elmélet felé haladást illeti, Faraday elkezdett azon gondolkodni, hogy hogyan lehet elképzelni a vizsgált elektromágneses hatások működését, és erre találta ki például a mágneses erővonalak fogalmát, amit ma is használunk.



Faraday-en kívül természetesen mások is foglalkoztak a múlt század húszas éveitől kezdve kísérleti elektromágnesség-tannal és így hozzájárultak az ismeretek gyarapodásához. Csak a legismertebb neveket megemlítve: Georg Simon Ohm (1789-1854) német fizikus tárta fel az áramkörökre vonatkozó (feszültség, áramerősség, ellenállás közötti) róla elnevezett összefüggést 1827-ben, ugyancsak az áramkörökre vonatkozóan húsz évvel később a szintén német fizikus, Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887) állapította meg az ún. csomóponti törvényeket. Heinrich Friedrich Emil Lenz17 (1804-1865) orosz fizikus, a Faraday-hez hasonlóan angol autodidakta matematikus (egyébként pék és molnár), George Green (1793-1841) és mások szintén fontos kísérleti és elméleti lépéseket tettek e jelenségkör feltárására.

17Oroszosan: Emilij Hrisztianovics Lene.



Mechanikai modell az indukcióra.

Mindezeket az eredményeket Maxwell összegezte axiomatikus elektrodinamikái elméletében 1855 és 1865 között. Ez a munka - nagyságrendjét tekintve - csak Newtonéhoz hasonlítható.18

18Maxwell egészen kiemelkedő fizikusi munkásságát bizonyítja, hogy ha egy sort sem írt volna az elektromágnességtan területén, kinetikus gázelméleti tevékenysége révén akkor is a fizikatörténet legnagyobb alakjai között tarthatnánk számon. így, hogy lényegében egyedül - bár természetesen, akárcsak Newton, elődökre támaszkodva - létrehozta az elektrodinamika elméletét, teljesítménye Newtonén kívül csak Einsteinével vethető össze. A skót fizikus ügyes kísérletező is volt, például számos kísérletet végzett a színekkel kapcsolatban; ennek egyik eredménye a színes fényképezés három szűrővel történő megoldása volt, amelyet 1861-ben mutatott be.

Kiindulópontja, segédeszközei, analógiái a mechanikai paradigmából származnak; ugyanúgy rakja össze, szintetizálja egésszé tudományágában a mások (pl. Faraday) által felfedezett töredékeket, mint Newton, miközben a nagy elődhöz hasonlóan ezekhez hozzáteszi a maga részeredményeit (pl. eltolódási áram) is. A végeredmény pedig egy olyan teljes elmélet, amely (a közben felhasznált fogaskerekek ellenére) túllép a newtoni mechanikán. Túllép abban, hogy egy új jelenségkör teljes lefedésére alkalmas, de túllép szemléletében is, amennyiben az elektromágneses tér fogalma különbözik minden, a newtoni mechanikában használatos fogalomtól.19

19A mechanikai szemlélet számára azonban maradt egy kibúvó, nevezetesen az elektromágnességnek az éter - mint mechanikai közeg - tulajdonságakénti magyarázata. Ez azonban már egy másik történet.

Ahogy Newton után a fizikusok feladata a Newton-féle törvények alkalmazása lett különböző többé-kevésbé speciális esetre, úgy Maxwell után a fizikusoknak nem volt más teendőjük, mint a négy Maxwell-féle differenciálegyenlet megoldása többé-kevésbé speciális kezdeti és határfeltételek mellett.

A négy egyenlet lényegében a következő állításokkal ekvivalens:

1. a Coulomb-erőnek megfelelő elektromos tér elektromos töltésből származik - div D = p;

2. nincsenek elszigetelt mágneses pólusok, egy mágnes pólusai között a Coulomb-erő hat - div B = 0;

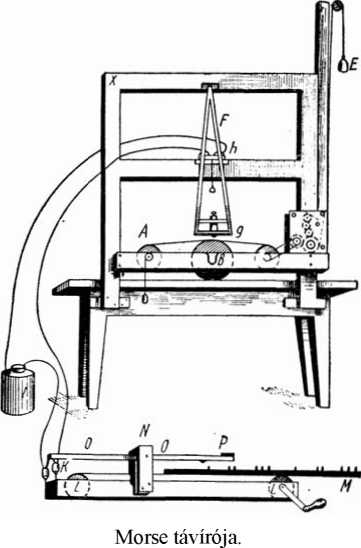
3. változó mágneses terek elektromos tereket hoznak létre (Faraday-féle indukciós törvény) -rotE=-δB/δt;

4. változó elektromos terek és áramok mágneses tereket hoznak létre (az Ampére-törvény Maxwell-féle általánosítása) - rot H = δD/δt + J (a képletekben E az elektromos térerősség, p a töltéssűrűség, D az elektromos indukció, H a mágneses térerősség, B a mágneses indukció, J pedig az áramsűrűség). Ezek segítségével bármely elektromágnességgel kapcsolatos problémát meg lehetett és meg kellett oldani.20 Az elmélet segítségével ráadásul nem csupán a korábban ismert jelenségek voltak tárgyalhatok, hanem újakra is fény derült.

20Legalábbis így tűnt a századvég tudósai számára Amiről később kiderült, hogy mégsem kezelhető pusztán a Maxwell-egyenletek segítségével, az már új tudományt kívánt meg: az **elektrodinamika** tekinthető a XX. század két nagy fizikai forradalma - a **relativitáselmélet**i és a **kvantummechanika**i — gyökerének.

<<<(((érdekes lesz a kvantum-mechanika, kvantum a legkisebb adag amivel egy mérhető mennyiség növelhető <https://hu.wikipedia.org/wiki/Kvantum> -FÁ)))>>>

**Ezzel tehát a mechanika után megszületett a második fizikai elmélet, amely önállónak, teljesnek és sikeresnek volt tekinthető - a ma klasszikus elektrodinamikának nevezett rendszer.**



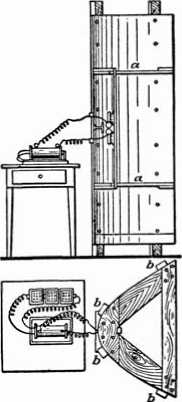
Az elektrodinamika az egyik legalkalmasabb példa arra, hogy a tudomány gyakorlati következményeiről is említést tegyünk. Szó volt róla, hogy az elektromosságot már dörzsöléses formájában is megpróbálták - sikerrel - távolabbra vezetni, ez az áramok, az áramkörök és a vezetők tulajdonságainak feltárása után még inkább lehetővé vált. Megnyílt az út a különböző technikai alkalmazásokra. Ezeket részben tudósok, részben feltalálók valósították meg. Az első esetre az egyik példa az elektromágneses távíró első formája, amelyet a német fizikus, Wilhelm Eduard Weber (1804-1891) alkotott meg barátja, talán minden idők legnagyobb matematikusa. Cári Friedrich Gauss (1777-1855) segítségével 1833-ban - az anyagi eszközök hiánya miatt egyelőre viszonylag kis méretekben. Az első viszonylag működőképes változatra 1837-ben kapott szabadalmat William Fothergill Cook (1806-1879) angol feltaláló és Charles Wheatston (1802-1875), a vele dolgozó fizikus. A közvetlenül 0rsted megfigyelését alkalmazó - öt mágnestűt használó - távírót elsősorban az angol vasút alkalmazta. Ugyanebben az évben kapott szabadalmat az Egyesült Államokban Sámuel F. B. Morse (1791-1872) portréfestő, a képzőművészet professzora a később a vasutaknál és a hírközlésben széles körben elterjedt készülékére, amelyhez a használandó kódokat is megalkotta. Harminc év múlva az Atlanti-óceánba süllyesztett kábelen keresztül már jelentős interkontinentális hírforgalom is zajlott. A múlt század utolsó negyedében a nagyobb átviteli sebesség érdekében duplex, quadruplex, majd időosztásos multiplex áramköröket használtak. Ezek továbbfejlesztésével e század közepe táján már teljesen elterjedtek a telex-szerű készülékek (távírógépek), amelyek egészen a legutóbbi időkig használatban voltak. Az elektromos távírók jelentőségét csökkentette az olyan átviteli eszközök fokozatos megjelenése, mint a telefon, a mikrohullámú rádiókapcsolat, a műholdas átvitel, a számítógépes hálózat. A XX. század végére a fax és az e-mail lényegében szükségtelenné teszi ezt a korábban igen fontos szerepet betöltő alkalmazást.

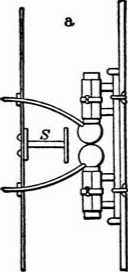
Az elektromosságot alkalmazó feltalálók közül talán a legnevesebb az amerikai Thomas Alva Edison (1847-1931) volt, aki többek (mintegy 1300 szabadalmazott találmány) között megalkotta a ma is használatoshoz hasonló villanykörtét és az elektromos világítási hálózatot 1880 körül. Az elektromágnességgel kapcsolatos fizikai alapkutatásra épülő ilyen technikai alkalmazások rengeteg mérnöki munka segítségével fokozatosan elterjedtek szinte az egész világon, és nyugodtan állíthatjuk, hogy alaposan megváltoztatták mindennapi életünket.

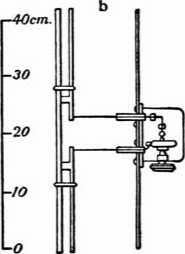
Míg a mechanikai gépek feltalálásához, tökéletesítéséhez az esetek többségében nem volt szükség a mechanika tudományára, az elektromágnesességnél nem ez a helyzet. Az elektromosság és mágnesesség kifejezetten a tudomány találmánya.

A laikus számára csupán nagyon kevés alapjelenség volt ismert az elektromágnesség-tan kialakulása előtt. A tudomány által feltárt elektromágneses jelenségek alkalmazása pedig nem lett volna lehetséges a tudósok szisztematikus kísérleti és elméleti munkája, törvényszerűségeket feltáró tevékenysége nélkül. Ez a tevékenység azután olyan eszközrendszereket vont maga után (közülük fentebb csupán kettőt említettünk), amelyek jelentőségét talán úgy becsülhetjük fel leginkább, ha elképzeljük - vagy előidézzük - hiányukat mai életünkben. A legnevezetesebb ilyen példák a nagy New York-i áramszünetek 1965. november 9-ről 10-re virradó éjjel, illetve 1977. július 13-14-én. Ezeken az éjszakákon a világításon kívül megszűnt minden elektromos motorok által hajtott mozgás: a szivattyúk, pumpák leállása miatt a víz- és gázszolgáltatás szünetelt; emberek sokasága ragadt benn a felhőkarcolók liftjeiben, illetve metrószerelvényekben az állomások között. A leszálló repülőgépek előtt hirtelen elsötétült a leszállópálya (a repülőtereket azután lezárták); nem lehetett TV-t nézni (ennek következtében 9 hónap múlva a szülészeti osztályok zsúfolásig teltek); csak az elemmel működő rádiókat tudták használni (bár az adók tartalékra való átállása időnként lelassította - és ezzel elmélyítette - a zenei felvételek lejátszását); a hűtőszekrények leálltak stb.21 Mindez azt bizonyítja, hogy mai életünk alapvetően az elektromosságra épül, nélküle már nehezen tudnánk meglenni.

21 Az 1965-ös áramszünet délután 1/2 6-kor - már sötétben - kezdődött, egy niagarai erőmű egyetlen kapcsolójának rossz beállítása miatt. A kimaradás az USA 8 északkeleti államát (és Kanada egy részét) érintette, mintegy 12 órán át. Ezen a területen ekkor kb. 25 millió ember élt, akik egy része egymást segítve próbált a meglehetős hidegben hazajutni. Számukra a telehold és az utakon haladó autók lámpái világítottak. A bűnözés visszaesett. Ezzel szemben az 1977-es áramszünet nyáron következett be, amikor az este 1/2 10-es időpont ellenére még igen sokan az utcákon voltak. Rövid időn belül az emberek fosztogatni, gyújtogatni kezdtek. Több ezer üzlet kirakatát törték be, az autótól az élelmiszerig mindent loptak, összesen kb. egymilliárd dollár értékben, annak ellenére, hogy a szokásosnál nagyságrenddel több embert tartóztatott le a rendőrség. A csőd az 1965-ös áramszünet után tett intézkedések ellenére következett be, ezúttal azért, mert egy kiterjedt vihar villámlásai fokozatosan elvágták New Yorkot az északon levő erőművektől, mire a túlterhelés miatt a déli erőművek egymás után leváltak a hálózatról. Most az áramszünet csak New Yorkra szorítkozott, de még így is 9 millió embert érintett, mintegy 25 órán keresztül.

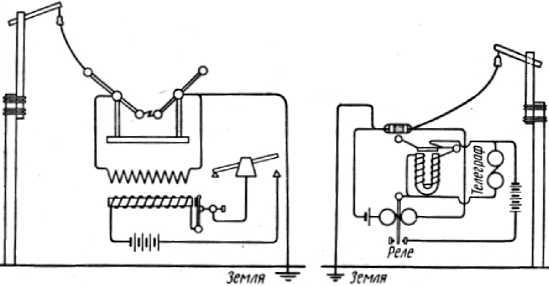






Hertz nagyméretű eszközei: szikraközök/antennák.

A Maxwell-féle elektrodinamika új elméleti eredményei is rendkívüli jelentőségre tettek szert. A negyedik egyenlet lehetővé teszi, hogy pl. elektromos váltóáram hatására periodikus elektromágneses hullámok jöjjenek létre, és ezek a forrásról leszakadva - mintegy zavarként - tovaterjedjenek a térben. Maxwell ezzel megmagyarázta a fény természetét, de egyben másféle hullámterjedések lehetőségére is utalt. Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894) német fizikus 1885 és 1889 között a megfelelő adó- és vevőkészülékeket (antennákat) megépítve létre is hozott laboratóriumában az ún. rádiófrekvenciához tartozó hullámokat, amelyekről fémtükrök és paraffin prizmák segítségével belátta, hogy ugyanúgy verődnek vissza és törnek meg, mint fény- vagy hősugárzás. Ezzel egyrészt alátámasztotta Maxwell elektrodinamikái elméletét - amit addig sokan kétségekkel fogadtak -, másrészt közvetve igazolta a fény elektromágneses természetét, harmadrészt pedig új alkalmazások előtt nyitotta meg az utat. Az általa megépített antenna ugyanis a mai rádió, televízió valamint radar-antennák őse. Először Guglielmo Marconi (1874-1937) olasz fizikus fejlesztette tovább: fokozatosan egyre nagyobb távolságokra tudott morzejeleket eljuttatni, míg 1901-ben sikeresen forgalmazott az Atlanti-óceán túlsó partjára, 1910-ben pedig csaknem 10.000 km-ről vett jeleket. Ekkorra a hajókkal való drótnélküli távíró kapcsolat általánossá vált. Marconitól függetlenül és nagyjából vele egy időben Alekszandr Sztyepanovics Popov (1859-1906) orosz fizikus-elektromérnök épített rádióvevőt a villámlások észlelésére, majd ő is felvetette az adókkal és vevőkkel megvalósított hírközlés lehetőségét, de Marconiéhoz hasonló kísérleteit egy idő múlva felfüggesztette és csak az olasz fizikus eredményeiről hallva kezdte újra. Kezdeti kísérleteik óta az antennák nagy változásokon mentek keresztül, többek között feladat szerint (adó, vevő, AM, FM stb.) is differenciálódtak. Az antennák segítségével az első komolyabb beszédátviteli kísérletek 1915-ben történtek (AT&T), majd 1920-tól az egész világon rohamosan terjedt a rádiós műsorszórás, később pedig a televízióadások. További fejlesztések, mint például az elektroncső és később a tranzisztor (1948) feltalálása, illetve a nyomtatott (40-es évek) és integrált (60-as évek) áramkörök alkalmazása jelentős előrehaladást tett lehetővé ezen a téren. Láthatjuk tehát, hogy a mai tömegkommunikáció minden technikai formája az elektromosságtant alkalmazza. Egy olyan tudománytörténeti példával állunk itt is szemben, amikor a tudományos - akár elméleti - eredmények rendkívül nagy hatást gyakorolnak az emberi életre, az életminőségre, a hétköznapjainkra. Az adott esetben egyszerűen annyira áthatják tevékenységeinket, hogy nehéz lenne azokat elképzelni elektromos áramok és elektromágneses hullámok nélkül, utóbbiak esetében pedig eléggé nyilvánvaló, hogy ezek felfedezéséhez nem csupán empirikus, hanem elméleti kutatásokra is szükség volt. (Nincs ugyanis olyan érzékszervünk, amellyel a fénytartományon kívül ezeket észlelhettük volna, az alkalmas eszközöket pedig az elmélet alapján állították elő.) Más tudományos eredményeknek is voltak társadalmi következményeik, de az egyik legjelentősebb hatást ebben a vonatkozásban éppen az elektromágnességtan fejtette ki.

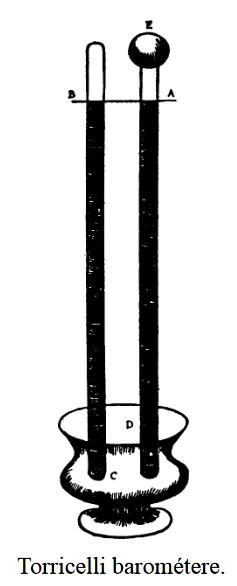


Popov adó- és vevőkészülékének elvi vázlata.

### 3. Az energiamegmaradás története

Egy másik érdekes példa olyan fizikai tudományágra, amely teljesen a mechanikai szemléletből indult ki, és egészen máshova érkezett meg, a hőtan.

A tűzzel, a melegedéssel és lehűléssel, a halmazállapot-változásokkal kapcsolatos első megfigyeléseket természetesen őseink a beláthatatlan múltban már megtették, a görögök pedig mindezeket tudatosan felhasználták világmagyarázataikban. Adataink vannak róla, hogy a hellenisztikus korszakban Hérán már a gőz feszítőerejét is felhasználta, igaz - a korszellemnek megfelelően - egyelőre csupán játékként.

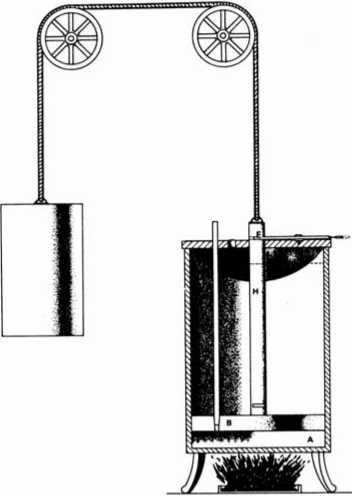


A fizikai hőtan talán Galileivel és tanítványaival veszi kezdetét. Galilei készíti tudományos célokra az első - a hőtáguláson alapuló - hőmérőt 1597-ben, amely azonban egyidejűleg még a levegő nyomását is beleméri a hőmérsékletbe. Tanítványa, Evangélista Torricelli (1608-1647) már szétválasztja a két dolgot, ismert higanyos barométerével a légköri nyomást méri (és ezzel egyben fellép az arisztotelészi “horror vacui” ellen), alkoholos hőmérője pedig már tisztán a hőmérsékletet. A nagy francia gondolkodó, Blaise Pascal (1623-1662) - sógorával, Périer-vel a csaknem 1500 m magas Puy-de-Dȏme hegyen elvégeztetett híres kísérletében - már a légnyomás magasságfüggését is bizonyította, ami alátámasztotta, hogy a légnyomás valóban a levegőtenger súlyából származik, és igen erőltetetté tette a “horror vacui”-val való további érvelést. A vákuum tényleges előállításához azonban ki kellett fejleszteni a megfelelő légszivattyúkat, ami egyáltalán nem ment könnyen. Számos kudarc után Guerickének már olyan eszközök álltak a rendelkezésére, amellyel el tudta végezni látványos kísérleteit.



Guericke sikertelen (fent) és sikeres (lent) kísérlete a vákuum előállítására.

A mérések szabványosítása, az eredmények kicserélhetősége érdekében törekedni kezdtek használhatóbb hőmérők, hőmérsékleti skálák és alappontok bevezetésére. Huygens és Hooke már 1660 körül kísérletet tettek erre. Körülbelül ugyanebben az időben Boyle légszivattyú segítségével mérte a nyomás és a térfogat kapcsolatát, felfedezve a Boyle-Mariotte-törvényt. Boyle - mint az atomelmélet híve - Baconhoz hasonlóan úgy gondolta, hogy a hőmérséklet valamiképpen a molekulák mozgásával függ össze. Emögött az a világos mechanikai szemlélet állt, hogy minden fizikai-kémiai jelenség mechanikai - tehát hely- és helyzetváltoztató - mozgással azonos. Asszisztense, a francia Denis Papin (1647-1712) igen gyakorlatias ember volt: tökéletesítette a légpumpát; 1679-ben kitalálta a Papin- fazekat (mai magyar neve kuktafazék), amellyel szabályozhatóvá és egyben veszélytelenné tette a folyadékok feletti gőz nyomását; 1680-ban felfedezte a forráspont légnyomásfüggését; majd először írt le zárt termodinamikai körfolyamatot végző gőzgépet, végül 1707-ben meg is épített egyet.

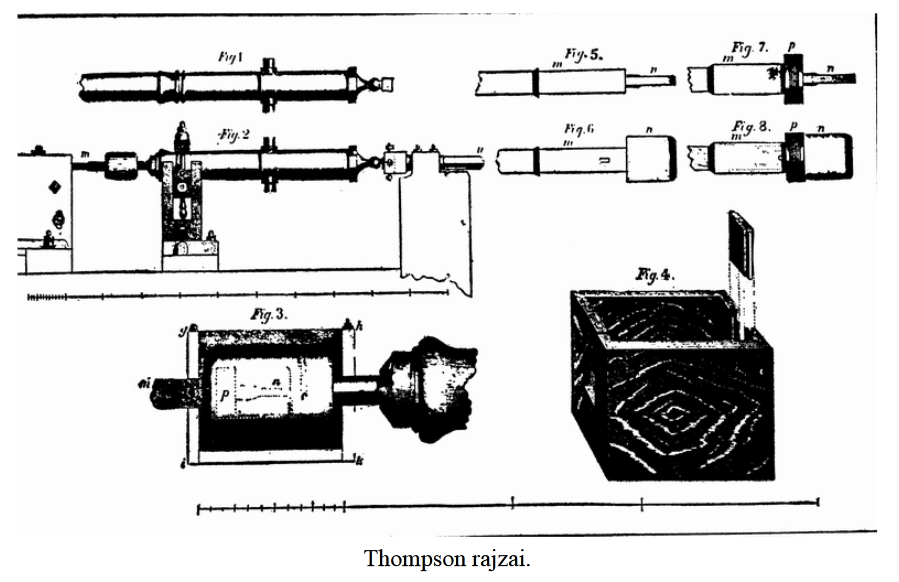


Papin gőzgépe.

Gőzgéppel azonban ekkor már nemcsak ő próbálkozott. A gőz feszítőerejét tapasztalva nem volt szükség tudományos ismeretekre (mellesleg ezek ekkor még nem is álltak rendelkezésre) ahhoz, hogy valaki ezt hasznosító masinát konstruáljon. Tipikusnak tekinthető Thomas Newcomen (1663-1729) esete, aki kovács és vaskereskedő volt, így közvetlenül rendelkezett a gép építéséhez szükséges anyagokkal és ismeretekkel. Gőzgépét 1705-ben építette meg. A gőzgépcsinálók motivációja elsősorban a bányavizek kiszivattyúzásának igénye volt, annál is inkább, mert csak a bányákban állt rendelkezésre a gépek üzemeltetéséhez szükséges rengeteg szén, e kezdeti gépek hatásfoka ugyanis rendkívül alacsony volt. Siker esetén könnyebben és több szenet lehetett bányászni, ami viszont olcsóbbá tette a gép működtetését, azaz egy öngerjesztő folyamat alakult ki. Nem véletlen, hogy a fejlesztők jelentős része Angliából került ki. Az univerzális gőzgépek területén az áttörést a szintén angol James Watt (1736-1819) érte el 1784-ben, aki elválasztotta a gép többi részétől a gőz lecsapódására szolgáló kondenzátort, és az egész folyamatot önszabályzóvá tette. Gépét hamarosan kocsira, vonatra majd hajóra tették, és hosszú ideig a legdivatosabb hajtóerővé vált nem csupán a bányákban, gyárakban, hanem a közlekedésben is. Mindez lényegében elméleti ismeretek nélkül történt (bár Watt szeme előtt - barátjának, Blacknek a hatására - már lebegett valamiféle hőfolyadék képe, amikor gépét tervezte).

A tudományos ismeretek megszerzése érdekében, ahogy már említettük, hőmérőket, hőmérsékleti skálákat kellett létrehozni. Ezt tette meg Gábriel Dániellé Fahrenheit (1686-1736) német, René Antoine de Réaumur (1683-1757) francia és Anders Celsius (1701-1744) svéd tudós. Megszülettek az első, a nagyközönség által is használható, hőmérők és három hőmérsékleti skála. A hőmérséklet mérése azonban csak az elemi kiindulást jelentette. A skót Joseph Black (1728-1799) volt az, aki 1760 körül megalapozta a kalorimetriát, vagyis a hőmennyiségek mérését és számolását. O alkotja meg a fajhő fogalmát, ismeri fel az olvadáskor és lecsapódáskor megnyilvánuló látens hőt, különbözteti meg egyértelműen és véglegesen egymástól a hőmérsékletet és a hőmennyiséget, ami a nem tudós számára sosem volt lehetséges. A hőmennyiségekkel végzett kísérleti és gondolati műveletek révén Black egy Boyle-étól eltérő, de szintén mechanikus elképzelésre jutott. Azt feltételezte, hogy létezik egy kalorikumnak nevezett hőfolyadék, amely mindenütt jelen van az anyagokban, és felelős a hőjelenségekért. Ebben a mechanikai szemléletnek az az oldala jelentkezett, amely szerint valamilyen testet kell keresni a mozgások hordozójaként. A hő tehát egy sajátos anyagfajta, szubsztancia. Watt ennek a felfogásnak a híve volt.

A két kép közötti döntést nagyban elősegítette az Amerikából királypártisága miatt menekülni kényszerülő Benjámin Thompson (1753-1814), a bajor választófejedelem jóvoltából később Rumford gróf (a dologházak kitalálója), aki a századforduló előtt ágyúfúrás közben jött rá, hogy az egész folyamat jellege, a közben mért fajhők stb. valószínűtlenné teszik a kalorikum létezését, sokkal inkább a mozgáselméletet támasztják alá.



“Alig szükséges hozzátennem, hogy akármi, amit bármely elszigetelt test vagy testek rendszere korlátozás nélkül képes szolgáltatni, az nem lehet anyagi szubsztancia: és számomra rendkívül nehéznek, ha nem lehetetlennek tűnik, bármely más gondolatot kialakítani arról, amit létre lehet hozni és továbbítani, azon a módon ahogy a Hőt létrehoztuk és továbbítottuk ezekben a Kísérletekben, mint hogy ez MOZGÁS.”22

22Előadás a Royal Societyben 1798. január 25-én An Inquiry Concerning the Source ofHeat Which is Excited byFriction címmel.

Előbb-utóbb - mondjuk az 1840-es évekre - mindenki igazat adott neki. Erre utaltak a gázok állandó nyomáson való hőtágulásával kapcsolatban és a gázok térfogati arányaira vonatkozóan elvégzett mérések. A francia Joseph Louis Gay-Lussac (1778-1850) a XIX. század első negyedében sorozatos kísérletekkel (többek között léghajón 7 km magasra emelkedve) jutott el az általános gáztörvényig. Daltonnak a kémiai atomfogalmat bevezető, a gázok parciális nyomásainak magyarázatára törekvő munkássága szintén ebbe az irányba mutatott.

A hőtan egyre inkább elméleti jelleget öltött. Megjelent benne a bonyolultabb matematika is. Jean Baptiste Joseph Fourier (1768-1830) 1822-re kidolgozta “a hő analitikus elméleté”-t, vagyis felírta a hővezetés differenciálegyenletét, és a Fourier-sorok segítségével bármilyen hővezetési feladatot meg tudott oldani. Egyetlen komoly probléma merült csupán fel ezzel kapcsolatban, az is inkább nagy híve, lord Kelvin számára: a földtörténetet sejteni kezdő és az evolúcióelméletet valló nem-fizikus tudósok nehezen hitték el a kihűlési modellekből kapott igen csekély Föld-életkort.

###### Igazán nagy elméletté a hőtan a XIX. század második negyedében vált. A francia Nicolas Leonard Sadi Carnot (1796-1832) a már ténylegesen működő gőzgépekből kiindulva

főleg a kalorikus mechanikai analógia alapján (magasabb hőfok - magasabban lévő víztartály, alacsonyabb hőfok - alacsonyabban lévő víztartály, köztük vízikerék a gőzgép) építi fel az elméletet. Megállapítja az örökmozgó lehetetlenségét, de ennél gyakorlatibb eredményekre is jut, nevezetesen például definiálni tudja a hatásfok és a hasznos munka fogalmát, amellyel aztán majd vissza lehet térni a gőzgépekhez. Ettől kezdve az ilyen gépek fejlesztéséhez már a tudomány is hozzá tud járulni. Carnot elméletét honfitársa, Benoit Pierre Emil Clapeyron (1799-1864) tökéletesíti: egyrészt matematikai formában is megfogalmazza, diagramok segítségével ábrázolja azt; másrészt belátja, hogy a Carnot-féle körfolyamat fordítva is működhet; harmadrészt felírja az ideális gázok, később a folyadékkal egyensúlyban lévő gőz egyenletét.

**A klasszikus hőtan fejlődésének csúcspontja az energia megmaradásának kimondása.** Természetesen bizonyos formákban a megmaradási törvények már korábban is megfogalmazódtak, gondoljunk csak Descartes-ra, aki szerint a világegyetemben a mozgás mennyisége állandó, vagy akár arra az általános filozófiai elvre, hogy semmiből nem lesz semmi. Itt azonban a különböző fizikai jelenségek valamilyen szempontú ekvivalenciájáról van szó. Ez a problémakör ebben az időben már túlterjed a mechanikán. Emlékezzünk vissza az e fejezet elején emlegetett Schelling-féle romantikus természetfilozófia állításaira. Nos, ezek alapvető szerepet játszottak a német származású Julius Robert Mayer (1814-1878) gondolkodásában. Amikor 1840-41-ben hajóorvosként szolgált, megfigyelte, hogy a matrózok artériás és vénás vérének színkülönbsége a trópusokon jóval kisebb, mint a magasabb szélességi fokokon. Ebből következtetett arra, hogy az energia megmarad, a hő és a mechanikai munka kölcsönösen egymásba alakulhatnak. Persze másféle számításokat is végzett, de fellépése nem volt túl sikeres: amikor meggondolásai és számításai alapján 1841-ben cikket akart megjelentetni az energia megmaradásáról, és korában már kivételként egy schellingi tételre hivatkozva indítja a gondolatmenetet,

“Az erők okok: ennek megfelelően velük kapcsolatban teljes mértékben alkalmazhatjuk a causa aequat effectum (az ok egyenlő az okozattal) elvet. <<<(((? -FÁ)))>>> Ha a c oknak e okozata van, akkor c=e; ha történetesen e egy második f okozatnak az oka, akkor e=f. és így tovább: c=e=f .. =c. Az okok és okozatok láncolatában egyetlen tag vagy egy tag egyetlen része sem tűnhet el, ahogyan ez világosan következik az egyenlet természetéből. Minden ok eme első tulajdonságát elpusztíthatatlanságuknak nevezzük.”23

23J. R. Mayer: Megjegyzések a szervetlen természet erőiről, Annáién dér Chemie undPharmacie 42 (1842) 233. o.

akkor írását a fizikusok nem akarják leközölni (e cikk, amely elsőként szól a hő- és a mechanikai energia ekvivalenciájáról, így csak egy évvel később, egy kémiai folyóiratban jelenik meg).

Kicsit jobban járt ugyanebben az időben Dalton tanítványa, James Prescott Joule (1818-1889), aki tisztázta az elektromos áram hőhatását, és kalorikus mérései segítségével megállapította a hő mechanikai egyenértékét. Az energiamegmaradás törvényét azonban végleg a részben szintén Schelling hatása alatt álló német orvosnak. Hermáim Ludwig Ferdinand von Helmholtznak (1821-1894) sikerült elfogadtatnia, bár neki sem azonnal. A német felsőoktatás és tudományos élet megszervezésében kimagasló szerepet játszó tudós általános megfogalmazásában a törvény kiterjedt a mechanikai, hő, elektromos, fiziológiai stb. jelenségekre egyaránt.

Nem is szükséges tovább követnünk a hőtan történetét (pl. az entrópiatörvény felé) ahhoz, hogy megállapíthassuk: tisztán mechanikai elképzelésekből, analógiákból kiindulva egy olyan tudományág keletkezett, amely nem volt benne a newtoni mechanikában - tehát önállónak számít; amely ugyanolyan egzakt formában tárgyalható, mint a mechanika; amelynek hatókörébe beletartozik a mechanika is, de annál jóval szélesebb; amely ugyanolyan sikeres, mint a mechanika. A hatókörről a termodinamika híveinek egy része azt állítja, hogy itt valójában nem is a fizikai valóság egy adott speciális területéről van szó, amelyre a hőtan vonatkozna, hanem inkább olyan univerzális kerettörvényekről, amelyek minden területen egyformán érvényesek. **A termodinamika eszerint nem is elmélet, hanem módszer.** Mindenesetre az tény, hogy az energiamegmaradás törvényét a siker miatt éppúgy kiterjesztik a fizika egészére, a fizikán túlra (pl. a kémiában ebből ered a fizikai kémia), a világ egészére, mint korábban a mechanikai képet. Az energetizmusból még rövid életű filozófiai irányzat is lett.

## C. Új axiomatizálás *(Kiss Olga)*

A geometria euklideszi rendszere - mint erről már szóltunk - két és félezer éven a tudomány eszményi formáját jelentette a gondolkodók számára.

**Ma mégsem ezen az úton építjük fel axiómarendszereinket.**

Emlékszünk, az Elemek az alapfogalmak tisztázására szánt definíciókkal kezdődött, s ezt követték a posztulátumok és axiómák. A mai axiómarendszerek nem ilyenek.

###### <<<(((hanem? Ha maradt az axiomatikus elv, akkor az axiomatika módszerében következett be újabb absztrakciós lépés? -FÁ)))>>>

Vegyük például ellenpontként a geometria hilberti axiómarendszerét 24 1899- ből - mely a mai egyetemi tankönyvek alapjául is szolgált. A következőket látjuk:

24David Hilbert: Grundlagen dér Geometrie, 1899

**I. Illeszkedési axiómák** (Például: I1 Minden egyenesnek van legalább két pontja, I2 Bármely két pont egyértelműen meghatároz egy egyenest, mely ezeket tartalmazza...)

**II. Rendezési axiómák**

Pl. II1 Ha egy egyenes két pontja A és B, akkor van az egyenesen olyan C pont, melyet B elválaszt A -tói...

Ezek között találhatjuk a nevezetes Pasch axiómát: Ha egy háromszög síkjában lévő egyenes nem halad át a háromszög egyik csúcsán sem, de metszi a háromszög egyik oldalát, akkor ez az egyenes metszi a háromszögnek még egy oldalát.

**III. Egybevágósági axiómák**

Pl. Ha adott egy a szakasz és egy O kezdőpontú félegyenes, akkor van a félegyenesen olyan A pont, melyre OA = a …

**IV. Párhuzamossági axióma** (Ezt ma általában az euklideszi helyett a Proklosztól származó formában mondják ki)

Ha adott a síkban egy egyenes, és egy rajta kívül eső pont, akkor e síkban csak egy olyan egyenes van, mely a megadott ponton áthalad és az adott egyenest nem metszi.

**V. Folytonossági axióma** (Dedekind-féle axióma)

Ha az egyenes pontjait úgy soroljuk két osztályba, hogy egyik osztály se legyen üres és egyik osztályba tartozó pont se válasszon el másik osztályba tartozó két pontot, akkor van olyan pont, amely bármely két tőle különböző és más-más osztályba tartozó pontot elválaszt.

Ezek részben megfelelnek az euklideszi axiómáknak, részben nem. Pillanatnyilag azonban nem is ez a fontos. Pusztán arra a tényre szeretném felhívni az olvasó figyelmét, hogy eltűntek a rendszer elejéről a definíciók. De hova lettek és miért nincsenek itt? Ezt a kérdést vizsgáljuk meg a következő fejezetben. <<<(((egyelőre nem találom a választ szövegben -FÁ)))>>>

### 1. Projektív geometria

Már Eukleidész Optikaja és a Katoptrika is foglalkozott azzal, hogyan változnak meg az alakzatok tulajdonságai vetítés és tükrözés hatására. Apollonius és Papposz is felfedezett néhány olyan tételt, melyek központi jelentőségűek e területen, a projektív geometria azonban mint önálló kutatási terület még nem létezett az antikvitásban.

A reneszánsz idején a perspektíva felfedezése és alkalmazása Pietro della Francesca és Brunelleschi tevékenysége nyomán az ábrázoló geometria megszületéséhez vezetett. Alberti (Delta Pittura, 1435 és Ludi Mathematici, 1450) megfogalmazta, hogy a kép a festendő tárgy pontjait a nézőponttal összekötő sugárnak a képsíkkal való metszéspontjában keletkezik. Dürer (Underweysung dér Messung mid den Zvrkel und Rychtscheyd, 1526) a perspektivikus kép szerkesztéséről szólva meghatározta a méretezés módját is azzal, hogy a képet berácsozta, s e segédvonalak mentén már könnyen meghatározhatóak lettek a helyes arányok.

A matematikailag izgalmas kérdés azonban itt az volt, hogy a tárgy különböző képei miben hasonlítanak, azaz milyen tulajdonságot őriznek meg az eredetiből. **Girard Deasargues 1639-ben** egy rövid pamfletben (Bruillon projet d’une atteinte aux événemens des recontres d'un cone avec un plán, azaz Javasolt kísérlettervezet arra vonatkozóan, miként kell eljárni, ha egy kúp egy síkkal találkozik) megmutatta, hogy - a mi kifejezésünkkel élve - a projekció kettősviszony tartó, azaz A, B, C, D egy egyenesre eső pontok valamint A’, B’, C' és D' szintén kollineáris[[10]](#footnote-10) képpontjainak előjeles távolságait tekintve

(AC/CB)/(-AD/DB) = (A’C’/C’B’)/(-A’D’/D’B’)

Mivel minden kúpszelet előállítható egy egyenes körkúp valamely síkkal való metszeteként, Desargues a kúpszeleteket, érintőiket és húrjaikat a kör megfelelő érintőinek és húgainak képeként állította elő. Ez egységes tárgyalást tett lehetővé számára, melynek segítségével számos tételt egyszerűbben tudott bizonyítani.

Még egy jelentős újítása volt, amely azonban jelentősen meg is osztotta a matematikus közvéleményt. A képsík és a vetítési pont alkalmas megválasztásával két párhuzamos egyenest egymást metsző egyenesekbe vihetünk át (így lesz például a perspektivikus ábrázolásban a képsíkra merőleges párhumamosok képe olyan, hogy metszik egymást a horizont egyenesén), és persze megfordítva: metsző egyeneseket is párhuzamosokba vihetünk át.

A projekció tehát nem tesz különbséget metsző és párhuzamos egyenesek között. A megfeleltetéshez Desargues bevezette a sík végtelenül távoli (ideális) pontjainak, és ezek összességeként a végtelenül távoli ideális egyenes fogalmát. Így két párhuzamos egyenes közös pontja egy ideális pont lesz, melynek képe az említett projekcióban a képegyenesek metszésponja. (A parabolához, mint a kör projektív képéhez egy, míg a hiperbola(pár)hoz két képzetes pont tartozik)

Desargues pamfletjének ötven példánya kézről kézre járt Párizsban, míg mindegyik el nem veszett. Nemcsak gondolatainak újdonsága, de kifejezésmódjának nehézkessége, csiszolatlansága is oka lehetett annak, hogy egyesek ünnepelték, míg mások hevesen bírálták gondolatait. Még barátja, Descartes is nehezen érthetőnek tartotta a művet. Az ifjú Pascal azonban lelkesen olvasta az új gondolatokat, és az általa felfedezett (s róla elnevezett) tétel később nagy jelentőségűvé vált a projektív geometriában. Ennek ellenére a következő másfél évszázadban voltak még ugyan, akik foglalkoztak a projektív transzformációk sajátosságaival - mint pl. Newton az Optikában. (1704), a XVIII. század végének nagy matematikusai azonban nem tulajdonítottak túlzott jelentőséget e kérdéskörnek.

A projektív geometriát végül a XIX. század elején Monge fedezte fel újra, aki az Ecole Politechnique-on tartott előadásai révén iskolát teremtett Franciaországban e terület művelésének. Tanítványa, Jean-Victor Poncelet az ideális térelemeket már teljesen egyenértékűnek tekintette a közönségesekkel. Felismerte, és 1818-ban publikálta Crelle folyóiratában a dualitás elvét. Az ideális térelemek segítségével egyszerűbben lehetett kezelni számos tételt, melyet eddig külön kellett kimondani párhuzamos és egy ponton keresztülhaladó sugársorokra. A sík projektív geometriájában a pont és az egyenes felcserélhető egymással. Azon túl, hogy az ideális elemekkel bővített síkon igaz az az euklideszi axióma, hogy bármely két pont egyértelműen meghatároz egy rajtuk áthaladó egyenest, igaz ennek duálisa is, hogy ti. bármely két egyenesnek egy és csak egy közös pontja van. (A térbeli dualitás a pontnak síkot, a síknak pontot és az egyenesnek egyenest feleltet meg.) A dualitás elve pedig lehetővé teszi, hogy egyes - pontok és egyenesek illeszkedésére vonatkozó - tételeket egymásnak megfeleltetve, elegendő legyen az egyiket bizonyítani, a másiknál pedig erre a bizonyításra és a dualitás elvére hivatkozni.

### 2. Az analízis megalapozása

Már volt szó a végtelenül kicsiny (nullánál nagyobb, de bármely véges számnál kisebb) mennyiségekkel, azaz infinitezimálisokkal kapcsolatos megfontolásokról. Ezek segítségével született meg az ógörög Eudoxosz kimerítési eljárásából kiindulva a XVII. században kidolgozott módszerrel az integrál- és differenciálszámítás. Az infinitezimálisokkal való számolás sok esetben igen hatékony volt: például vegyük a már az újkori résznél emlegetett normál parabolánkat. Ennek függvény alakja f(x) = x2. és legyen x végtelenül kicsiny megváltozása a; ekkor az említett érintő meredekségét (XVIII. századi stílusban) akár így is közelíthetem:

(f(x + a) -f (x))/a = ((x + a)2 - x2)/a = (x2 + 2ax + a2 - x2)/a = (2ax - a2)/a = 2x + a = 2x (!)

(A mai olvasónak persze égnek áll a haja, ha ilyet lát.)

Egészen az utolsó előtti lépésig egyszerű algebrai átalakításokkal jutottunk, az utolsónál pedig figyelembe vettük, hogy a végtelenül kicsiny, ezért elhanyagolható. Ez a gondolatmenet, bár helyes eredményre vezet, mégsem teljesen meggyőző. Azt ugyanis, hogy miért éppen ezen a ponton hanyagoltam el a-t, egyáltalán nem tudom mással alátámasztani, mint az eredmény helyességével. A számolás azonban éppen akkor jó, ha ki tudok vele számolni olyasmit is, amit még nem tudok. Ahhoz tehát, hogy az eljárás megbízható legyen, éppen azt kellene tudni, pontosan mikor és miért tekinthetem nullának a számításban szereplő infinitezimálisokat.

Az alapok hiányának problémáját már George Berkeley felvetette (The Analyst, 1734), filozófiai érvei azonban nem jelentettek pozitív megoldási lehetőséget a matematikusoknak. A XVIII. század folyamán azonban a Bernoulliak (Dániel, Jacob és Johann), Euler, Clairaut, Lagrange és Laplace új technikákat dolgoztak ki és vezettek be a kalkulusba, mint például a variációszámítást vagy a parciális differenciálegyenletek vizsgálatát. A görbék geometriai jellegű tanulmányozása így fokozatosan átadta a helyét a változó mennyiségek közötti összefüggések tanulmányozásának, egyenletek osztályozásának és megoldási módszerek keresésének. Euler (Introduction in analysin infinitorum, 1748) Bemoulli függvénydefiníciója mentén új módon építi fel a kalkulust, melynek így már nincs közvetlen geometriai értelmezése. Euler mechanikához közeli értelmet ad a differenciál- és integrálszámításnak, mely ennek következtében jól használható az alkalmazott területeken.

A tisztázás folyamata a kezdetektől fogva több irányban haladt. A francia forradalom idején két alapvetően különböző iskola körvonalai rajzolódnak ki előttünk. Az egyik középponti alakja Monge, az ábrázoló geometria megteremtője, a másiké Lagrange, aki - többek között - az analízis pusztán algebrai eszközökkel történő felépítésével írta be nevét a matematika történetébe.

Lagrange az analízis szigorú megalapozásán dolgozott. Célja az volt, hogy kiküszöböljön belőle minden geometriai szemléletre történő utalást, és a végtelen sorok algebrájára alapozza a kalkulust (Theorie des fonctions analitiques ill. Discours sur l ’object de la theorie des fonctions analitiques). A matematikusok és az egyetemekre a forradalom révén bekerülő rengeteg hallgató számára egyaránt fontos volt a logikus és szisztematikus felépítés, melyet Lagrange az algebra jól ismert szabályaira alapozott. Akkoriban nem volt szigorú határvonal a kalkulus és alkalmazásai, avagy a tiszta matematika és a matematikai fizika között. Lagrange könyvet írt Mécanique analitique címmel (1788), és a manapság inkább fizikusként ismert Laplace az Ecole Normale professzoraként a mechanika analitikai felépítésén dolgozott. Az egész mechanikát néhány természettörvény matematikai rendszerévé akarta alakítani, ahol az egyes fizikai jelenségeket a törvényeket jelentő differenciálegyenletek kezdeti értékeinek és határfeltételeinek segítségével tudná magyarázni. Kettejük tevékenysége abban fűzhető közös programmá, hogy az elmélet tökéletesítése mindkettejüknél formalizálást jelentett. Arra törekedtek, hogy az érvelésből kizárják a geometriai szemléletre történő utalást, és a szabályok alkalmazásával teljesen mechanikusan, a puszta deduktív logika mentén lehessen eljutni érvényes eredményekhez.

Érdemes megfigyelni velük szemben Monge álláspontját. Véleménye szerint az analízis csupán térbeli alakzatok mozgásának leírása (Geometrie deseriptive). Az, hogy a klasszikus geometria nem tette lehetővé az analízis jelenlegi formájának megalapozását, őt nem a szemléletes-geometriai megközelítés és megalapozás elvetéséhez, hanem a geometria megújításához vezette.

Az analízis mai formáját a XIX. században vette fel. A 20-as 30-as években Cauchy, az Ecole Polytechnique (Párizs) tanára a változó mennyiségek (egyváltozós függvények) sajátosságaira alapozva építette fel kalkulusát. Alapfogalmai: a konvergencia és a folytonosság, melyek definícióit a mai fogalmaink első formáinak szoktak tartani a történészek, annak ellenére, hogy még nem pontbeli folytonosságról beszél. Cauchy után a változó mennyiségek fokozatosan elvesztették alapfogalom-jellegüket, és a számok (ill. pontok) halmazai kerültek a helyükre. Ezt a folyamatot nevezte Félix Klein az analízis aritmetizálásának. Karl Weierstrass a század második felében Berlinben tartott előadásain már azon a módon definiálta a folytonosságot, ahogy azt mi is ismeijük, epszilonnal és deltával, rögzített független változóra. A kis intervallumban való folytonosság pedig ennek összes pontjában való folytonossággal lett definiálva. így Cauchy és Weierstrass munkásságával letisztultak az analízisben használatos alapvető fogalmak: sorozat, sor, konvergencia, határérték, elemi függvény..., s egyben a valós számok elmélete is kielégítő megfogalmazást nyert.

### 3. Az algebra átalakulása

Már volt szó róla, hogy az araboktól átvett retorikus algebra - a kivonás és összevonás tudománya - helyét a XVI. században átvette a képletekkel dolgozó szimbolikus algebra. Strukturális változás azonban még nem következett be. Továbbra is az egyenletek megoldásával foglalkozott, ennek módszereit kutatta. Volt szó arról is, hogy Tartaglia és Cardano megtalálták a harmadfokú, Ferrari pedig a negyedfokú egyenlet megoldóképletét. A negatív számokra vonatkozó műveleti szabályok felhasználásával Viéte egységesíteni tudta a különböző típusú harmadfokú egyenletek kezelését. De mi a helyzet az ötödfokú egyenlettel?

Ráadásul a módszert, melyet Cardano, Niccolo Tartaglia és Lodovico Ferrari használt, nem minden esetben lehetett alkalmazni. Voltak olyan helyzetek, amikor a harmadfokú egyentetnek van természetes szám gyöke, a megoldóképlet mégis értelmetlenné válik, mert negatív szám lesz a négyzetgyök alatt. Ilyen például az

x3 = 7x + 6

Ez az ún. casus irreducibilis. Nehéz ügy. Már Cardano észrevette, hogy valamiképpen a “mínusz gyöke” eltűnik, és foglalkozott az esettel, de ennél sokkal többre nem jutott. Raffaello Bombelli volt az, aki elsőként számnak tekintette a negatív számból vont négyzetgyököt is, és megfogalmazta a rájuk vonatkozó szorzási szabályokat (Algebra, 1572, Milánó). Ez annál is inkább jelentős, mert akkoriban még a természetes számok negatívjai sem nyertek polgárjogot a számok körében. Bár már Luca Pacioli talált jelölést a számukra (Az aritmetika, a geometria, az arányok és arányosságok összefoglalása, 1494, Velence), és ezt Chuquet is használta, Cardano azonban csak fiktív számoknak tartotta őket. Stiefel - noha ő az első, akinél a jelölésben is kifejeződik, hogy 0-nál kisebb számokról van szó, hisz „0-n” alakban írja őket - csak abszurd számoknak nevezte a negatívokat (Arithmetica Integra, azaz Teljes aritmetika, Nümberg, 1544). Viete sem - aki pedig nagy lépéseket tett az egyenletmegoldás egységesítése felé (általános eljárás keresése, betűkkel felírt ismeretlenek és együtthatók, mint jelölésbeli újítás) - vette figyelembe a negatív gyököket. Descartes is hamisnak nevezi az ilyen gyököket. Már számoltak velük, de még egy ideig eltartott, amíg számként elismerést nyertek a matematika világában.

Amire itt vissza szeretnék térni, az Bombelli, akinek képzetes számai is akkor váltak egyöntetűen elfogadottá, amikor 1830-ban Gauss - rendezett párként koordináta-rendszerbe helyezve őket - megadta a komplex számok általános elméletét. Disquisitiones arithmeticae (azaz Aritmetikai vizsgálatok, 1801) c. munkájában foglalkozott az olyan „a + bi” alakú komplex számok tulajdonságaival, melyeknél az a és b racionális szám. Ők azért érdekesek, mert körükben az oszthatóság alaptulajdonságai éppúgy érvényesülnek, mint az egész számok körében. Ezért is nevezik őket Gauss egészeknek, s velük kezdődött a kommutatív gyűrűk tanulmányozása.

Gauss számos más csoportot is vizsgált Aritmetikájában. Augustin Louis Cauchy (akiről az analízis megalapozása kapcsán már esett szó) 1815-ben jelentetett meg egy munkát a permutáció-hozzárendelésekről. Ezek csoportját vizsgálva fogalmazta meg azt a tételét, hogy ha egy csoport rendje (ez véges csoport esetében az elemeinek a számával azonos) osztható egy p prímmel, akkor van p-edrendű részcsoportja. <<<(((? -FÁ)))>>>

Közben Euler az algebrai egyenlet gyökeit és azok racionális függvényeit vizsgálta. Megállapította, hogy ha egy adott egyenlethez létezik a gyököknek olyan racionális függvénye, mely nem változik, ha a gyököket benne felcseréljük (azaz invariáns a gyökök permutációira), akkor ez a függvény az egyenlet együtthatóinak is racionális függvénye. Miért érdekes ez? Mert

**amikor az egyenlet megoldóképletét keressük, akkor éppen az együtthatókból szeretnénk valamiképpen előállítani a gyököt**. <<<(((olyan ez, mint amikor a deriválással a függvényről annak ellenére álapítunk meg sokmindent, hogy nem ismerjük a koordináta tengelyeket metsző pontjait, tehát konkrét értékeit. Itt meg az általános paraméterekből és a függvény jellegéből következtetünk a gyökökre – azokra a bizonyos metszéspontokra. -FÁ)))>>>

Az algebrai alakban való előállíthatóság azt jelenti, hogy az alapműveletek (összeadás, kivonás, szorzás, osztás) és a gyökvonás segítségével véges sok lépésben előállítható. Lagrange és Ruffini (Theoria generale déllé equazioni, Az egyenletek általános elmélete, 1799) a gyökök permutációval szemben invariáns függvényeket vizsgálva a gyökök permutációinak csoporttulajdonságai alapján tett kísérletet arra, hogy megmutassa: az ötöd- és magasabb fokú egyenletekere nincs általános megoldóképlet. A bizonyítást végül Ábel adta meg (Démonstration de l’impossibilité de la résolution algébrique des equations générales qu passent le quatriéme degré, 1826).

Nem kell tehát tovább keresni azt, ami nincs. De vajon miért éppen az ötödfokútól kezdve nem létezik ilyen? Évariste Galois fiatal francia matematikus a halálát okozó végzetes párbaj előtti éjszakán vetette papírra erre vonatkozó nézeteit. Az ő alapgondolata az volt, hogy amikor a megoldóképletet keressük algebrai kifejezés alakjában, valójában a racionális számokhoz veszünk hozzá véges sok gyökös kifejezést, s ezekre a négy alapműveletet alkalmazzuk. Mi történik ilyenkor? Egyes gyökös kifejezést (mondjuk ) hozzávéve, az így létrejött struktúra (test) továbbra is zárt lesz, azaz a műveletek elvégzése nem vezet ki ebből a körből. Más esetekben - például a -nél - már nem elég ezt hozzávenni, hiszen a szorzás révén előkerül a is. Ha azonban ezt is hozzávesszük, akkor az így létrejött struktúra már ismét zárt. Ha tehát az egyenletek megoldásához szükséges testbővítéseket vizsgálnánk, közelebb jutnánk a megoldhatóság kérdéséhez. Galois zseniális ötlettől indíttatva az egyes testbővítésekhez rendelt csoportokat, mégpedig a gyökök között fennálló racionális összefüggéseket helybenhagyó permutációk csoportját. A testbővítések csoportjainak Galois-féle vizsgálatából két nagyon lényeges gondolat következett. Az egyik az algebrai: az általános ötöd- (és magasabb) fokú egyenletre vonatkozó megoldóképlet hiányáról. A másik pedig egy klasszikus problémáról: az euklideszi (körzővel és vonalzóval való) szerkesztés lehetőségéről. Descartes algebrai megközelítése és Galois elmélete alapján bizonyítható, hogy a kockakettőzés, a szögharmadolás és a szabályos hétszög szerkesztése pusztán körző és vonalzó felhasználásával nem végezhető el.

Ezek az eredmények azonban a legkevésbé sem jelentették az algebrai kutatások végét. Ellenkezőleg. A különböző testek, gyűrűk és csoportok tulajdonságainak fontossága az algebrai struktúrák általános vizsgálatára irányította a figyelmet. Ezzel az algebra alapvetően átalakult, és elnyerte mai formáját. Milyen messze kerültünk A1 Hvárizmi algebrájától!

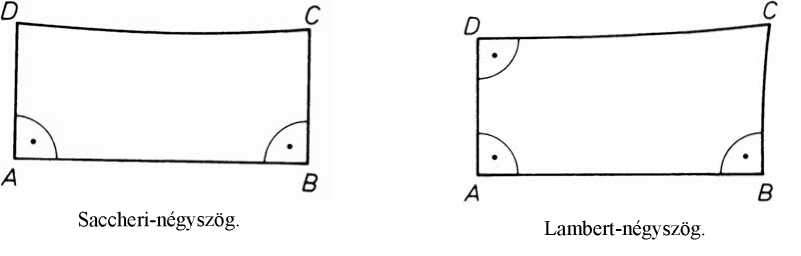
### 4. Nem-euklideszi geometriák

A görög matematika tárgyalásakor részletesen foglalkoztunk az euklideszi geometria felépítésével. Arról is esett már szó, hogy ez a rendszer kétezer éven át a szigorú logikai rendszer és a tudományosság mintaképe volt. A more geometrico, azaz geometriai módon való bizonyítás az egzaktság ideális fokát jelentette nemcsak a matematikában, de a természettudományokban és a filozófiában is.

Volt azonban a rendszernek egy pontja, melyet megalkotása óta kétely kísért. Ez a - feltehetőleg a rendszert összeszerkesztő Eukleidész által megfogalmazott - párhuzamossági posztulátum. Formájában és megfogalmazásmódjában is eltér a többitől, azoknál bonyolultabb, körülményesebb. Ráadásul a geometria számos tétele nélküle is bizonyítható. Már az ókorban felmerült hát a kérdés, hogy nem lehetne-e a geometriát enélkül felépíteni. Ez egészen pontosan úgy fogalmazódott meg, hogy vajon a párhuzamossági posztulátum nem bizonyítható- e a többi axióma és posztulátum segítségével.

<<<(((logikailag nem nagyon értem ennek a kérdésnek a súlyát, főleg miután a modernebb korban matematika történészek szépen kimutatták az euklideszi szöveg vegyes voltát, különféle irányzatokra támaszkodását, fejezetenként eltérő foglom kezelését stb. Mintha olyasmi tökéletességet várnának el tőle, ami diszfunkcionális…. Ez a szöveg is csak kerülgeti, de nem nevezi néven, hogy történetileg miből adódott a dilemma, amikor logikailag ma már nem beszélhetünk párhuzamossági rejtélyről. -FÁ)))>>>

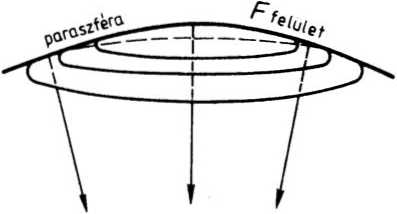
Már az ókorban is többen - például Ptolemaiosz és Proklosz is - próbálkoztak ezzel. Az előző ezredfordulón egy Alhazen nevű arab tudós fizikus foglalkozott a kérdéssel, hogy vajon nem lehetne-e bebizonyítani a párhuzamossági posztulátumot az euklideszi axiómarendszer többi feltevéséből. Kiindult egy olyan négyszögből, melynek három derékszöge van (Lambert-féle négyszög), és bebizonyította, hogy a negyedik is az. Sajnos a bizonyításhoz - anélkül, hogy észrevette volna - a párhuzamossági axióma (vagy posztulátum - a mi szempontunkból már nincs jelentősége a megkülönböztetésnek) egy ekvivalens helyettesítőjét használta fel. Alhazen bizonyítását kritizálva Omar Khajjám olyan négyszöggel próbálkozott, melynek két oldala egyenlő hosszú és merőleges a harmadikra (Saccheri-féle négyszög), ám a bizonyításhoz ő is felhasznált egy helyettesítő axiómát. Nasziraddin csillagász-matematikus a XIII. században szintén foglalkozott e kérdéssel - az ő közvetítésével jutottak el Európába a párhuzamossági posztulátmmnal kapcsolatos problémafelvetések. Wallis ugyanis a XVII. században lefordította könyvét. Feltehetőleg e mű hatására kezdett Giovanni Girolamo Saccheri a téma vizsgálatába. Ő azonban - és itt számunkra ez az, ami igazán jelentős - indirekt bizonyítással próbálkozott. Könyve, A minden folttól megtisztított Euklidész... (Euclides ab omni naevo vindicatus: sive conatus geometricus quo stabiliuntur prima ipsa universae Geometriáé Principia) 1733-ban jelent meg, és három olyan esetet különböztet meg, ami felmerülhet: a négyszög mindkét másik szöge vagy derékszög, vagy hegyesszög, vagy tompaszög. Úgy vélte, meg tudja mutatni, hogy a második és a harmadik eset ellentmondásra vezet. Nem kell ismételnünk, hogy amivel ellentmondásra jutott, az ismét csak nem a maradék axiómarendszer, hanem a párhuzamossági axióma egy újabb alakja.



Lambert, aki 1766 táján hasonló kérdésekkel foglalkozva - szintén indirekt megközelítéssel próbálkozott - számos különös sajátosságát fedezte fel e síkidomoknak, pl. hogy a háromszög szögeinek összege kisebb (illetve - a másik esetben - nagyobb), mint két derékszög. Sőt, a gömbi geometria háromszögeinek területképletét felfedezve a levezetett összefüggések között, ennek analógiájára bevezette ri képzetes sugarú gömböt, teljesen formális alapon, nem gondolva, hogy ennek bármiféle valóságtartalma lehet. Lambert tehát számos nem-euklideszi tételt fogalmazott meg anélkül, hogy ezeket egy önálló geometria tételeinek tartotta volna. Számára ezek minden alkalommal újabb és újabb megcáfolandó eredményt jelentettek. Végül nem találva az ellentmondást, ezt saját ügyetlenségének tulajdonította.

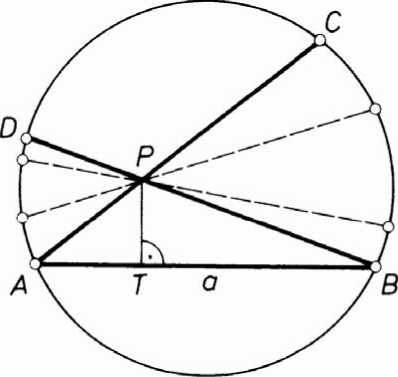
Legendre 1800-ban (első szögtételében) megmutatta, hogy az egyik eset valóban ellentmondásban van a maradék axiómarendszerrel: a háromszög szögeinek összege nem lehet nagyobb két derékszögnél. Második szögtétele pedig azt mondja ki, hogy ha egy háromszögben a szögek összege két derékszögnél kisebb, akkor mindegyikben az. Ezután megpróbálta bizonyítani, hogy ilyen háromszög nincs

Összegezve azt mondhatjuk, hogy mindezek a próbálkozások - Lambert szögtételeit leszámítva - vagy kudarccal végződtek, vagy a párhuzamossági posztulátum ekvivalens megfogalmazásait használták a bizonyításhoz explicit vagy implicit módon. Mégis közelebb vittek azonban valamihez, ami azután megrengette a matematika objektivitásába vetett hitet, és egy egészen újfajta matematika-felfogást eredményezett.



Bolyai János és Nyikolaj Ivanovics Lobacsevszkij nagyjából egyszerre fedezték fel, hogy a 180°-nál kisebb esetre az ellentmondást azért nem találják, mert nincs. A tér egy új, az euklideszivel egyenértékű tudományát fedezték fel. Azt ugyan nem tudták bizonyítani, hogy ellentmondásmentes, ám azt igen, hogy az euklideszi geometriának van megfelelője ebben a világban. A hiperbolikus geometriában a paraszférán teljesülnek az euklideszi síkra vonatkozó axiómák, ha sík alatt a paraszférát, egyenes alatt pedig a paraciklusokat értjük.

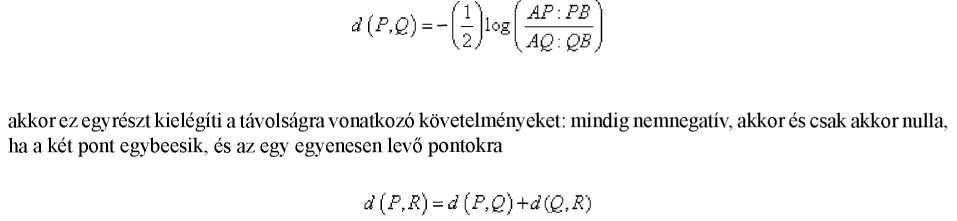
Ahhoz, hogy a relatív ellentmondásmentességet a másik irányba is megmutassák, saját elméletükre modellt kellett volna adni az euklideszi síkon. Ez félszáz évvel később a Cayley-Klein modellben meg is valósult.



A Cayley-Klein modell.

Legyen ugyanis a sík egy nyílt körlap az euklideszi síkon, az egyenesek az euklideszi egyenesnek a körlapon belüli részei. Itt egy adott ponton keresztül több párhuzamos is húzható egy egyenessel, így a párhuzamossági posztulátum nem teljesül.

Ha a két pont (P és Q) távolságát Cayley egy ötlete alapján úgy definiáljuk, hogy legyen



(Cayley: A sixth memoir upon quantics, 1859), másrészt pedig kielégíti a maradék axiómarendszer axiómáit.

Klein modell módszerét, mellyel bizonyította, hogy a nem-euklideszi geometria ellentmondásmentes, ha az euklideszi is az, ma is használják relatív ellentmondásmentességi bizonyításokra.

### 5. Filozófiai viták - új alapok

Miért is volna szükség új alapokra? A matematika éppen virágzó korszakát éli. Soha ennyi új eredmény, a megközelítésmódoknak és ötleteknek ilyen gazdagsága nem jellemezte e tudományt. Tekintélye csorbítatlan, számos más tudomány éppen az euklideszi axiómarendszer mintájára igyekszik felépíteni saját elméleti rendszerét. Az igazán sokat támadott új tudományág, az analízis is szigorú megalapozást nyert Cauchy és Weierstrass tevékenysége révén. Nem tűnik éppen válságosnak a helyzet. Hát akkor?

Mai fejjel visszatekintve talán már az sem teljesen világos, miért volt olyan nehéz elfogadni, hogy másfajta geometria is lehetséges. Miért tűnt ez annyira abszurdnak számos matematikus számára, holott már szinte kezükben volt a megoldás? Miért hivatkozott például Gauss az olvasók értetlenségére, amikor (egy Taurinushoz írott levelében) amellett érvelt, hogy miért nem hozta nyilvánosságra saját ezirányú eredményeit? Sőt, miért kérte Taurinust is arra, hogy eredményeiből semmit se publikáljon? Mitől volt ennyire titkolandó egy új matematikai elmélet?

A geometria mint a tér tudománya valamiképpen arról szólt, hogy milyen a világ. Két nagy filozófiai irányzat játszott döntő szerepet az európai kultúra geometria-felfogásában: a platóni és az arisztotelészi. Platón szerint a geometria az ideális objektumokkal foglalkozik, melyekben minden felszíni esetlegességen túl a lényegi összefüggések mutatkoznak meg. Az arisztotelészi felfogás a geometria formájára helyezi a hangsúlyt: az axiomatikus rendszerre. Az általános elvek (axiómák, posztulátumok) a legelvontabb, tapasztalati valóságtól legtávolabbi <<<(((„reálpolitikusi” megfogalmazás a tudományban -FÁ)))>>> összefüggéseket jelentik. Természetesen mindkét álláspontot egyszerre is el lehetne fogadni - mindkettő a matematika tényleges tapasztalatán <<<(((„reálpolitikusi” megfogalmazás a tudományban -FÁ)))>>> alapul -, mégis vitában álltak egymással évszázadokon keresztül. Ha csak ennyit mondunk róluk, akár összebékíthetők is lennének mondván, a legelvontabb összefüggések, melyekhez a legnehezebben jutunk el, ugyanazok, mint amelyek a legtávolabb esnek az érzéki tapasztalat körétől. Mégsem ez történt. Az európai kultúrát születése óta formáló e két nagy filozófiai tradíció közötti feszültség döntő szerepet játszott a matematikáról szóló viták alakulásában is. <<<(((Ma már, utólag ez az ellentmondás legfeljebb tudománytörténeti érdekesség lehet, nem valós és még mindig feszítő különbség. -FÁ)))>>>

A geometria és a bennünket körülvevő fizikai tér kapcsolatát Newton tette explicitté mechanikájában. (Emlékszünk, Arisztotelész korában a matematika még csupán az égi jelenségek leírásában volt alkalmazható. A “hold alatti” fizikája csak másfél ezer év múlva vált a matematika számára megközelíthető területté. Ennek világos megfogalmazása volt Galilei már említett mondása arról, hogy a természet könyve a matematika nyelvén íródott.) A természetfilozófia matematikai alapelveiben (Principia mathematica philosophiae naturális, 1687) Newton ezt írja:

“Az abszolút tér, saját lényegénél fogva, külsőleg egyáltalán semmihez sem viszonyítva, mindenkor egyenlő és változatlan marad. A relatív tér az előbbinek a mértéke, vagy ennek valamilyen mozgó része, amely a testekhez viszonyított helyzete következtében válik érzékelhetővé, és ezért közönségesen mozdulatlan térnek tekintjük.... Az abszolút és a relatív tér jellegüket és mértéküket tekintve azonosak, de számszerűleg nem mindig egyenlők.”2'

Ezt az abszolút teret valódi vagy matematikai térnek is nevezhetjük. Ekkor az általunk tapasztalt közönséges tér és idő “relatív” lesz, azaz viszonylagos, látszólagos, a mérésben megjelenő. Az abszolút tér a valódi, - euklideszi mintára - mindig mindenhol hasonló, minden külsőtől független és mozdulatlan, s a relatív tér ebben csupán a dimenzió vagy a mérték, melyet érzékeink határoznak meg a testekhez képest. Az abszolút (matematikai) és a relatív (fizikai) tér ilyetén összekapcsolása a kifejtés axiomatikus módszerével együtt nem erőssé tette Newton Principiáját egy olyan világban, ahol a matematikai módszerek alkalmazása az egzaktságot jelenti. Az égi és földi fizika e nagy szintézise több mint kétszáz éven át irányította a mechanikai kutatást, és ma is a mérnöki tudományok hasznos eszköze.

Túl azonban, hogy jól működik, teoretikus alapja is volt a fizikai és geometriai tér összekapcsolásának. Immánuel Kant A tiszta és kritikájában a teret és az időt mint érzéki szemléletünk formáit írja le: egyszerűen térben és időben tapasztaljuk a világot. Akkoriban ezt úgy értelmezték, hogy Kant az egyetlen lehetséges geometria eszméjéhez nyújtott filozófiai támaszt. A sors iróniája azonban, hogy éppen Kant filozófiája lett a kiindulópontja annak a fenomenológiai mozgalomnak, mely ma már az érzéki tapasztalat legkülönbözőbb formáit vizsgálja. Ha ugyanis a teret és az időt valóban szemléleti formáknak tekintjük, ám olyanoknak, melyek nem kizárólagosak, azaz lehetségesek másfajta világai is a jelenségeknek, akkor azt kell mondanunk, hogy az ilyen típusú vizsgálódások elvi alapja nem jöhetett volna létre a kanti természetfelfogás nélkül, mely leválasztotta a tapasztaltat (a természetet) a nem tapasztalható (magánvaló) létezőről.

Most azonban még a XIX. század derekán járunk. A geometria mellett még egy klasszikus terület vár a megújulásra. Az aritmetika, mely a számokról, mint a számolással legszorosabb kapcsolatban levő dolgokról szólt. Azért lehettek a tételei általánosan alkalmazhatóak, mert a megszámlálható dolgok számosságának sajátosságairól szóltak - és itt most a megszámlálhatót és a számosságot még nem cantori halmazelméleti, hanem hétköznapi értelemben véve. Arról szólt tehát, hogy a számok, ahogyan mi ismerjük őket, milyen tulajdonságokkal rendelkeznek. Ezért is volt olyan nehéz a negatív számok elfogadása. Nem az volt ugyanis nehéz, hogy mondjuk az adósságot vagy a 25

25Newton: “A természetfilozófia matematikai alapjai” in: A Principiából és az Optikából. Levelek Bentleyhez . (Téka) Kriterion Könyvkiadó, Bukarest, 1981, 46.o.

könyvelésben a hiányt jelöljék és számoljanak vele, hanem maga a szemléletváltás. Mi értelme volna ugyanis a hiányt hiánnyal szorozni? És mégis, a negatív számmal való szorzásra kényelmesen kiterjeszthetők a műveleti szabályok. Sőt, ha ezt megtesszük, egy sokkal általánosabb technikát kapunk, azaz több helyzetre tudjuk alkalmazni, ahogy erről már volt is szó. De vajon ez elég ahhoz, hogy számnak tekintsük őket?

Meg ha már technikai kényelemről beszélünk, ott voltak azok a helyzetek, amikor negatív számból kellett volna négyzetgyököt vonni. Mint emlékszünk, Cardano már 1538-ban explicit módon hivatkozik rájuk, Bombelli pedig 1572-ben kidolgozza a képzetesek műveleti szabályait, Mégis csupán az új geometriával nagyjából egy időben a XIX. század első harmadában született meg Gauss és Hamilton révén a komplex számok elmélete. (Az algebrai szám fogalmát ugyan már Fermat megadta, elméletüket azonban szintén csak a XIX. század közepén dolgozta ki Kummer. A valós szám és a folytonosság körüli vitákat pedig akkor még nem is említettük - ezek még a XIX. század végére sem jutottak nyugvópontra, amikor pedig már készen állt Cauchy és Weierstrass szigorú analízise.)

Itt áll tehát előttünk a klasszikus matematika e két alapvető területe, a geometria és az aritmetika a megújulás pillanatában. 1863-ban megjelennek Gauss levelei a nem-euklideszi geometriáról. Lobacsevszkij írásai oroszul már 1835-38-ban ismertek voltak, franciául azonban csak Gauss levelei után jelentek meg. A döntő lépés az volt, amikor 1868-ban megjelent Beltrami írása a nem-euklideszi geometriáról. Ő ugyanis megadta a nem-euklideszi geometria egy modelljét az euklideszi síkon. Ez egy térkép volt, mely a nem-euklideszi kétdimenziós teret képezte le egy körlapra, ahol az egyenesek a körlapon belüli egyenesekbe mennek át Ez az értelmezés beleillett Riemann geometria-felfogásába is. Ő úgy gondolta újrafogalmazni a geometriát, hogy az egy felületetet vagy magasabb dimenziójú sokaságot alkotó pontok halmazának vizsgálata, melyen értelmezhető a távolság fogalma. Konstans görbületű felületeken az alakzatok szabadon, torzulás nélkül elmozgathatók. (Konstans pozitív görbületű a gömbfelület - a gömbi geometria már az ókor óta közismert -, nulla az euklideszi sík görbülete, és a konstans negatív görbületű felületen a Bolyai-Lobacsevszkij féle geometria érvényesül.) Azaz az euklideszi geometria csak egy a sok közül. <<<(((Ez is „reálpolitikusi” megfogalmazás a tudományban, mert részhalmazokat nevez, kezel alternatív teljes halmazokként, ami félrevezető a matematika felé közelítőknek, ha következetesen próbálnak gondolkodni. -FÁ)))>>>

### 6. Új axiómarendszerek

Tegyük fel mármost explicit módon a kérdést: miért is kellett újra axiomatizálni <<<(((újra struktúrálni, újra szervezni -FÁ)))>>> a matematikát? Miért nem volt jó a rendszer úgy, ahogy a görögök megalkották? Miért nem az lett a fejlődés útja, hogy az új elméleteket egyszerűen csak hozzávették a régiekhez? Azaz - filozófiaiig fogalmazva a kérdést - miért nem kumulatíve, az eredmények puszta felhalmozásával fejlődik a matematika?

Ha csak azt a rövid vázlatot gondoljuk át újra, amit e fejezetben láttunk, akkor is feltűnhet pár különcség.

* A projektív geometriában a **dualitás elve** - hogy pl síkbeli esetben a pont és az egyenes egyszerűen felcserélhetők a tételekben és a bizonyításokban - arra utal, hogy szerepük szimmetrikus. <<<(((szakzsargon ismerheti ennek a dualitás elvnek a jelentését, de logikailag hiányos kijelentés, levezetésben stb használhatatlan volna -FÁ)))>>> A projektív geometria axiomatizálásakor ezt tehát érdemes lenne kifejezésre juttatni.
* Vagy vegyük a **nem-euklideszi geometriákat**. A Lambert- és Saccheri féle négyszögek oldala az ábrán görbe, noha egyenes szakaszokról van szó. A hiperbolikus geometriában hasonlóan furcsán fogalmazhatunk: a paraciklusok az egyenesek, és a parasztéra a sík.

Történt valami a fogalmakkal, ami korábban elképzelhetetlen volt.

* Vagy gondoljunk a számokra. Aligha mondhatnánk, hogy V2 tagja van a csapatnak.

Ha visszatekintünk a matematika újkori történetére, látjuk, ahogy lassan kezdi mai formáját ölteni. Először is világossá vált az euklideszi geometria és az algebra (ami ekkor még egyenletmegoldásokat jelent) kapcsolata Descartes koordinátageometriájában. A mozgás, az érintők és a területszámítás vizsgálatából megszületett matematikai analízis maga is ebben a koordinátageometriában kezdte meg diadalútját. Galois az egyenletek gyökeinek permutációcsoportjait vizsgálva - tőle származik a **csoport** elnevezés is - az egyenletmegoldások és a testbővítések között állapított meg összefüggéseket. Az algebra így kezdett a testek és csoportok, s rövidesen a legkülönfélébb **algebrai struktúrák** vizsgálatával foglalkozni. <<<(((ezek az elnevezések nem annyira szemléletesek, nem annyira ismertek, mint például a pont, egyenes, sík, tér fogalmaké. Amolyan munkahipotéziseknek, átgondolatlan, sietősen kialakított munka-megnevezéseknek tűnnek. -FÁ)))>>>

Ehhez Cayley (1863-tól) a csoportelmélet rendszeres megalapozásával, Jordán (1870: Traité des substitutions et des equations algébriques) az **izomorfia fogalmának** megteremtésével, Steinitz az **izomorfiaelv** megfogalmazásával, Lie pedig a **folytonos transzformációcsoport** fogalmának bevezetésével járult hozzá.

A filozófiai vitákat éppen Cantor cikke a végtelenről (1874) tartja mozgásban. Halmazelmélete a matematika legáltalánosabb fogalmait vizsgálja. 1898-ra már meg is születik a **számelmélet formális axiomatikus halmazelméleti felépítése** (Giuseppe Peano: Arithmetica principia nova methodo exposita, azaz Az aritmetika új módon kifejtett alapelvei). A valós számokra vonatkozóan Cauchy, Weierstrass és Dedekind (Statigkeit und irrationali Zahlen (Folytonosság és az irracionális számok, 1872) munkái már megbízható alapot jelentettek, így Hilbert 1899-ben már a valós számok elméletére alapozva építhette fel a geometriát.

A klasszikus euklideszi mellett ismertek már a **projektív és affin geometriák**. Az 1860-as évek a nem-euklideszi geometriákat is ismertté tették a világban. Alig telt el pár év, és Félix Klein megmutatta, hogy minden geometriához a transzformációknak egy bizonyos folytonos csoportja tartozik. Erlangeni programjában (1872) javasolta a geometriák ezen csoportok szerinti osztályozását. **A kilencvenes évekre az euklideszi geometriáról már nyilvánvalóvá vált, hogy a projektív geometriának csupán speciális esete.**

Dávid Hilbert - Peanotól függetlenül - Moritz Pasch könyvét olvasva jutott el az újraaxiomatizálás gondolatához. Pasch ugyanis az elemi geometriai bizonyításokat vizsgálva felfedezett olyan lépéseket, melyek pusztán logikaiak. Ilyen például az általa megfogalmazott, s a hilberti geometriába Pasch axiómaként beépített állítás. Pasch célja ezek megfogalmazása volt, hogy ezáltal **a geometriai levezetéseket meg tudja tisztítani a szemléletre való hivatkozásoktól**. Hilbert, átgondolva Pasch eredményeit úgy látta, hogy ez nem csupán a geometria kritikáját, hanem teljesen új módon való felfogását is lehetővé teszi. A levezetési szabályok hangsúlyozása lehetővé teszi, hogy az axiómákból úgy lehessen eljutni a tételekhez, hogy közben nincs szükség a geometriai szemléletre. Ez azt is jelenti egyben, hogy már nincs szükség a szavak jelentésére sem. Radikális megoldás a félreérthetőség és kétértelműség kiküszöbölésére. Ha nincsenek definíciók, az axiómák formálisak, és a (szintén formális) szabályok egyértelműen meghatározottak, nincs lehetőség ellenpéldák felkutatására. A definíciók tehát az abszolút szigorúság oltárán lettek feláldozva. <<<(((??? Alapfogalmaknál gondolom nem követhető módszer ??? -FÁ)))>>>

A következő évtizedben Hilbert a nem-euklideszi geometriákat is beépítette a tárgyalásba. Veblen és Young (Projective Geometrv, 1910-13) megmutatták, miként tárgyalható minden geometria ebben a szellemben. A századvégen sorra születtek meg a különböző elméletek axiomatizálásai:

* hálóelmélet - Dedekind (1897 és 1900),
* csoportelmélet és testelmélet - Huntington (1906).
* Testelmélet - Steinitz: (Algebraischer Theorie dér Körper, 1910); ő már nem is foglalkozik a műveletek tartalmával, csupán sajátosságaikat rögzíti. Példaként a valós számok, a racionális számok és a komplex számok testét említi.
* Ideálelmélet - Eminie Noether: ildealtheorie in Ringbereichen, 1921) ... Ezekhez ismét csak az algebra egy jelentős eredménye, a matematikai logika alapjául szolgáló Boole-algebra nyújtott segítséget.
* 1939-től kezdve jelentek meg Elements de Mathematique címen a Bourbaki csoport munkái. E sorozat az egész matematika absztrakt halmazstruktúrák és közöttük értelmezett leképezések segítségével való felépítését tűzte ki célul.

Az axiomatizálás önmagában még csupán a legtisztább deduktív rendszer felépítését jelentené. Nem akármilyen axiómarendszerekről van azonban itt szó. Vegyük pusztán a formai szempontokat! Eukleidész axiómarendszere a definíciókkal kezdődik. A mai axiómarendszerek azonban már nem definiálják például a pontot vagy az egyenest. E fogalmak továbbra is szerepelnek az axiómákban, ám csupán definiálatlan alapfogalmakként. Mit jelent ez? Azt, hogy

* amikor alkalmazni akarjuk valamely területre az elméletet, akkor csupán azt kell ellenőriznünk, hogy - a definiálatlan alapfogalmaknak immár jelentést adva - igazak-e a kérdéses területen (struktúrán) az axiómák. Ha igen, akkor (bizonyos alapvető feltételek teljesülése mellett) Gödel teljességi tétele értelmében az axiómarendszer összes levezetett tétele igaz lesz e struktúrán. Ez az adott axiómarendszer egy modellje lesz - és ez lehet akár matematikai, fizikai vagy bármilyen más modell. <<<(((tehát ha a deduktív rendszerelméletben az elemi összetevőnek a „személy” jelentést adom, akkor …. ?!! -FÁ)))>>>

###### <<<((( Arról lenne szó tehát, hogy az alapfogalmak definiálása egyfajta konkretizálási lépéssé vált? Ami nem logikátlan teljesen, hiszen az axióma egy indoklás nélkül választott „alap” (fogalom, tétel, egyéb), amiből a logika szabályai szerint építkezhet az axiomatikus fogalmi rendszer. Most tehát ott tartunk, hogy az alkalmazási szakterület választja meg az axiómákat, amikből kiindulva viszont az axiómarendszer „szabványosan” formálódhat? < --- > Ugyanakkor gond is jelentkezik, mert az alkalmazási területtől, azoktól a bizonyos kiindulási axiómáktól is függ a ráépítkezés során az axiómarendszerben alkalmazható műveletek jellege. -FÁ)))>>>

Az alapok problémája kétféleképpen vethető fel.

* Az egyik a bizonyításra vonatkozik: mi az állítás alapja, miért igaz, hogyan érvelhetünk mellette, azaz milyen egyéb tételekből, definíciókból tudjuk levezetni?
* A másik viszont a matematikai igazság forrásaira vonatkozik: honnan tudom, hogy igaz-e a tétel vagy az axióma, hogy helyes-e a definíció?

(E két kérdéskör nem feltétlenül független egymástól. Mai tudásunk szempontjából mindenesetre világos különbséget tehetünk a **levezethetőség és az igazság** kérdése között.) Ha az alapok az első értelemben kerülnek válságba, annak autentikus megoldása egy új axiómarendszer felépítése. Ha viszont a második értelemben, akkor a formalista visszahúzódhat az igazság kérdéskörétől mondván őrá csupán a levezethetőség kérdése tartozik, a többi az interpretáció dolga.

**Az axiómák igaz vagy hamis volta, a definíciók értelme (a szavak jelentése) már a modell és az értelmezés problémája**. Tőle nem kapunk választ arra, hogyan dönthetem el egy modellen, hogy igazak-e az axiómák, ha maga a modell nem egy formális rendszer. Ezek már nem a tiszta matematika problémái.

<<<(((Meglepően általános és alapvető kérdésről van szó nemcsak a tudományok területén, ugyanis a tudományok eredményessége mintegy átsugárzik egyéb kulturális területekre is (ahol pedig látszólag értelmetlenségre vezet. Például a hagyományos szemlélet térvesztése esztétikában, erkölcsben és egyéb kérdésekben hasonlónak tűnik mint amikor az euklideszi geometria vagy a régi családmodell korának végéről értekeznek, mintha azok rosszak lettek volna. És jobb bármi, ami nem velük azonos. Holott az axiomatikában is tetten érhető mélyebb absztrakciós réteg láthatóvá válásáról van szó (ahonnan ténylegesen csak egy alternatíva úgy az euklideszi geometria mint a hagyományos családmodell), és nem feltétlenül arról, hogy ami elvontabbank, absztraktabbnak tűnik abból kiindulva bármi megengedhető, követendő, kipróbálandó. Tehát az igazság és a logikai lehetőség nem biztos hogy fedi egymást, illetve két egészen külön szempont. Attól hogy „levezethető”, megvalósítható még lehet „igaztalan”. -FÁ)))>>>

Miért lett ez így? A fordulat okozója a térrel és a számokkal kapcsolatban már felvetett probléma. Ami azonban a XIX. században még filozófiai kérdésnek látszott, az a XX. század kezdetén egyértelműen matematikai problémaként mutatta meg magát. A matematikai fogalomalkotás és igazság problémáját a nem-euklideszi geometriák elfogadása nem oldotta meg, inkább félresöpörte. Újra felvetődött azonban az ún. halmazelméleti paradoxonokban.

Egy ifjúkorában hegeliánus filozófus-logikus, Bertrand Russell felismert és megfogalmazott olyan ellentmondásokat, melyek - noha Cantor saját elméletében kivédeni látszott őket - bizonytalanná tették a halmaz fogalmát. E paradoxonoknak különböző megfogalmazásai élnek a matematikai folklórban. Az egyik ilyen például: borotválja- e magát az a borbély, aki pontosan azokat borotválja a városban, akik maguk nem borotválkoznak. Az eredeti forma közelebb áll ehhez: “tartalmazza-e önmagát az összes halmazok halmaza?” Vagy igaz-e a következő állítás: “Hazudok”, melynek története a hazug krétai klasszikus antik paradoxonjáig nyúlik vissza? Ezek a kérdések irányították a matematikusok figyelmét annak vizsgálatára, hogy mit lehet és mit nem ellentmondás nélkül megtenni a matematikában.

A zavart - úgy tűnik - az okozta, hogy átgondolatlanul, mintegy naivan használtuk például a halmaz fogalmát és megengedtünk olyan formulákat, melyek magukról szólnak (mint például: “Ez a mondat hamis”). A matematika alapjainak vizsgálata a matematikai tudás forrásaira irányította a figyelmet.

* Van matematikai valóság, melynek intuitív megismerése segít a tételek felfedezésében, hogy azután kérlelhetetlen logikával bizonyítsuk azokat?
* Vagy tetszőleges struktúrákat alkothatunk, és a bizonyítás csupán az elme szabad játéka (a játékhoz tartozó szigorúan definiált szabályok mentén)?

Hol húzzuk meg a határt a megengedhető és meg nem engedhető bizonyítási eljárások között? A kiválasztási axióma lett az egyik nevezetes pont, ahol e viták összecsaptak: Igaz-e az, hogy minden halmaz jólrendezhető - azaz megadható egy olyan rendezés, mely szerint minden részhalmazának lesz legkisebb eleme? Senki nem tudott adni ilyen rendezést például a valós számok halmazára, viszont ha posztuláljuk a kiválasztási axiómát, akkor ebből már bizonyíthatjuk a jólrendezhetőséget. A kérdés tehát: elég-e posztulálni a kiválasztási axiómát, avagy ténylegesen meg kelljen adni e rendezést vagy kiválasztási függvényt? Vagy ami ezzel ekvivalens: elfogadjuk-e a transzfinit indukciót bizonyítási módszernek? <<<((( A **transzfinit indukció** a [teljes indukció](https://hu.wikipedia.org/wiki/Teljes_indukci%C3%B3) általánosítása megszámlálható számosságoknál nagyobb végtelen [számosságok](https://hu.wikipedia.org/wiki/Sz%C3%A1moss%C3%A1g) esetére is. - <https://hu.wikipedia.org/wiki/Transzfinit_indukci%C3%B3> -FÁ)))>>>

Ma a matematikusok kis része fogadja csak el a konstruktív bizonyítási eljárások korlátait. Ami viszont ily módon is bizonyítható, azt az elméletek legbiztosabb részének tekintik. Az eredmények tekintetében tehát elérhető részleges egyetértés. Ami a matematikai igazság kérdését illeti, abban viszont ez nem következett be. Az egyetemeken oktatott matematika többnyire formális felépítésű, s ez az elméletek alkalmazásának is kedvez. Hogy a matematikusok esetleg mégis úgy érzik, hogy valami valóságos, nagyon is létező dologról tesznek kijelentéseket tételeikben, az jelenleg - a világnézeti kérdésekhez hasonlatosan - a személyes meggyőződések körébe tartozik.

## D. A Bruno-féle világegyetem és a XIX. századi természettudomány *(Székely László)*

### 1. A Bruno-féle kozmológiai modell

A XVII-XIX. századi csillagászat fejlődését egyik oldalról a megfigyelési eszközök - elsősorban a távcsövek - dinamikus fejlődése, s a segítségükkel összegyűjtött empirikus ismeretanyag állandó gyarapodása, másik oldalról a newtoni gravitációelmélet nyomán fokozatosan kialakuló „égi mechanika” (Laplace kifejezése) jellemezte. Azt a fogalmi-teoretikus keretet, amely döntő módon befolyásolta ennek az empirikus adattömegnek a földolgozását és értelmezését,

* a bolygórendszer vonatkozásában a newtoni mechanika és az általános tömegvonzás newtoni elmélete,
* a kozmológia dimenziójában pedig Giordano Bruno végtelen terű, homogén világegyetem-modellje határozta meg, amelyet - mint a korábbi fejezetben láttuk - a görög atomisták hasonló szerkezetű világegyetemével szemben a csillagok természetére vonatkozó, és a „másik világ” fogalmát a napoknak tekintett csillagokkal azonosító (s ezáltal a kozmológiai értelemben vett másik világokat empirikus horizontunkon belülre helyező) nevezetes Brunoi lúpotézis különböztetett meg.

Bruno állítása a világegyetem végtelenségéről és a világok végtelen sokaságáról szenvedélyes vitákat váltott ki26, de ezekből győztesen kikerülve a XIX. századi csillagászat számára mint evidencia jelenik meg. Győzelmében döntő fontossága volt a Brunoi világegyetem végtelenségének és homogenitásának, mely az ember kozmikus kitüntetettségét a kopernikuszi rendszernél is következetesebben szünteti meg, s amely ezért összhangban volt az európai gondolkodás - és különösen a kibontakozóban lévő újkori természettudomány - akkori fejlődésének alaptendenciájával.

26P. Rossi: “Az ember nemessége és a világok sokasága”, in: uő.: A filozófusok és a gépek : (Kossuth, Budapest, 1975) 259-294. o.

### 2. A Bruno-féle modell természettudományos formájának kialakulása: Descartes és Newton

A természettudomány - ezen belül elsősorban a mechanika és a megfigyelő csillagászat - fejlődése nem annyira a végtelen, homogén kozmológiai modell elfogadásában, hanem inkább a Brunonál még határozottan spekulatív és biomorf mozzanatainak kiküszöbölésében játszott szerepet. E transzformáció első lépése a modell biomorf mozzanatának eltüntetése volt, amely először két ágon

* a pillanatnyi távolbahatást a modern természettudományos szemléletnek megfelelően tagadó kartéziánus örvény elmélet
* és a távolbahatást bevezető newtoni gravitációelmélettel párosított newtoni mechanika vonalán - haladt előre, hogy azután Newton elmélete kerüljön ki győztesen közülük.27

27Vö.: Koyré: From the Closed World to the Infinite Universe (John Hopkins Press, Baltimore, 1957); Simonyi Károly: A fizika kulturtöténete (Gondolat, Budapest, 1978); Fehér Márta: “Utószó Fontenelle 'Beszélgetések a világok sokaságáról' című művéhez." in: Fontenelle: Beszélgetések a világok sokaságáról. (Magyar Helikon, Budapest, 1979) 244-260. o.

Az örvényelméletet magába foglaló kartéziánus kozmológia és a gravitációt távolbahatásként értelmező newtoni elmélet ugyanis a közöttük fennálló meghatározó ellentét ellenére közös volt abban, hogy a világegyetemet Brunohoz hasonlóan végtelennek és homogénnek, a csillagokat pedig napoknak tekintették, miközben a kialakulóban lévő újkori természettudományos gondolkodás szellemében az égitesteket Brunotól eltérően csupán lelketlen, mechanikus anyagtömegeknek tartották. Bruno kozmológiája animisztikus-panteista vonása miatt egyszerűen a csillagászat számára avíttá vált, miközben az általa bevezetett végtelen, homogén kozmosz ideája, vagy a csillagokkal kapcsolatos hipotézise - Bruno nevének említése nélkül - fokozatosan evidenciaként jelent meg.

E folyamat részként meg kell említenünk ugyanakkor azt is, hogy Descartes és Newton kozmológiája nem csupán örvényelméletének és a távolbahatás elméletének szembenállásában különbözött. Descartes szerint a természet rendszere az oksági törvények és az ezeket matematikai formában leíró szabályok alapján maradéktalanul megérthetőek: bár e törvények isteni eredetűek, a világegyetem - attól kezdődően, hogy isten anyagát megteremtette és e törvényeket hozzárendelte - már szigorúan öntörvényei szerint működik, s nincs sehol sem olyan rés, ahol a természeti törvények nyújtanának magyarázatot, hanem külső transzcendens tényező bevonására volna szükség. Ebben az értelemben Descartes kozmosza a természeti törvények rendszere szempontjából zárt és immanens.

Newton viszont e tekintetben a természettudományos-fizikai kozmológiával szemben szkeptikus: ő nem hitt abban, hogy a világegyetem működése pusztán az isteni előrelátást tükröző természettörvények alapján megérthető. Kozmológiájában szüksége van a folytonos isteni beavatkozásra. Ebben az értelemben Newton kozmológiája a racionális világmagyarázat szempontjából nyitott, réseket tartalmaz, ahol transzcendens beavatkozásra van szükség

Bár Newton gravitációelmélete legyőzte Descartes örvényelméletét, paradox módon a modern természettudomány - többek között Newton gravitációelméletének köszönhetőleg - a descartes-i zárt kozmológiai séma jegyében és irányában fejlődött. Így csillagászattörténeti jelentőségén túl természetfilozófiái jelentősége is van azoknak a francia matematikus-fizikusok (így pl. D'Alambert és Laplace) számításainak, akik bebizonyították, hogy ott, ahol a bolygórendszer működésében Newton az isteni beavatkozáshoz fordult, valójában Newton gravitációelmélete is megoldást nyújt28. A newtoni alapokon nyugvó égi mechanika történeti jelentősége éppen az, hogy - többek között a kifinomult perturbációszámítással - bebizonyítja, hogy kidolgozható a Naprendszernek pusztán a newtoni törvényeken alapuló, de ugyanakkor a descartes-i értelemben vett zárt rendszere, s ezáltal a pusztán természetfilozófiai sémát nyújtó Descartes-tal szemben Newton törvényeire alapozva természettudományosán is kidolgozza a Naprendszer fölépítésének és “működésének” racionálisan zárt és immanens rendszerét.

28Vö. pl.: R. Taton and C. Wilson (eds.): Planetary Astronomy from the Renaissance to the Rise of Astrophysics . Part B: The eighteenth and nineteenth centuries. (Cambridge University Press, Cambridge, 1995), különösen: 87-150. és 209-248 o.

Finomabb elemzéssel kimutatható az is, hogy Descartes örvényelmélete a csillagvilág, illetve a bolygórendszerek vonatkozásában nem a platóni-arisztotelészi-kopernikuszi-kepleri matematikai, hanem inkább az atomista és Cusanus-féle „pontatlan” kozmosz örököse. Newton távolbaható ereje viszont a csillagászati dimenzióban is a „matematikai” kozmosz ideáját képviseli. Ennyiben Newton győzelme Descartes felett egyben a matematikai kozmosz győzelmét is jelentette.

### 3. A Bruno-féle modell természettudományos formájának kialakulása: a XVII-XIX. századi empirikus csillagászat

A mechanikus kozmosz ideájának kialakulásával párhuzamosan ugyancsak meghatározó szerepet játszott a Bruno- féle modell természettudományos formájának kialakításában a megfigyelő csillagászat.

Bár Bruno kozmológiája spekulatív-természetfilozófiai kozmológia volt, empirikus konzekvenciái implicit módon csillagászati kutatási programot definiáltak. Persze a csillagászok nem Bruno implicit programját követték: amiképpen utaltunk rá, Brunonak mint a csillagászat szempontjából is lényegeset mondó kozmológusnak nevét gyakorlatilag elfelejtették. Ám Bruno állításai a csillagok napszerű voltáról, térbeli mélységben történő elhelyezkedéséről és a világok sokaságáról a csillagászok számára fokozatosan evidenciaként jelentek meg. Bruno kozmosza ezért egyre inkább a csillagászati megfigyelések fogalmi keretévé vált, s már olyan empirikus megfigyelési eszköz vonatkozásában is integrálódott a kor csillagászatába, mint a távcső: míg a Kopernikusz által még megőrzött csillagszféra-hipotézis alapján a távcső valójában csupán mikroszkópként működött - azaz egy állandó távolságban lévő felület mind apróbb és apróbb részleteit nagyította föl és tette az ember számára láthatóvá - addig Bruno nyomán a tér mélységeibe való behatolás eszközeként jelent meg, melynek segítségével, hatékonyságának növekedésével az ember egyre messzebbre és messzebbre lát el a kozmikus térben. (Kepler pl. még úgy gondolta, hogy a Galilei távcsövében föltáruló csillagsokaságot nem azért nem látjuk szabad szemmel, mert messzebb vannak a látható csillagoknál, hanem mert túlságosan kicsinyek.29)

29Koyré, id. mű: 75-76. o.

Az empirikus csillagászat fejlődésének egyik vonulata a mind hatékonyabb távcsövekkel és megfigyelési eszközökkel ezen evidenciák fokozatos alátámasztásával szolgált. Az első jelentős eredmény e tekintetben még a XVIII. század elején született meg, amikor is Edmund Halley a régi görög csillagkatalógusok és a modem csillagpozíciók összevetésével fölfedezte a csillagok saját mozgását, s ezáltal empirikus oldalról is megrendítette a mozdulatlanságukra vonatkozó dogmát.30

30Clerke, A. M.: Geschichte dér Astronomie , (Springer, Berlin, 1889) 12. o.; North, J.: The Fontana History of Astronomy and Cosmology (Fontana Press, London, 1994) 394—398 o.

A megfigyelő csillagászat igazi nagy korszaka azonban csak a XVIII. század végén, William Herschel munkásságával kezdődött. Herschel az első, aki a bolygóktól kifejezetten és határozottan a csillagok felé fordul, s megkezdi a csillagok régiójának szisztematikus földerítését. Ha a csillagvilág közelítőleg homogén eloszlása korábban csupán spekulatív tétel volt, Herschel kozmikus környezetünk csillagainak eloszlását az empirikus kutatás tárgyává tette, amikor megkezdve szisztematikus vizsgálódásait az “egek szerkezeté”-nek (the construction of heavens) földerítésére.31 Herschel csillagászati munkássága szorosan összefüggött távcsőépítő tevékenységével, amely a távcsövek hatékonysága szempontjából jelentős előrelépést hozott Halley korának csillagászati műszereihez képest.32 Ha Halley még megelégedett azzal, hogy az új távcsövekbe tekintve egyre haloványabb és haloványabb csillagok tárulnak minden irányból a szeme elé33, Herschel már nem állt meg ennél a kvalitatív benyomásnál, s fáradságos munkával hozzákezdett a különböző irányokban egységnyi területen látható csillagok összeszámlálásához. Tekintettel arra, hogy még nem állt rendelkezésére megfelelő eljárás a csillagok távolságának meghatározására, ahhoz, hogy a síkbeli eloszlásból térbeli eloszlást konstruálhasson, Herschelnek szüksége volt egy igen erős előföltevésre, amely a csillagok valódi fényességére vonatkozott. Ez az előföltevés a csillagok fényerejének kvantitatív homogenitását állította; konkrétan azt, hogy azok valódi - azaz: “abszolút” - fényességük tekintetében megközelítőleg azonosak. Azt, hogy ez a hipotézis helytelen, már Herschel kortársai is tudták, s magát Herschelt is figyelmezették erre, ő azonban ennek ellenére kitartott ezen föltevése mellett - minden bizonnyal azért, mert azt olyan munkahipotézisnek tekintette, melynek hiányában a csillagok térbeli eloszlására irányuló vizsgálódásairól is le kellett volna mondania.34 Ebből a szempontból kortársaival szemben mégiscsak neki volt igaza, mert ez a téves előföltevés csak a Naprendszer szűkebb környezetében vezet szükségképpen torz eredményre, míg nagyobb dimenziók esetében a csillagok fényességkülönbségei véletlenszerű eloszlásuk miatt bizonyos mértékig kiegyenlítődnek. A Tejútrendszer dimenziójában ezért Herschel vizsgálódásainak legfontosabb eredményei már alapvetően helyesnek bizonyultak: ezek szerint a távcsövek segítségével látható csillagok eloszlása nem egyenletes, hanem azok a térnek a Tejút gyűrűje által kitüntetett síkjában tömörülnek.35

3lVö.: Hoskin, M. A.: William Herschel and the Construction of Heavens. (Oldbuome, London 1963); Hermáim, D.B.: Die Geschichte dér Astronomie von Herschel bis Hertzsprung . 22-26. o.

32 Vö.: J. A. Bennett: On the Power Pnetrating intő Space: the Telescope of William Herschel. The Journal fór the History ofAstronomy Vol 7. Part 2. 75-108. o. Kong, H. C.: The History of the Telescope (New York, Dover, 1979) 48-66. o., valamint Hermann: id. mű: 22-26. o.

33Halley, Edmond: Of the Infinity ofthe Sphere ofthe Fix'd Stars. in: Philosophical Transactions, 31. London: 1726. 22-23. o. A tanulmány kópiája megtalálható Stanislaw Jaki már idézett könyvének végén. (251-253. o.)

34Vö.: Hermann, D. B.: id. mű: 27. o.

35Vö.: Herschel: Account of somé Observation tending to investigate the Construction of the Heavens. (1784) in: Hoskin: id. mű: 71 106. o.

Herschel kutatásainak eredményeképpen a homogenitás-probléma empirikus dimenziója átalakult: a kérdés többé már nem az volt, hogy miképpen oszlanak el a csillagok környezetünkben, hanem az, hogy az a csillagrendszer, amelyben élünk, s amely a Herschel által fölvázolt, s a későbbi kutatások által megerősített és finomított csillageloszlást mutatja, az egyetlen-e a világegyetemben, vagy pedig végtelen sok ilyen csillagrendszer egyike-e csupán? Az első esetet elfogadva a Föld, a földi élet és a Naprendszer kitüntetettségének az a “lerombolódása”, amelyet a Bruno-féle modell hozott magával homogenitásával, s az a tendencia, amely ezzel szorosan összekapcsolódva a világegyetem kitüntetett, egyedi pontjainak megszűnését eredményezte, megfordul, hiszen ekkor - legalábbis az akkori csillagászat fogalmi keretében mozogva, amely még nem ismerte a nem-euklideszi geometriák kozmológiai alkalmazásának lehetőségeit - vagy véges csillagvilágot kapunk, vagy egy olyan világegyetemet, amely a térnek a Tejút gyűrűje által definiált síkját kitünteti. Ám egy ilyen elképzelés elfogadása nem volt szükségszerű: a homogenitás megőrzésére is adva volt a fogalmi keret: ha a német csillagász, Olbers által fölvetett lehetőségnek megfelelően a világszigeteket tekintjük a teret kitöltő kozmikus anyag legnagyobb egységeinek - mint ahogyan ez például Wrightnál, Kantnál és Lambertnél36 szerepel - a világegyetem térbeli dimenzióit Herschel eredményeivel összhangban is homogénként kaphatjuk meg.

36V.ö.: Wright, Thomas: An Original Theory or New Hypothesis of the Universe (London, 1750). A mű rövidített változatának német nyelvű fordítása megtalálható a következő gyűjteményes kötetben: Jackisch, G. (ed.): Lamberts Cosmologische Briefe . (Akademie Verlag, Berlin, 1979) 203-227. o. Kant: Allgemeine Naturgeschichte und Theorie Des Himmels .in: Kants Werke, Bánd I. (Walter de Gruyter, Berlin, 1968) 241-258., 306-330. o.

A világegyetem térbeli homogenitásának empirikus dimenziója Herschel munkássága nyomán tehát a következő két kérdéssel fonódott össze:

* vajon tényleg világszigetek-e a Kant és Lombért által ilyennek föltételezett objektumok, vagy pedig ellenkezőleg: ezek is a mi csillagrendszerünkhöz tartoznak;
* amennyiben világszigetek - azaz Kantnak és Lambertnek e tekintetben igaza van - eloszlásuk vajon a Kant és Lambert által föltételezett hierarchikus eloszlással szemben homogén-e?

Herschel munkásságának ugyancsak jelentős részét képezte a csillagvilág nem csillagszerű objektumainak (ködök, csillagcsoportok) szisztematikus vizsgálata.

Amíg a Messier katalógus 103 különleges égi objektumot tartalmazott37, addig Herschel 1802-ben már 2508 ilyet ismert.38 Herschel több ízben is megpróbálta osztályozni ezeket, s ennek során egyre inkább arra törekedett, hogy a különböző típusokat - a különböző formájú sötét és világító ködfoltokat és csillaghalmazokat, csillag- csoportulásokat - a csillagászati objektumok fejlődésének különböző fázisaiként azonosíthassuk. Ezáltal a kartéziánusoknál és különösképpen Kantnál megfogalmazódó fejlődésgondolat Herschelnél közvetlenül összekapcsolódott az égbolt empirikus képével, melynek következtében az égbolton megfigyelhető, konkrét kozmikus objektumok térbeli egymásmellettiségéhez hozzárendelődött az idődimenzióbeli egymásutániság fogalma.39 Az, hogy közvetlenül milyen hatások ösztönözték Herschelt erre a szemléletmódra, határozottan nem állapítható meg, de mindenképpen indokolt a háttérben a világok körforgásszerű keletkezésére és elmúlására vonatkozó tradicionális elképzelést sejteni. Annál is inkább, mert Herschel válogatott tanulmányainak 1791-ben megjelenő német nyelvű kiadásához a kiadó függelékként egy rövid kivonatot kapcsolt Kant kozmológiájából.40 (Igaz, ez a kivonat éppen a kozmogóniai részekkel bánik mostohán!)

37Mallas, J. H., Kreimer, E.: A Messier-Album (Gondolat, Budapest, 1985).

38Vö.: Serio, Indorato and Nastasi: Nebulae in the 17th Century. The Journal fór the History of Astronomy Vol 16. Part 1. (1985) 1-36.. o ; Hermann, D. B.: Geschichte dér Astronomie von Herschel bis Hertzsprung. (Akademie-Verlag, Berlin, 1975) 31. o.

39Hoskin, M. A.: William Herschell and the Construction of the Heavens. (Oldboume, London, 1963) 65-70. o.; Hennáim. D. B.: id mű: 31. o.

40Vö.: Jackisch: id. mű: 235-245. o.

1796-ban jelent meg Laplace Kanttól függetlenül, de Herschel által befolyásoltan kidolgozott ködhipotézise, amely a naprendszerünkhöz hasonló kozmikus rendszerek kifejlődésére kísérel meg elméleti magyarázatot nyújtani a newtoni fizika alapján.41 Ez az elmélet így szintén támpontot és ösztönzést adhatott ahhoz, hogy a csillagászati-kozmológiai objektumok térbeli sokféleségében a kozmikus testek fejlődési folyamatának különböző fázisait lássuk. Laplace elmélete különösen alkalmasnak bizonyult a Herschel által fölfedezett planetáris ködök értelmezésére: e ködök képe ugyanis megfelel az általa föltételezett gáz-gyűrűs állapotnak, s így kézenfekvő volt ezeket a kialakulás stádiumában lévő naprendszerekkel azonosítani. Akik ezen elmélet fogalmi keretében gondolkodva végezték empirikus csillagászati vizsgálódásaikat, abban a csodában részesülhettek, hogy saját, szűkebb kozmikus környezetüknek, a Naprendszernek múltjában is gyönyörködhettek a csillagok világának kutatása közben. (Ma már tudjuk, hogy a planetáris ködök nem keletkező bolygórendszerek, ám érthető, hogy akkor ez az első pillanatban kézenfekvőnek tűnő értelmezés sokak számára vonzó volt.)

41Laplace hipotézise a világ rendszeréről írt művének első két kiadásában még csak rövid utalás formájában szerepel. A harmadik kiadásban már egy ezzel kapcsolatos hosszabb fejtegetéssel is találkozhatunk, ám részletesebb kifejtése csupán a negyedik kiadásban jelenik meg először, ahol azt Laplace a főszövegtől elkülönítve, a műhöz csatolt VII. megjegyzésként közli. E formában jelenik meg azután a hipotézis a Laplace életében megjelent utolsó, ötödik kiadásban is. Vö.: Laplace, P., Exposition du Systeme du Monde. (Cinquieme Édition , Paris, Bachelier, 1824) 395. o., valamint Note VII. et demiére: 409-418. o.; illetve uő., Oeuveres completes de Laplace. Tome Sixieme: Exposition du Systeme du Monde. (Gauthier-Villars, Paris, 1884) 482., 498-509. o. Hipotézisének megfogalmazásában Laplace-ra Herschel mellett jelentős hatást gyakorolt még Buffon kozmogóniája. Hipotézisének teoretikus előzményeiről, s ennek részeként Buffon hatásáról, valamint Laplace és Herschel kapcsolatáról vő. pl.: Numbers, R. L., Creation byNaturalLaw: Laplace ’sNebularHypothesis inAmerican Thought (University of Washington Press, Seattle, 1977) 3-13, o. Laplace tevékenységének filozófiai és kozmológiatörténeti jelentőségéről ugyancsak lásd: Hahn, R., Laplace and the Mechanistic Universe. in: Lindberg, C. L., Numbers, R. L., God and Natúré (University of Califronia Press, Berkeley, 1986) 256-276. o. Magyar nyelven vő. még: Whitney, Ch. A: Tejútrendszer fölfedezése (Gondolat, Budapest, 1979) 125-129. o.

Herschel kapcsán megemlítendő még, hogy szintén ő az első olyan bolygó - az Uránusz fölfedezője -, mely a klasszikus kor számára ismeretlen volt.

Mind a kopernikuszi, mind a bmnói, mind a descartes-i és a newtoni kozmoszkép akut problémája volt a csillagok parallaxisának hiánya. A XIX. század második harmadának elejére megszülettek e tekintetben is a régóta vár eredmények (Bessel, Sztruve és Henderson 1838-1839)42. Ezzel végre sikerrel járt az a Kopernikusz nyomán kibontakozó közel három évszázados törekvés, amely arra irányult, hogy a Föld föltételezett Nap körüli keringésének a csillagok látszólagos pozíciójának változásában megmutatkozó tükröződését ezek távolságának a meghatározására használják föl. S csak most - azáltal, hogy a különböző csillagok esetében különböző parallaxisokat mértek - történt meg Bruno azon állításának empirikus konfirmációja, amely szerint a csillagok elhelyezkedése nem szféraszerű, mint Arisztotelész állította, hanem térbeli mélységgel rendelkezik. Ám attól, hogy az első sikeres parallaxismérések ilyen sokáig várattak magukra, csak megnőtt jelentőségük, hiszen egy olyan szilárd meggyőződés empirikus alátámasztását jelentették, amelyet a megelőző sok eredménytelen próbálkozás ellenére sem adtak föl. Ez pedig megerősítette azt a hitet, hogy az empirikus csillagászati kutatásoknak azok az előföltevései, amelyek az elmúlt két évszázad folyamán alakultak ki, helyesek.

42Vö. pl.: Plavec, Miroslav: Csillagok világa (Gondolat, Budapest, 1965) 231-243. o.: Newcomb-Engelmann: Populaere Astronomie 5. (Auflage von Paul Kempf, Leipzig, 1911) 193-205. o.; North, J. id. mű: 414—420. o.

A XIX. század hatvanas éveitől elkezdődött a színképelemzés módszerének sikeres alkalmazása a Nap után a csillagok és a ködök világára. E téren Donáti, Huggins, Secchi, Rutherford, majd később Vogel érte el az első jelentős eredményeket.43 A színképelemzés segítségével bebizonyosodott, hogy a csillagok kémiai összetétele hasonló a Napéhoz, s a ködök sem tartalmaznak a naprendszerünkben ismertekhez képest idegen elemeket. így a csillagok természetéről kialakított korábbi meggyőződést sem kellett módosítani, s a világegyetem materiális egységének eszméje az empíria oldaláról is megerősítést nyert. De a csillagok természetével kapcsolatos ezen - immár nem csupán spekulatív - eredmény azt is jelentette, hogy a Nap-kutatás kozmológiai jelentőséget kapott, hiszen a Nap a végtelen sok csillag leginkább vizsgálható paradigmájaként jelenhetett meg. Ez az az időszak, amikor kialakul a Napnak - s ezáltal a csillagoknak - az a termodinamikai-kémiai modellje, mely majd megalapozza a XX. századi magfizikai napmodellt, s a XX. századi asztrofizikát.

43Vö.: Hennann, D. G.: Az égbolt fölfedezői (Gondolat, Budapest, 1981) 130-137. o.; Newcomb-Engelmann: idmü: 512-526. o.; Heamshow, J. B.: The Analysis ofStralight. One Hundred Fifty Years in Astronomical Spectroscopy (Cambridge University Press, Cambridge, 1986) 51-103. o.

Az előbbiekben ismertetett fejlődés eredményeképpen a Bruno-féle modellben megfogalmazott kozmológiai állítások jelentős része empirikus alátámasztást kapott. A világegyetem végtelensége és homogenitása, a világok végtelen sokasága immár leválva a filozófiai és természetfilozófiai spekulációról, természettudományos formában, a megfigyelő csillagászat által szállított gazdag adatbázisra alapozottan fogalmazódhatott meg. Ezt a változást szimbolikus módon úgy jellemezhetjük, hogy a Bruno-féle modell természettudományos köntöst öltött magára, amely elfedte eredetét: azt, hogy egy spekulatív filozófiai elmélet részelméleteként született meg. A csillagászaton belül egyfajta diadalérzés uralkodott, amely szorosan összefonódott a XIX. századi természettudomány egyéb területein elért sikerekkel, s a természettudományos megismerés töretlen haladásába vetett általános hittel - amely utóbbit a társadalom oldaláról a század utolsó harmadában alátámasztott a szabadversenyes kapitalizmus dinamikus fejlődése.

### 4. Az anyag végtelen, örök körforgása és a végtelen világegyetem

A XIX. század elejére nyilvánvalóvá vált, hogy a csillagok energiája egyszer kimerül, s azok nem sugároznak a végtelenségig. Természetszerűleg vetődött fel a kérdés: mi történik a kihűlt csillagokkal? Végül minden csillag kialszik majd, s elsötétül a világegyetem? <<<(((a végtelen entrópianövekedést ma is alapvetőnek tekintik széles körben -FÁ)))>>> Az e kérdésre adott „igen” válaszból az következett volna, hogy a csillagok által jellemzett korszak csupán rendkívüli, véges idejű korszaka a világegyetemnek, míg az elsötétülő világegyetem képe a bibliai világvége fogalmát idézte. A fölvilágosodás gondolkodásától azonban teljesen idegen volt ez a gondolat, s így a természetfilozófiában teret nyert az az elképzelés, hogy a kihűlt csillagok anyaga az új, születő csillagokban újból életre kel, s ismét sugárzóvá válik. (Fontenelle44, Kant stb.)

44Vö. : Fontenelle: Beszélgetések a világok sokaságáról (Magyar Helikon, Budapest, 1979). 129-135. o.; Kant: id. mű.

A XIX. Században <<<(((1800-as évek) -FÁ)))>>> ez az eszme természettudományos formát kapott részben Herschel (1738-1822) időrendbe állított kozmikus objektumai, részben Laplace (1749-1827) ködhipotézise és a gyűrűsködök ennek alapján adódó első értelmezése nyomán. A világegyetemen belüli körfogásszerű fejlődésről így kialakult hipotetikus kép a következő fázisokból állt:

1. A forró gázfelhő. A gázfelhőből fokozatosan kialakulnak azok az izzó és forgó gázgömbök, amelyek a laplace- i elméletben leírt folyamat kiindulási pontját képezik.

2. A laplace-i ködökből leválnak a gyűrűk; a gáztömeg középponti része fokozatosan csillaggá alakul. Ez a fázis felel meg az empirikusan megfigyelhető gyűrűsködöknek.

3. A ködgyűrűk bolygókká alakulnak, s fokozatosan kihűlve keringenek a középponti csillag körül. Ott, ahol erre kedvezőek a föltételek, megindul az élet evolúciója, amely statisztikus valószínűséggel elvezet az intelligens életig, s ennek történelméig.

4. A rendszer központi csillaga kihűl, a bolygók hideggé válnak, s egy idő után belezuhannak a már kihűlt központi testbe.

5. A kihűlt naprendszerek holt anyaga és a csillagok által korábban kisugárzott energia újból találkozik egymással, s így a kihűlt anyag aktivizálódhat, megteremtve ily módon újabb világok kialakulásának laplace-i előföltételeit. <<<(((itt jön a kérdés, és hogy mi a helyzet a teljes halmazzal, a világegyetem egészével. Mert az egyes csillagok életútja valamiféle eróziós hullámzás helyi eseménye, vagy … a világmindenség egészéről lássuk be semmit nem tudhatunk, márcsak Gödel tételeire utalva sem? Tehát a tapasztalati tudományok előrehaladása mintegy összetartozik az ontológiai, ismeretelméleti teljességre vonatkozó alapkérdésekről való lemondással, belátással, hogy azok elérhetetlenek? -FÁ)))>>>

Az elképzelés szerint a kozmoszban statisztikailag szórtan, egyenlő arányban találhatóak a különböző fázisban lévő naprendszerek, s így bár a csillagvilágot lokális fejlődés - az atomisták világaihoz hasonló keletkezés, virágzás és elmúlás - jellemzi, a kozmosznak mint egésznek az állapota nem változik: az nemcsak térben, hanem időben is homogén.

A XIX. századot uraló - s immár nem természetfilozófiai, hanem természettudományos formában is megfogalmazódó - kozmológiai sémát ennek nyomán úgy jellemezhetjük, mint a térben és időben végtelen, homogén Bruno-féle modellnek Descartes és Newton nyomán mechanizálódott változatát, mely kiegészült a csillagok folyamatos körforgásszerű keletkezésének, virágzásának és elmúlásának, s a kihűlt anyag újraéledésének hipotézisével.

### 5. A XIX. századot uraló csillagászati-kozmológiai séma problémái:

A XIX. századot jellemző természettudományos diadalérzet részeként a csillagászatot is jellemző optimizmus ellenére már kirajzolódtak e fenti kozmológiai séma problematikus mozzanatai is.

1. Az előbb ismertetett körforgáselmélet utolsó fázisát teoretikusan nem sikerült kidolgozni, s empirikusan sem sikerült meglelni.

Empirikus oldalról a XX. század elejére kiderült, hogy a planetáris ködök nem keletkező naprendszerek, hanem egészen más természetű jelenségek, míg teoretikus oldalról megfogalmazódott a termodinamika II. fő tétele, mely szerint a világegyetem a sötét, hideg állapot - a „hőhalál” - irányába halad (Clausius, Boltzman).

A világegyetem végtelenségével kapcsolatos megfogalmazódott a Neumann45– Seeliger46- féle gravitációs paradoxon, mely szerint végtelen, homogén világegyetemben a newtoni gravitációs potenciál a világegyetem mindegyik pontján végtelenné és ennek következtében maga a gravitációs erő meghatározatlanná válik.

45Neumann, C.: Allgemeine Untersuchungen über das Newton'schePrinzip dérFernwirkung (Teubner, Leipzig, 1896).

46Seeliger, II.: Über das Newton'sche Gravitationsgesetz. Astrononusche Nachrichten, 137. (1984) 129-136. o.; Seeliger: Über das Newton'sche Gravitationsgesetz. Sitzungsberichte dér mat.-phys. Classe dér Akademie dér Wissenschaften zu München, 26. 373^100.

A megfigyelések révén készített csillageloszlási statisztikákból kiderült, hogy a környezetünkben lévő csillagok eloszlása - Herschel ezzel kapcsolatos első eredményeivel összhangban - nem homogén. Igaz, a csillagvilág galaxisok („világszigetek”) sokságába történő tömörülésének hipotézisével (Wright, Lambert, Kant) és a galaxisok homogén eloszlásának föltételezésével a homogenitás megmenthető volt. Ám ezt a hipotézist sokan vitatták, s a csillagászok között a századfordulóra a Kapteyn-féle elmélet uralkodott, mely szerint a Tejútrendszer az egyetlen csillagsziget s így a világegyetem anyagának térbeli eloszlása nem homogén, hanem egy véges térrégióba tömörül.

Bár századunk 20-as éveire mégiscsak a világsziget elmélete győzedelmeskedett, ekkorra már a relativisztikus kozmológia és a táguló világegyeteme került az előtérbe, azaz a XIX. század jellegzetes kozmológiai sémáját egy új séma váltotta fel.

Az időben és térben homogén és végtelen, körforgásos modell teoretikus betetőzését egy chicagói csillagász, McMillan kozmológiájában érte el.

McMillan bevezet egy hipotetikus kozmikus folyamatot, mely a termodinamika II. fő tételével ellentétes irányban hatva újrakoncentrálja a csillagok által korábban kisugárzott energiát, s amely mint ilyen a körforgáselmélet 5. fázisának felel meg.

McMillan ennek segítségével bebizonyítja, hogy a világegyetemnek olyan koherens elmélete alakítható ki, melyben kozmikus méretekben nem érvényes a II. fő tétel, s így nem lép föl a hőhalál. Modellje azonban már csak érdekes hipotézis maradhatott, mely mintegy lezárja a végtelen, homogén modell történetét, hiszen a szóban forgó energia-újrakoncentrálódási folyamatot a természettudománynak nem sikerült fölfedeznie. Elméletének mégis van egy jelentős érdeme: megmutatja azt, hogy a fenti föltételek esetén a hőhalál kiküszöbölésével együtt a Cheseaux-Olbers-paradoxon (az éjszakai fényes égbolt paradoxona) sem lép föl; - azaz azt, hogy a hőhalál-elmélet és az Cheseaux-Olbers-paradoxon nem független egymástól, s ezért a paradoxonokhoz vezető két effektus elvben semlegesítheti egymást.

McMillan ily módon egységbe ötvözte a kozmológiai és a kozmogóniai mozzanatot, s ezzel a térben és időben homogén, végtelen, statikus (“állandó állapotú”) modell logikai szempontból legkonzekvensebb változatát nyújtotta, melyben

“... az univerzum mint egész lényegében nem változik. <<<(((legalábbis nem számunkra felismerhetően -FÁ)))>>> A szinguláris pontok változtathatják pozíciójukat és fényességüket, de egyáltalában nem szükséges föltennünk azt, hogy valaha is lényegesen különbözött vagy különbözni fog attól, amilyen ma.”47

47MacMillan, W. D.: On Stellar Evolution. The Astrophysical Journal, 48. (1918) .35 49. o. (Az idézett sorok: 49. o.)

A csillagvilággal kapcsolatos XX. elképzelésekre azonban McMillan már mint egy merész, de érdekes hipotézis megfogalmazója sem hathatott. Kozmológiai modelljét 1918-ban megjelent tanulmánya tartalmazza: egy gyökeresen új kozmológiai vízió formálódásának, a kozmológiai vöröseltolódás fölfedezésének és a relativisztikus kozmológia megszületésének időszaka ez.

## E. A korai (XVIII-XIX. századi) evolúciós elméletek *(Kiss János)*

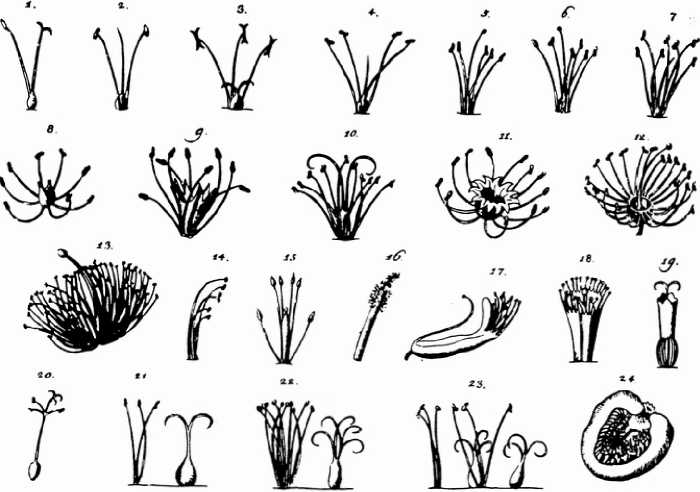
Az emberiség hamarabb vette birtokába a teret, mint az időt. A csillagászat mindkettőt segítette, de az időről legföljebb csak mint ciklusos ismétlődésről gondolkodtak. A ptolemaioszi világkép meghaladása után (Kopernikusz, 1543) is a statikus vagy legföljebb ciklusos világnézet volt az elterjedt; eszerint a világot Isten teremtette, és ma is olyan, ahogyan a teremtéssel létrejött. A Bibliában leírtakat komolyan, majdnem szó szerint értelmezték. Pl. az 1620-as években Ussher anglikán érsek a bibliai adatok alapján 5600 évesnek tartotta a Földet. A XVII. században <<<(((1600-as évek -FÁ)))>>> késhegyre menő vitákat folytattak arról, hogy melyik évszakban volt a vízözön. Látható tehát, hogy abban az időben az időfogalom nagyon torzult volt.

Az 1680-as években Newton a tömegvonzással magyarázza a bolygók mozgásait. Fizikájával kiteljesedett az új mechanikai világkép, és rájönnek, hogy a világegyetemet fizikai törvények uralják. <<<(((ez az „uralni” kifejezés félre vezető, inkább azokon alapszik a fizikai világ – profürioszon és Boethiuszon már régen túl vagyunk! -FÁ)))>>>

Általánosabb maradt az a nézet, hogy a világot Isten teremtette 6 napon át. Később 40 napos katasztrófa söpört végig a Földön; a megkövesedett maradványok (fosszíliák) ennek a vízözönnek a tanúi. Noé aztán újra benépesítette a Földet az eredeti fajokkal.

A XVIII. században <<<(((1700-as évek -FÁ)))>>> Európa különböző országaiban a tudomány új fellendülése kezdődött, ami szoros kapcsolatban volt az ipari kapitalizmus fejlődésével és a franciaországi társadalmi változásokkal. A felfedező-, kutató- és gyűjtőutak, a gyűjtők, a tudósok és a kereskedők közreműködésével az ismert növény- és állatfajok száma ugrásszerűen megnőtt, a botanikus kertek, a herbáriumok, a menazsériák[[11]](#footnote-11), a természetrajzi gyűjtemények állománya is jelentősen gyarapodott. Így a tudományos vizsgálódásnak is új irányai alakultak ki, aminek majdnem közvetlen következményeképpen egyre jobban kifejlődött az élő szervezetek leíró-rendszerező osztályozása.

A XVIII. század egyik fő teljesítménye volt a **rendszertani elvek fejlődése**. A newtoni matematikai fizikai elvek alapján rögzített világrend elképzelése uralta a világnézetet a biológiában is. Az idegen országok élővilágának feltárulása világossá tette, hogy minden egyes országnak meg vannak a maga bennszülött növényei és állatai. Azonban a XVII. század előtt javasolt osztályozási rendszerek zavarosak voltak és nem elégítették ki a tényleges biológiai igényeket. A XVII. század végének és a XVIII. század elejének nagy rendszerezője volt az angol természetbúvár, John Ray, aki az élőlények osztályozásában egységes elveket keresett. A klasszifikációban nagyon pontos nem(zetség)- és fajleírásokat használt; a leírások a struktúrára alapozódtak (pl. az ujjak és a fogak elrendeződésére) és a nem a színre meg az élőhelyre (ezzel új és nagyon fontos koncepciót vezetett be a rendszertanba: a megbízhatóbb, a kevésbé változékony jegyek figyelembevételét).



Linné növénytani rendszerének 24 osztálya, a porzók száma és jellege alapján.

Eddig a legtöbb taxonómus a rendszerét úgy állította fel, <<<(((mint élőlények? -FÁ)))>>> hogy az összes ismert szervezetet egyre kisebb csoportokba osztotta be fölülről (az embertől és az állatoktól) kezdve, aztán a csoportokat osztotta tovább egyre kisebb csoportokba. Tőlük eltérően a svéd botanikus és taxonómus, Carl Linné (1707-1778) a **faj**-jal kezdte, és ezeket szervezte nagyobb csoportokba vagy **nemzetségek**be, aztán az analóg nemzetségeket **családok**ba egyesítette, a rokon családokat **rendek**be, az utóbbiakat meg **osztályok**ba sorolta Systema Natúrae (A természet rendszere) című művében (1735). E művében fektette le az új rendszertani munka gyakorlati elveit, mégpedig az őt megelőző évszázad növény- és állattani eredményei (Camerarius, Ray) alapján. Ebben leírta az addig ismert ásványokat, növényeket és állatokat, számos új fajt is ismertetve. A rendszertana a régi hagyományú “lények létrája” elképzelés jegyében született. A magasabb szervezettségű növények csoportosításához - talán Grew és Camerarius korábbi munkáit felhasználva - a Species plantarum (A növények fajai) című mesterművében (1753) a virágok reproduktív szerveinek struktúráját választotta alapkritériumul. A fontos munka kb. 6000 növényfaj gondos leírását tartalmazza az akkor ismert világ minden részéről. Ebben tette általánossá a korábban csak szórványos kettős nevezéktant a botanikai taxonómiában, majd **1758**-től a zoológiái rendszerezésben is.

A kettős nevezéktan az arisztotelészi formális logika és ama feltevés alapján fejlődött ki, hogy a dolgok a **lényegnek** (esszencializmus), illetve az **alaptervnek** (tipologizmus) megnyilvánulásai. A természet tehát hierarchikusan elrendezett és a teremtés által meghatározott (fixizmus). <<<(((lehet ennek köze a vezeték és keresztnévhez?[[12]](#footnote-12) -FÁ)))>>> Az állatok csoportosításában - Ray munkáját követve - a fogak és az ujjak szerkezetére alapította a rendszerét az emlősök esetén, a csőr alakjára a madarak esetében. Kimutatta, hogy a kettős névvel ellátott állatok és növények nomenklatúrája alapos és átfogó leírásokkal felhasználható az élő szervezetek csoportosítására. (Ezzel megalapozta a taxonómiái mint új tudományágat.)

1737-ben Linné azt tartotta, hogy a fajok száma állandó.

A XVIII. század elején még statikus világképet azonban többen is megpróbálták megmozdítani, már az előző században is, főleg azok a természetbúvárok, akik az egyedfejlődési tanulmányozták, illetve akik összehasonlító anatómiai vizsgálatokat végeztek. A természetet egységes egészként valló felfogás kimunkálásáért folytatott erőfeszítés során lassan-lassan kezdett teret hódítani az átalakulás gondolata is; a bibliai teremtéstörténet és a fajok állandóságának dogmája inogni kezdett.

1745-ben Pierre-Louis Moreau de Maupertuis (1698-1759) francia természettudós kidolgozta az élővilág evolúciójának egy korai koncepcióját. Elméleti alapon mintha előre megjósolta volna a változatok és a szelekció fontosságát.

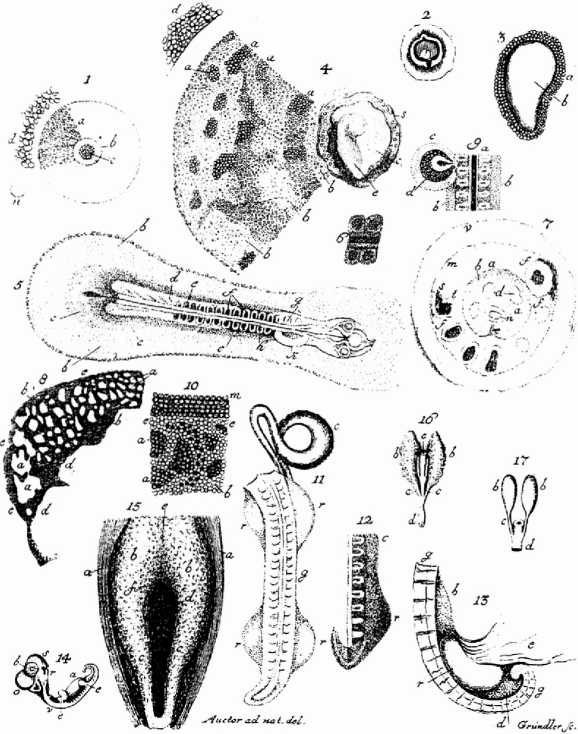
1760-ban Linné már lehetségesnek tartotta, hogy hibrid nemzetségekből új fajok keletkezhetnek.

Az 1760-as években Charles Bonnet (1720-1793) svájci természettudós a leghatározottabban fogalmazta meg (ismét) a már az ókor óta ismert “lények létrája” elképzelést. Az atomoktól az arkangyalokig feszítette a létezők láncolatát. A legalacsonyabb és a legmagasabb rendű létező között végtelen sok és meghatározatlan fokú átmenet lehetséges. Csak a Teremtő van a láncon kívül, aki az egészet alkotta. Az ásványok és a növények között az azbeszt, a növény és az állat között a hidra, a halak és a hüllők között az angolna, a halak és a madarak között a repülőhal, a madarak és az emlősök között a denevér, a majmok és az ember között a hottentotta az átmeneti alak. A létrafokokból álló lánc jellemzője az állandóság és a Teremtő akarata szerinti fokozatos tökéletesség. De egyik láncszem nem alakulhat át egy másikká.

1778-ban (halála évében) Linné kihagyta művéből a fajok állandóságának (“nulláé species novae”) elvét.

Az élet keletkezése vonatkozásában két nézet volt elterjedt: az egyik szerint Isten teremtette a növényeket és az állatokat, a(z ókorból származó) másik szerint viszont az élőlények ősnemződéssel (generatio spontanea) jönnek létre bizonyos körülmények között nem élő anyagokból. A XVIII. században kezdett összeomlani az ősnemződés régi elképzelése, de csak a XIX. század közepe után sikerült Louis Pasteurnek végérvényesen elvetnie (az 1860- as években).

A XVII. és a XVIII. században az egyedfejlődésről alkotott elképzeléseket a preformizmus uralta: a kifejlett lény szervei már miniatűr formában eleve benne vannak vagy a petesejtben, vagy a hímivarsejtben. A XVIII. században azonban itt is megindult valamiféle mozgás, valami dinamika keresése: a preformista nézetek mellett erősödött a kritika, és kezdett kialakulni az epigenetikai iskola. Ez az iskola úgy vélte, hogy a tojás vagy pete kezdetben nem differenciált, nincs benne preformáltan az eljövendő nemzedékek sora, hanem az egyedfejlődés egymás utáni kifejlési lépések sorozataként valósul meg. A nézetet legjobban Caspar Friedrich Wolff képviselte 1759-ben írt értekezésében.



A csirkeembrió fejlődése a tojásban C. F. Wolff Theoria generationis c. könyvéből.

A XVIII. század vége felé és a XIX. század elején sokfelé szerveztek a gyarmatosítást segítő felfedező expedíciókat, <<<(((szabad nép félóra, hogy kerül ide? -FÁ)))>>> rendszerint egyik vagy másik kormány felügyelete alatt. Pl. az angol kormány finanszírozta a leghíresebb XVIII. és XIX. századi expedíciókat, az “Endeavour”-t, az “Investigator”-t, a “Beagle”-t és a “Challenger”-t. Az “Endeavour”-t James Cook kapitány vezette a dél-tengeri szigetekre, Új-Zélandba, Új-Guineába és Ausztráliába 1768-ban. Ezek jelentősen növelték a növényi és az állati életformákról szerzett ismereteket, mert az expedíciók már tudományos kutatókkal is kiegészültek. Az 1768-as ausztráliai expedíción Joseph Banks fiatal természetbúvár óriási növény- és jegyzetgyűjteményt állított össze. Ugyanerre a területre vezették az “Investigator” nevű expedíciót is 1801-ben, amelyben közreműködött a botanikus Robert Brown; a munkája Ausztrália és Új-Zéland növényeiről klasszikussá vált. Különösen nagy jelentőségű volt annak leírása, hogy bizonyos növények hogyan alkalmazkodnak a különböző környezeti feltételekhez. A nagy utazók között kell megemlítem Alexander von Humboldt (1769-1859) porosz természettudós bárót, aki a XVIII. és a XIX. század fordulóján bejárta Közép- és Dél-Amerika trópusi területeit, tanulmányozta a róla elnevezett nagy tengeráramlást, majd beutazta Közép-Ázsiát is. Munkái hozzájárultak az éghajlattan, a glaciológia, az oceanográfia, a vulkanológia, a néprajz és az antropológia fejlődéséhez, és az 1805- ben kiadott Geographie des plantes (Növényföldrajz) című művével megalapozta az életföldrajzot, leírva a növényzet formációit. A 13 kötetes Voyages aux régions équinoxiales (Utazások a napéjegyenlőség régióiban) és az öt kötetet megért Kosmos című kiadványa szintje ontják az új tudományos eszméket. Intenzívebbé váltak a geológiai kutatások is, amelyek kapcsán egyre több ősmaradvány került felszínre. A felfedező expedíciók ismeretanyaga és a feltárt ősmaradványok feldolgozása, értelmezése a XIX. században az evolúció elméleteinek kialakulásához vezetett. Az első evolúciós gondolatok francia földön születnek a felvilágosodás gondolatvilágában.

### 1. A rendszerezett sokféleség magyarázata: átalakulások vagy helyettesítések

Az evolúciós gondolat térhódításához az alapokat a rendszertan, az összehasonlító anatómiai kutatások és az ősmaradványok elemzése szolgáltatták. Már a XVI. századi anatómusok és zoológusok észrevették bizonyos hasonlóságokat az állatok anatómiájában; különösen fontos e tekintetben Edward Tysonnak a csimpánzot és az embert összehasonlító anatómiája. A XVII. század utolsó évtizedeiben kezdték a biológusok felismerni, hogy még az ember megértése szempontjából is fontos ismeretek nyerhetők az állatok összehasonlító tanulmányozásából. Addig az anatómusok csak az emberi szervezet jobb megértésére törekedtek. Mégis a homológia (hasonlóság az eredet, a közös származás alapján) és az analógia (hasonlóság a megjelenésben a hasonló funkciók alapján) struktúrákat illető iker koncepciói a XIX. században élt brit anatómus, Richard Owen teremtményei. Ezek a fogalmak megelőzik ugyan a darwini evolúciós szemléletet, ám azok az anatómiai adatok, amelyekre alapozódtak, a nagy német összehasonlító anatómus, Carl Gegenbaur munkájának eredményeképpen váltak az evolúciós változások fontos bizonyítékaivá az évszázad közepe után. Így történt ez annak ellenére, hogy maga Owen nem akarta elfogadni az életformák közös eredetből való szétágazó különbözővé válásának nézetét. Mindegyik tudományterületen további fejlődést három francia biológus kezdeményezett: Georges Louis Leclerc, Buffon grófja, aztán Jean Baptiste Lamarck és Georges Cuvier. Mindegyikük közreműködése jelentős a biológiában.

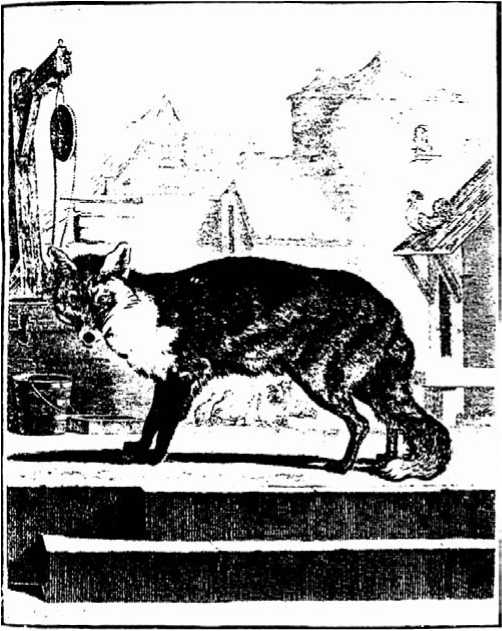
Az ókor óta a világ leírásának, megértésének és osztályozásának tudományát természetrajznak nevezték.

* Az ókorban a természetrajz az ásványokkal, a növényekkel és az állatokkal foglalkozott,
* Arisztotelész egészítette ki az emberrel és a lelki világgal.
* A természetrajz a XVIII. században vált aztán módszeressé Adanson francia botanikus fellépésével,
* rendszerezési tudománnyá pedig Linné munkásságával lett.
* A természetrajz rendszeres leíró jellegű tudománnyá akkor kezdett válni, amikor Georges Louis Leclerc, **Buffon** grófja (1707-1788) azzá tette.

Buffon a francia felvilágosodás legnépszerűbb és leghatásosabb természetfilozófusa volt. Matematikát, fizikát és botanikát tanult Londonban, magántudósként lefordította Franciaországban Newton és Hales műveit; fizikai vizsgálatoknak szentelte magát. 26 évesen akadémikus. 1739-ben kinevezték a Jardin du Roi (Királyi Füvészkert) igazgatójának, a királyi természeti kabinet vezetőjének. Utóbbi gyűjteményt megsokszorozta és leírta (ez lett később az alapállománya a Musée National d'Histoire naturelle-nek). Ettől kezdve a párizsi Musée National d'Histoire naturelle (a Nemzeti Természetrajzi Múzeum) fontos tudományos kutatóközponttá is vált, mert Buffon a múzeumot a természetnek szentelt tudományos műhellyé nyilvánította, és a professzori karra bízták a tudományos irányítását. Már az életében legendák övezték. Fiatalos, stílusos, öntudatos; írásai népszerűek és nagy hatásúak. Voltaire “második Arkhimédész”-nek, Diderot meg “Franciaország Pliniusának és Arisztotelészének” nevezte. Tanulmányozta a Párizs környéki földtani rétegeket.

1749-ben adtak ki La théorie de la Térré (A Föld elmélete) című munkáját. Ebben - Xenophón, Leonardo da Vinci vagy Apáczai Csere János után - kifejti a fossziliák valódi természetét: ezek az egykori tengeri élőlények maradványai. Rájön, hogy ezek a rétegek nem keletkezhettek az özönvíz 40 napja alatt! A Föld kora szerinte 74 832 év. A párizsi egyetem teológusai rögtön felismerték, hogy a Biblia tekintélye forog kockán.

1751-ben a Sorbonne 16 állításának visszavonására kényszerítette. Buffon engedett; megírta barátainak, hogy a vallás kell a népnek, és ha a Sorbonne a felismeréseinek kicsavarására kényszeríti, az elégtételt megadja (hiszen az emberek elég buták ahhoz, hogy ezzel meg is elégedjenek).

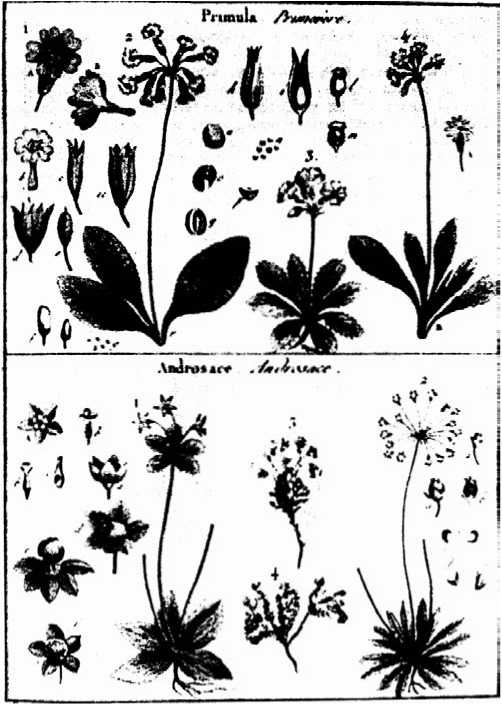


A róka ábrázolása BufFon Histoire naturelle... c. művében.

A “ természettörténet’-et bizonyos magasságba emelte; kereste az általános természeti törvényeket; általános és speciális természettörténetet különböztetett meg. 1749 és 1804 között publikálták L'histoire naturelle, générale el particuliére (Általános és részletes természetrajz) című 36 kötetes művét (amit több szerzővel - köztük Daubentonnal és Lacepéde-del - együtt írt). Ebben foglalkozott a Föld keletkezésével, a földtani korszakokkal, az emberek, az állatok - külön a madarak - és az ásványok természetrajzának leírásával. A varázslatosan szép kötetek egyesek szerint 50 ezer példányban keltek el. Ennek a hatalmas műnek - a hiányosságai ellenére is - az az érdeme, hogy általános törvényszerűségeket és átfogó hipotéziseket állít föl a természetre vonatkozóan. Ebben Buffon azt vetette Linné szemére, hogy a rendszerezés csakis gyakorlati célokat szolgál, hiszen nem lehet az élőlényeket a valóságban merev kategóriákba sorolni. Elsőként állította, hogy az állatok és a növények osztályozása által sejtetett rokonsági viszonyok valós természetűek lehetnek. Buffon vitt először az anatómiába funkcionális szemléletet: amellett, hogy leírta az egyes állatok alak- és bonctani adatait, feltüntette a viselkedésüket és a környezetükhöz való viszonyulásaikat is. A leírásaiban az egymáshoz közel álló fajok rokon vonásait kutatta. Ezzel - Linnével ellentétben, aki majdnem élete végéig a teremtéselmélet híve maradt - Buffon megvetette az állatvilág átalakulásáról (transzformációjáról) alkotott elképzelések alapjait. Az élőlények közötti eltéréseket földtörténeti okokkal magyarázta. Az 1778-ban kiadott Les époques de la natúré (A természet korszakai) írásműve a “preklasszikus geológia” mesterműve. E könyvében a Föld történetének korszakolására új földtörténeti kronológiát állított fel; a földtani ismereteket teljesen újszerűén, a fejlődés megsejtésével foglalta össze. Ebből kiderül, hogy szerinte a természet ugyanolyan idős, mint az anyag, a tér és az idő. Minden változik: az anyag és az alak új összetételben jelentkezik. A természet szabályos és folytonos mozgások lassú egymásutánjával halad előre. (Ez az uniformitarizmus elve.) A mai élővilág gazdagsága a földtörténeti folyamatok és a környezeti hatások eredménye. Hol állította, hol meg tagadta a fajok állandóságát.

A felvilágosodásnak és a tudományos fellendülésnek pezsgő időszakában élt és alkotott három tudós ember, akiknek munkássága szoros kapcsolatban volt egymással és az evolúció gondolatával is: Jean Baptiste Pierre Antoine de Monet de Lamarck (1744-1829), Georges Cuvier (1769-1832) és Étienne Geoffroy de Saint-Hilaire (1772-1844).

Lamarck picardiai elszegényedett falusi arisztokrata családból származott. A család papnak szánta, ezért több éven át az amiens-i jezsuita kollégiumba járt. Ennek befejezése után, 1761 júliusában a francia hadseregbe lépett és katonának készült. Részt vesz a hétéves háborúban. A vellinghauseni (Vesztfália) csatában példás bátorságról tett tanúbizonyságot, amiért tisztté léptették elő. A háború végétől, 1763-tól Toulonban és Monacóban szolgált. A monacói kaszárnyában unatkozott, növényeket gyűjtött, határozott meg, és egy herbárium létrehozásának segítségével sajátította el alapos ismereteit. 1768-ban nyaki bántalma miatt félig nyomorékként elhagyta Monacói és Párizsba ment; először egy bankházban dolgozott, majd 1770-től négy éven át orvoslást tanult, de vizsgát nem tett le. Később botanikusként igyekezett állást szerezni. Bejutott Buffon köreibe, megismerkedett Bemard és Antoine Lament de Jussieu botanikusokkal (Bemard J. volt a trianoni Királyi Botanikus Kert felügyelője), a filozófus Jean Jacques Rousseau-val. Ekkor fordult a figyelme a használható rendszerezési elvek és meghatározási módszerek felállításának problémája felé. Kidolgozta a régtől ismert dichotomikus meghatározás modern módszerét, és először az 1778- ban kiadott 3 kötetes Flore francoise-ban (Francia flóra) alkalmazta azt következetesen. Ez Lamarck első műve, csaknem tízévi gyűjtő- és megfigyelő munka eredménye. A munkát Buffon kezdeményezésére állami költségen nyomtatták ki, és Lamarck ennek nyomán gyorsan növényrendszertanos hírnevet szerzett.



Lamarck növénytani enciklopédiájának egyik oldala.

1779-ben Buffon támogatásával Lamarckot kinevezték a párizsi Académie des Sciences (Tudományos Akadémia) botanikai részének munkatársává. 1781-82-ben Buffon fiának házitanáraként beutazta Németországot, Ausztriát, Hollandiát, megfordult Magyarországon is. Mindenütt a füvészkertek növényeit tanulmányozta. 1782-től dolgozott a Dictionnaire botanique-on (Növénytani szótár; 1783-89), ami a Francia Enciklopédia egyik része lett. 1791-től kiadták egy átfogó botanikai táblázatát is. Közben 1786-ban Lamarckot kinevezték a párizsi Királyi Füvészkert őrévé (tudományos munkatársává; ami egy kiemelkedő botanikus számára elég szerény pozíció). Ekkor még azt vallja, hogy a fajok állandóak és egymástól elhatároltak.

1788-ban a skót geológus, James Hutton megjelentette The theory of earth (A Föld elmélete) című művét. Ebben már felmerült a végtelen idő gondolata. Ő lehűlt kéregbe zárt magmának tekintette a Földet, ami olykor kirobban a vulkánokon keresztül, a kirobbanó tűz aztán lehűl és kőzetté merevedik. (Ez a vulkanista nézet a katasztrófaelméletet is támadta és az aktualizmus elvét hirdette: ugyanolyan természeti erők működnek ma, mint régen is.)

Étienne Geoffroy de Saint-Hilaire (1772-1844) a zoológus Brisson és a mineralógus Haüy tanítványa volt, aki elsősorban kristálytannal foglalkozott.

1789-ben megkezdődött a francia polgári forradalom. A forradalom kitörését Lamarck lelkesen üdvözölte. 1790 és 1793 között emlékiratot írt, és javaslatot tett a Királyi Füvészkert és Növénygyűjtemény átszervezésére (ez lesz az alapja az új Természettudományi Múzeumnak, 1793-ban). 1793-ban megnyílt a Királyi Füvészkert helyén az új Musée National d'Histoire naturelle (Nemzeti Természetrajzi Múzeum) - később a természettudományi kutatások központja mintegy negyven éven át világviszonylatban is.

Cuvier Normandiában született vakbuzgó hugenotta családban. 1784 és 1788 között Stuttgartban járt a Hohe Karlsschuléba. 1786-tól 1795-ig d'Héricy gróf házitanítója volt a normandiai Fiquainville-ben (Caen mellett). Itt önállóan és nagy szorgalommal folytatta természetrajzi tanulmányait: átfogó ismereteket szerzett Normandia flórájáról és faunájáról. Különösen sokat foglalkozott a tengeri gerinctelenek anatómiai vizsgálatával.

1793-ban a Párizsban újonnan alapított Musée National d'Histoire naturelle-ben (Természetrajzi Múzeumban, aminek felállításában Lamarck is közreműködött) É. Geoffroy de St.-Hilaire átvette a gerincesek professzúráját (és Cuvier-t hívta az intézménybe; ugyanekkor Lamarck a gerinctelenek osztályának vezetését kapta), és Lacépede- et követte a botanikus kertben. Intenzíven és sikeresen dolgozott az összehasonlító anatómia, az embriológia és a paleontológia területén.

1794-ben megjelent Lamarcknak egy kétkötetes műve Vizsgálatok az alapvető fizikai folyamatok okairól címmel. Bár botanikus volt, mégis 1794-ben a “férgek, rovarok és mikroszkópos kicsinységű lények” osztályának lett a vezetője professzorként. Megkezdte új fajok leírását. Végtelen szorgalommal, célirányított akarással és a rendszertanosként szerzett gazdag tapasztalataival a 49 éves Lamarck olyan alaposan beledolgozta magát az új munkaterületébe, hogy az előadói tevékenysége már 1794-ben megkezdődhetett. Ekkor lépett először egy állatrendszerrel a nyilvánosság elé. Ebben a rendszerben az állatokat először osztotta gerinctelenekre és gerincesekre. A Linné-féle beosztás első négy osztályát (emlősök, madarak, hüllők /benne a kétéltűek/, halak) megtartotta, és az 1794-es évben a gerinctelenek rendszere öt osztályt foglalt magába, és ezt aztán 1807-ig tízre bővítette (puhatestűek, kacslábúak, gyűrűsférgek, rákok, pókok, rovarok, férgek, sugárállatok, polipok és ázalékállatok). Alapvető állatrendszertani műve a 7 kötetes Histoire naturelle des animaux sans vertébres (A gerinctelen állatok természetrajza; 1815-22), ami elsőrendű zoológussá avatta.

1794-ben jelent meg Erasmus Darwin (1731-1802) angol orvosnak (Charles Darwin nagyapjának) Zoonomia, or the laws of organic life (Zoonómia avagy a szerves élet törvényei) című műve, amiben arra a következtetésre jutott, hogy a faj közös ősökből származhat, és hogy az állatok között harc folyik a létezésért; tehát már felveti a szelekció gondolatát. (Franciaországban csak 1810-ben adják ki, és Lamarck valószínűleg nem olvasta.)

1795-ben Lamarck állandóan a múzeum épületében dolgozott. Foglalkozik kémiával is (de az Lavoisier munkáihoz képest “utolsó alkimistá”-nak mutatja). Ugyanezen év tavaszán Cuvier-t Étienne Geoffroy de Saint-Hilaire hívta Párizsba a mezőgazdasági specialista és katonaorvos Tessierabbé ajánlására. Ez évben Cuvier a College de Francé- ban az összehasonlító anatómia professzora lett; állattani előadásokat kezdett az École centrale-ban, majd az Académia des Sciences tagjává is megválasztották. 1796-ban Cuvier megállapította, hogy a mamut fosszilis, kihalt lény, és más fajhoz tartozik, mint az elefánt.

A XVIII-XIX. század fordulójáig Lamarck is - kortársainak többségéhez hasonlóan - meg volt győződve a fajok változatlanságáról; hitt a fajok változatlanságában. Közben rendszertani munkássága során 1797-ben Lamarck elkülönítette a sugaras felépítésű korallokat a többi gerinctelentől.

1797 és 1800 között Lamarck behatóan tanulmányozta az egykor élt fosszilis kagylókat és csigákat, valamint a ma is élő rokonaikat. A múzeumi megfigyeléseit kiegészíti a Párizsi-medencében végzett geológiai és őslénytani terepmunkával. A megkövesedett (fosszilis) és a ma is élő (recens) szervezetek speciális rendszerező kutatása által egyre szilárdabbá vált azonban az a nézete, hogy a fajok mégis csak valamiféle átalakuláson (“transzformáción") mentek át, vagyis hogy változékonyak.

1798-ban É. Geoffroy de St.-Hilaire részt vett a franciák egyiptomi expedíciójában, majd kiértékelte az általuk hozott nagy mennyiségű gyűjtött anyagot (akárcsak az 1810-ben Portugáliából hozott anyagokat is).

1798-ban Cuvier is a párizsi Musée National d'Histoire naturelle-be került, szintén Buffon tanítványaként. Még ebben az évben adta ki a Tableau élémentaire de l'histoire naturelle des animaux (Az állatok természetrajzának elemi táblázatai) című illusztrált zoológia-tankönyvét, már mint a párizsi Musée National d'Histoire Naturelle munkatársa. 1798 és 1805 között Cuvier megjelentette Legons d'anatomie comparée (Összehasonlító anatómiai leckék) című 5 kötetes művét. Ebben megalapozta a modem összehasonlító anatómiát. Az összehasonlító anatómia Cuvier számára fontos munkamódszer volt, amit ő alapvetően és döntően elő is mozdított új kutatási módszerek bevezetésével, és ennek nyomán modern tudományos diszciplínává alakított. Az összehasonlító anatómiát összekapcsolta a zoológiával; ezáltal új alapokat hozott létre az állatrendszertan számára, és megalapozta az ősállattant. Az 5 kötetes nagy munkájában fektette le a korreláció elvét (amely a felfogásában részben teleologikus jellegű): a szervezet egyes részei kölcsönösen hatnak egymás működéseire, azok tehát korreláltak egymással, így aztán a szervezetben egyik rész sem változhat meg anélkül, hogy a többi résznek és a szervezet egészének a változását ne vonná maga után. Ennek értelmében az állati szervezet zárt rendszerében az egyes szervek kölcsönösen meghatározzák egymás működését, kifejlődését. Ebből következik a rekonstrukció gyakorlata: egy-egy megkövesedett maradványból vissza lehet következtetni a szervezet egészére. (E rekonstrukcióknak köszönheti az őslénytan az első lendületét.) A korreláció elve alapján lehetségesnek tartotta azt, hogy a kihalt állatokat az ásatások során előkerülő maradványaik alapján rekonstruálni lehessen. Bizonyos részek azonban viszonylag kevéssé változnak a szervezetek között (invariánsak); ezek használhatók a legjobban az osztályozásra. A korrelációk elgondolásának hátterében az az előfeltevés állt, hogy bármely állat annyira alkalmazkodott a környezetéhez (vagy a létezésének feltételeihez), hogy ebben a környezetben (vagy viszonyrendszer közepette) sikeresen tud működni. <<<(((különben nem tudna élni -FÁ)))>>> Az összehasonlító anatómia módszerét alkalmazta Cuvier azon kihalt állatok fosszilis maradványainak vizsgálatára is, amiket a Párizs melletti Montmartre kőbányáiban talált; összehasonlította azok maradványait a ma is élő (recens) szervezetekéivel. így például 1796-ban a fosszilis mamutot ma már nem élő fajként ismerte fel (vagyis nem tartotta a ma élő elefántok ősének).



Egy Megatherium rekonstrukciója Cuvier szerint.

A XVIII. század végén és a XIX. század elején a megkövült és a mai állatvilág közti eltéréseket háromféle úton vélték magyarázni.

1. A korábban élt faj katasztrófa útján kihalt (ennek az elgondolásnak addigra már számos híve volt: Bonnet, Buffon, Maupertuis, Pallas, Camper vagy Cabanis, de még Holbach, Herder vagy Kant is a katasztrófaelmélet híve volt; részletes kifejtője azonban később Georges Cuvier lett).

2. A korábban élt faj transzformált alakban tovább él ma is - ezt támasztotta alá a Trigonia kagyló ausztráliai felfedezése, aminek megkövült rokonait Európában csak a krétaidőszaki földtani rétegekből ismerték. Ennek a nézetnek a híve volt Lamarck és még többen mások.

3. A fosszilisen megismert faj elvándorolt, és ma még ismeretlen élőhelyen tovább él.

1800. május 11 -én Lamarck az évadnyitó előadásában először állapította meg, hogy "a természet halad”. Amikor a szervezeteknek a fokozódó bonyolódással járó fejlődését hangsúlyozta, nem állította ugyanakkor, hogy egyetlen lineáris sor létezne az egyszerűtől az összetettig. Nincs szabályos távolság a “lépcsőfokok” között sem. 1800-ban pedig felismerte, hogy a pókok (Arachnida) alapvetően különböznek a rovaroktól (Insecta); ezért elválasztotta őket egymástól. A származástani (transzformációs) nézeteinek még szűkén vázolt első elképzelését Lamarck az 1801 - ben publikált Le systéme des animaux sans vertébres (A gerinctelen állatok rendszere) című művének előszavában (Discours préliminaire) írta le.

1802-ben Lamarck megjelentette Recherches sur l’organisation des corps vivants (Vizsgálatok az élő testek szerveződéséről) című művét. Ebben megalkotta a gerinctelenek új csoportját és létrehozta a rendszerüket. Egy lábjegyzetben megemlítette, hogy a földtani vizsgálatai győzték meg arról, hogy a fajok nem állandók. “A valóságban csak az egyedek léteznek” (tehát kétség merült fel benne a fajok tényleges mibenlétét illetően). Leszögezte: “Meg vagyok győződve arról, hogy az élet nagyon természetes jelenség, fizikai tény, és valójában nincs semmiféle különleges tulajdonsága”.

Az 1802-ben megjelentetett Hydrogeologia című munkájában már az évszázadok ezreire vagy millióira utalt. Szerinte durván 900 millió évvel ezelőtt volt egy olyan gyökeres változás, ami az óceánok rétegeit létrehozta. Cuvier szerint ugyanakkor a végtelen idő a mágikus vallásokban játszik szerepet, és Lamarcknál csak arra való, hogy megnyugtassa kételyeiben és feleletet adhasson vele az olvasók ellenvetéseire. Cuvier-nek kapóra jött Napóleon egyiptomi háborúja: a hadizsákmányból számos múmia került elő - íbiszek, macskák, krokodilok -, amelyek anatómiai felépítése pontosan egyezett a ma élőkével. Tehát Cuvier szerint a fajok mégiscsak állandók. Lamarck szerint azonban Egyiptomban a környezeti feltételek az utolsó évezredek során állandóak voltak, és ezzel magyarázható a fejlődés hiánya.

1802-ben Cuvier-t megválasztották a Francia Tudományos Akadémia matematikai-fizikai osztályának titkárává, ugyanakkor kinevezték a gerincesek összehasonlító anatómiába professzorának. (Napóleon támaszkodott az ítéleteire; a Bourbonok meg báróvá tették.)

1808 táján Lamarck szerint “a faj, tudjuk, nem más, mint a hasonló egyedek gyűjteménye”. Valójában tehát nem hitt sem a faj, sem a magasabb rendszertani egységek valóságos létezésében (tehát nominalista és antiesszencialista - szerinte a fajelnevezések csak nevek, szavak; tagadta, hogy az adott létezők valamilyen “lényeg” vagy “archetípus” megtestesítői lennének). 1809-ben pedig önálló csoportnak tartja az állatvilágon belül a gyűrűsférgeket (Annelida).

1809-ben Lamarck megjelentette fő művét, a Philosophie zoologique-ot (Állattani filozófiát), az élő szervezetek hosszabb időtartam alatt végbemenő transzformációs (evolúciós) fejlődésének részletes elméletét. Szerinte nagy űr van a “szervetlen” és a “szerves” (élő) között. A szerves világ kifejezésére ebben javasolja a “biológia” szót. E művében felvázolja a fajok transzformációját és mozgatórugóit. A fejlődésben az időt fontosabb tényezőnek véli, mint a “körülmények”-et (a külső környezetet). A természet “állandó és csodálatos haladása”: az egyszerűbb szervezetek kialakulásától a bonyolultabb felépítésűek felé vezet. A “körülmények’ (az élő és élettelen életfeltételek) kívülről és csak áttételesen módosítják az átalakulást, mindig lassan hatva. A külső körülmények serkenthetik vagy gátolhatják a fejlődést, ám a szervezet mindenképpen szenved a körülményeitől. A körülmények rendellenessé változtathatják, lerombolhatják a szervezeteket, de a környezet nem tör az élő elpusztítására. A halál oka lényegében az élőben van és nem rajta kívül. A környezet mindenképpen új kényszereket "szükség'-eket (“belső ellentmondásokat”) hoz létre (amit egyesek “tökéletességre törekvés”-nek magyaráztak), tehát nem megőrző (konzerváló) tényező, hanem eszköz az önmegőrzés konzervatív erőinek áttörésére; lerombolhatja a szervezetet, de ösztönözhet új alkalmazkodásra is új alkalmazkodási módok létre segítésével, új szervek kialakításával.

A körülmények ekkor is csak közvetett és módosító hatásúak, sohasem tudják megváltoztatni a szervezetek általános felépítését, hanem csak a részekre hatnak új igények támasztásával. Az új szervet tehát a funkció teremti az új igényeknek “iparkodván” megfelelni, a szükségletek kielégítése vezet a szervek módosulásához - nem pedig a környezet hatásai.

A viselkedés, az életmód módosítja idővel az állat struktúráját. Az alkalmazkodás tehát (bár ezt a fogalmat nem használja, az majd csak 1850-ben jelenik meg franciául) összetett, funkcionális folyamat, nem tudatos, és pláne nem akarat vagy vágy eredménye. Ha a körülmények nem változnak, akkor a fejlődés annyira lelassul, hogy rövidebb távon nem vehető észre.

Arra nem próbált magyarázatot adni, hogy miért alkalmazkodtak az élőlények olyan sokféleképpen az azonos életkörülményekhez.

Ha csak a körülmények határoznák meg a szervezet alakját és működését, akkor ugyanabban a környezetben (pl. a trópusi őserdőben) hasonló felépítésű szervezeteknek kellene élni; de ez nincs így. A környezeti hatással csak a különböző törzsekbe tartozó szervezetek alaki hasonlóságát (modern szóval: konvergenciáját) lehetne értelmezni. Az alkalmazkodás azonban mégsem döntő tényező, mert a körülményeknek nincsenek “szankcióik”, hiszen - Lamarck szerint - nem vezetnek kihaláshoz (csak transzformációhoz). Nincsenek tehát katasztrófák. (A véletlenszerű hirtelen fellépő változások lehetősége nem merült fel gondolatrendszerében.) Az egyszer megszerzett sajátosságok nyilván öröklődnek is. (Ezt így tartotta az ókortól kezdve szinte mindenki, kevés kivétellel, mint pl. I. Kant.) Megfogalmazott két transzformációs törvényt.

I. transzformációs (evolúciós) törvénv: minden olyan állatnál, amely a fejlődésének célját még nem haladta túl, egy szerv gyakoribb és állandó használata azt fokozatosan erősíti, fejleszti és megnagyobbítja, egyre nagyobb erőt kölcsönöz neki, ami ennek használati időtartamával arányos; míg egy szerv állandó nemhasználata azt fokozatosan egyre gyengébbé és egyre rosszabbá teszi, a képességeit egyre jobban csökkenti és végül hagyja eltűnni.

A II. transzformációs (evolúciós) törvény: a “szerzemények megőrződnek” a következő generációkban is, feltéve, hogy az öröklődő megváltozások mindkét nemű szülőnél közösek vagy megvannak annál, amely az utódokat létrehozza (ez a “szerzett tulajdonságok öröklődésének” elképzelése, amit azidőtájt szinte mindenki vallott). így például a zsiráfok nyaka az állandó nyújtózkodás miatt alakult ilyen hosszúvá, hogy elérjék a fák lombját; a gázlómadarak hosszú lába is az állandó nyújtás miatt lett ilyen hosszú; az úszómadarak lábujjai között az úszóhártya a lábujjak úszáskori szétterpesztése miatt alakult ki. Lamarck tehát felfedezte az alkalmazkodást (az adaptációt), és megpróbált magyarázatot adni ennek mechanizmusára. Az alkalmazkodás mechanizmusát finom materiális “fluidumok” hatásában látta, amelyek az állatban létrejövő kényszerektől (egyesek szerint “törekvésétől” vagy “akaratától") függően a test meghatározott helyeire koncentrálódnak, és amelyek a változásokat, módosulásokat előhívják. Ebből vezette le, hogy a hosszabb geológiai időtartam alatt új változatok és végül megváltozott fajok keletkeznek. Ezért aztán kihalt fajok Lamarck szerint nincsenek, azok ugyanis átalakulnak más fajokká és úgy élnek tovább. Kivételt jelentenek a nagy állatok számára a Föld egyes száraz területei. Tehát szerinte a szervezet és a környezete közötti kölcsönhatás, valamint a fajok történeti fejlődése (pontosabban “transzfonnációja”) mechanisztikus jellegű (ami megfelelt a XVII. század óta kibontakozó mechanikai világképnek). Lamarck (1744-1829) a transzformációs módosulást és az alkalmazkodást azonosnak tekintette; szerinte a fejlődés a módosulások szakadatlan és hézag, ugrás nélküli lineáris összegződéséből következik (ami a mechanikus determinizmus oksági felfogásának megfelel). Deisztikus beállítódása szerint elfogadta az anyag és a természeti törvények (amiket ő “természetnek” nevezett) megteremtését egy “fenséges teremtő” által, aki azonban ezen teremtő aktus után többé nem avatkozik be a “természet” menetébe. Az első és legegyszerűbb szervezetek (az ázalékállatok és a férgek) ősnemződéssel keletkeztek (amit Lamarck még egyes ma élő szervezetek esetében is lehetségesnek tartott; ekkor még a számtalan próbálkozás és bizonyíték ellenére általánosan elfogadott volt az ókori ősnemződés tana). A természet magától fejlődik (transzformációk sorozatain át), és a törvényei szerint módosult organizmusokat lúv életre egymás után. A lelket a viselkedés mozgatórugójának tartotta. “Az emberi lény, hasonlóan más objektumokhoz, materiális entitás, és emberi lélek nem létezhet emberi testtől függetlenül.”

Tévedései ellenére a Philosophie zoologique-barr egy gondolkodó először dolgozta ki zárt elmélet formájában az élővilág fejlődésének gondolatát; az elmélet korának mechanikus materialista, természettörténeti alapján a fajok változékonyságát egy transzformációs folyamat részeként fogta fel, az első élő szervezeteket is anyagiakból létrejöttéknek tartotta, és mindenféle, a természeten kívüli teleológiai elvet elutasított. A néhány ponton rossz útra tért konstrukciók a mechanikus materializmus gyengeségeiből, az öröklődési folyamat akkor még nemismeréséből adódtak.

Lamarckot mind a botanika, mind a zoológia területén kiváló rendszerezőnek ismerték el, de fejlődéstana nem kapott méltó elismerést. A gondolatait ugyan ismerték és vitatták is, de kortársainak többsége azokat elutasította. Elméletét egy tényezőre alapozta, a belső kényszerek elvére, ami nem bizonyult elégségesnek. A fogadtatásában azonban nem szabad Cuvier lebecsülését sem figyelmen kívül hagyni.

1812-ben Cuvier kiadatta Recherches sur les ossemens fossiles de quadrupédes (Vizsgálatok a négylábúak megkövesedett csontozatáról) című 4 kötetes munkáját. Ezzel a művével megalapozta a gerincesek őslénytanát (paleontológiáját): ő fejlesztette rendszerező tudománnyá a paleontológiát. Kimutatta, hogy minél fiatalabb földtani rétegből kerülnek elő a maradványok, általában annál bonyolultabb szervezetű állatoktól származnak. Ezzel a megállapításával - akarata ellenére - tulajdonképpen az evolúció tanának tudományos alapjait hozta létre. A munkában a Föld történetét négy korszakra osztotta a gerincesekfejlettségi foka szerint: a földtörténeti középkornak megfelel a halak és a hüllők kora, a harmadidőszak a kis-, majd a nagyemlősök kora, a negyedidőszak pedig az ember kora; a középkor előtt nem éltek gerincesek. (Ebben az értelemben Cuvier progresszionistának mondható, noha tagadta az evolúciói.)

1815-ben Lamarck már négy transzformációs (evolúciós) törvényt fogalmaz meg. I. törvény: a fejlődés során a méretek növekednek (a paleontológia Cope-törvénye). [A törvény érvényessége korlátozott, mert nemcsak az óriás tennet az előnyös.] II. törvény: az új szerv keletkezését az új szükségek idézik elő. in. törvény: a korábbi “használat- nemhasználat” törvénye. IV. törvény: a “szerzemények megőrződésének” törvénye. Az élőlények transzformált egymásutánja semmiféle kapcsolatban nem áll Bonnet elképzelésével; a “lények létrája” tehát nem létezik.

1815 és 1822 között **Lamarck** megjelentette L 'histoire natúrelle des animaux sans vertébres (A gerinctelen állatok természetrajza) című munkáját, amiben felállítja a gerinctelenek új rendszertanát. Szerinte az élővilág már a kezdet kezdetén V alakban kettéágazik, és nincsen “zoofiton” (azaz az állat és a növény között feltételezett átmenet). A nagyobb rendszertani egységek (mai értelmű osztályok, állattörzsek, Lamarck szóhasználatával a “tömegek”) között hézagok vannak. Ezért az átmenetnek vélt kacsacsőrű emlőst önálló csoportnak tartotta. Mivel a fejlődés a fokozódó bonyolódás irányába vezet, ezért a “tömegek” sorozatát a legegyszerűbbel kezdve rendezte el a legösszetettebbig (tehát rendszerét nem a “véglények”-kel fejezte be, hanem azokkal kezdte). Felismerte, hogy általában az idősebb kőzetekben egyszerűbb felépítésű fosszíliák találhatók, mint a fiatalabb korúakban. (A réteg- és időszakjelző fosszíliákról tett megjegyzéseit az angol geológusok elismerték.) Az állatvilágot 17 csoportra osztotta. Ezeket három nagy egységbe fogta össze az idegrendszerük fejlettségi foka szerint (ezért joggal nevezhető az összehasonlító pszichológia megalapozójának is). Legfejletlenebbek a bonyolult idegrendszer nélküliek, az “apatikusok”; a fejlettebb idegrendszernek már "szenzibilis" szervezetek - ide tartoznak szerinte a puhatestűek (Mollusca), a gyűrűsférgek (Annelida) és az ízeltlábúak (Arthropoda). A fejlett és bonyolultabb idegrendszerű állatok az “intelligensek”, a gerincesek. Az apatikus és a szenzibilis állatok lehetnek szelvényezetlen testűek (Inarticulata) vagy szelvényezettek (Articulata). Az egyes csoportok villás elágazással kapcsolódnak egymáshoz, így felismerte, hogy a madarak és az emlősök egyetlen közös csoportból, a hüllőktől származnak. A rendszere lényegileg megfelel egy törzsfának (vagy kladogramnak).

Deterville új természettudományi szótára számára 1817-ben írt dolgozatában Lamarck a fajt már valóságos, de változó rendszertani egységnek tekinti. “A fajok csak viszonylagos állandósággal rendelkeznek, ameddig egy és ugyanazon körülmények között léteznek.”

É. Geoffroy Saint-Hilaire vezette be az “analóg szemek’’’ fogalmát (a mai “homológ szerv” értelmében) és az “általános állattan” fogalmát. Kísérletes embriológiai vizsgálatokat végzett, és tudományként megalapozta a teratológiát (a torzfejlődések tanát). Feltűnést keltettek természetfilozófiai nézetei, amelyek részben spekulatívak voltak (mint az európai természetfilozófiai hagyomány egy jó része általában is). Ezeket részben Philosophie anatomique című 2 kötetes munkájában fejtette ki (1818-22).

Cuvier a párizsi medencében végzett őslénytani kutatásaival felismerte, hogy a különféle földtani időszakokhoz egészen sajátos fauna rendelhető hozzá, és ezek sokfélesége és specializáltsága az egyre följebb elhelyezkedő rétegekben növekszik. Míg Lamarck a valamikori élőlényeknek ezt a sokféleségét az állandóan zajló transzformációs folyamattal próbálta magyarázni, Cuvier a helyesen megállapított tények ellenére mégis másféle következtetésre jutott. 1817-ben az őslénytani műve 2. kiadásának bevezetésében közölte a katasztrófaelméletét. A lamarcki fokozatos fejlődés cáfolására elevenítette fel ezt a régebbi tant. A természet időszaki nagy kataklizmáival magyarázta az ősi fajok eltűnését, az új fajok felléptét - amikre az őslénytan bizonyítékokat látszott szolgáltatni. A véletlenszerű természeti katasztrófa elpusztította vagy elkergette onnan az állatvilágot. Ezért a most kiásott őslények maradványai nem a ma élő fajok elődeitől származnak, hanem a pórul járt fajok. Minden egyes katasztrófa után más területekről az állatok újra és újra benépesítették a vizsgált régiót (nála sem volt szó tehát állandó újrateremtésről). Ez elvben jelentette a fajállandóság felfogásának szilárd megtartását és a folytonos fejlődés tagadását. Cuvier is kiállt azonban a tengeri állatok bizonyos átváltozásai mellett.

A korreláción alapuló és az invariáns jegyeket figyelembe vevő összehasonlító anatómiai kutatásai általánosításaként Cuvier az állatokat 4 fő csoportba (“enbranchements”) osztotta be. 1817-ben megjelentette Le régne animal distribué d’aprés son organisation (Az állatok világa a szerveződés alapján beosztva) című munkáját. Ebben az állatvilágot négy alaptípusba sorolta: a sugaras szimmetriájú állatok a Radiata. a szelvényezettek az Articulata: önálló típusok a Mollusca (puhatestűek) és a Vertebrata (gerincesek). A gerinces állatok négy osztálya nála az emlősök, a madarak, a hüllők és a halak. Az osztályozás alapjául ő is az idegrendszer fejlettségét tette meg. Szerinte minden egyes fő csoport számára típusos egy bizonyos szervezetfelépítési terv, ami a felfogása szerint egy fő csoport minden egyes képviselőjénél többé-kevésbé módosultan, de alapvetően mégis ugyanúgy fordul elő. A négy típus nem mutat hasonlóságot és átmenetet sem. Ezeket az alaptípusokat a katasztrófák nem módosítják. (Ezzel ez elgondolással ismét a fajok állandóságának tanához adott fogódzót.) Egy fő csoporton belül azonban bizonyos módosulásokat elismert. Ez az ún. típustan, ami szerint minden fő csoportra jellegzetes alapvető szerveződési típus létezik.

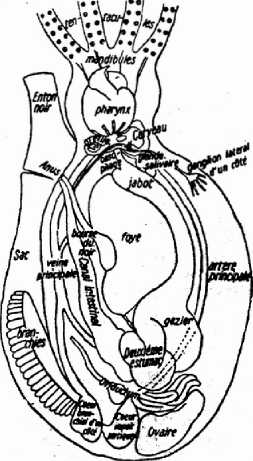
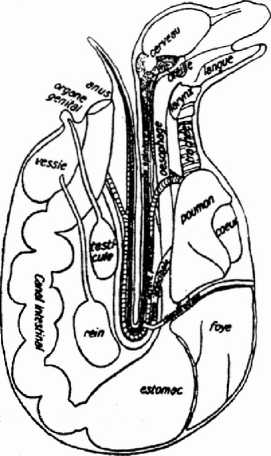
1818. július vége felé Lamarck megvakult. Munkáit lányának, Rosalindának diktálta tovább. 1820-ban diktált egy művet az emberről. Ebben hangsúlyozta a természet vakságát és céltalanságát, de nem említette benne sehol a szabadságot.

###### <<<(((mert a céltételezés képessége a természetben (világmindenségben) az emberhez kötött. Előtte a visszacsatolási hurkok megjelentek az élőlényekben, majd az idegrendszerrel a specializált logikai apparátus (?), de az emberi értelemben vett célzatosság (különösen a tudatos célzatosság) a természetben az ember sajátja. A céltételezés képessége pedig a szabadság nélkül nem képzelhető el. -FÁ)))>>>

1829 karácsony táján hal meg Lamarck. A szegények temetőjében ideiglenesen hántolják el (nem tudni, hol nyugszik).

É. Geoffroy de Saint-Hilaire harcolt Cuvier típustana ellen, és megpróbálta - a szükséges összehasonlító anatómiai alapozás nélkül - bizonyítani, hogy minden állatnak egyetlen egységes felépítési terve (“unité de composition”) van. A természet szerinte állítólag arra törekszik, hogy ugyanazokat a szerveket számban és elrendeződésben minden állatban ismételje, de az alakjukat messzemenően változtathatja. Így véleménye szerint a rovarok hátukra fordított gerinceseknek tekinthetők: a rovarok hasdúclánca megfelelne a gerincesek háti gerincvelőjének, a gerincesekben a test belsejében levő csigolyák a rovaroknál kiterjedtek és azok testét szelvényekként körülfogják. (Hasonló nézeteket fejtett ki Johann Wolfgang Goethe (1749-1832) is a növények szervei és a levelek, valamint a gerincesek csigolyái és a koponyacsontok összefüggésében. Nem véletlen, hogy Goethe nagy izgalommal figyelte a későbbi komoly akadémiai vitát Geoffroy de Saint-Hilaire és Cuvier között.) Cuvier-vel szemben Geoffroy de Saint-Hilaire szerint a fajok változékonyak; a szervezetek sokféleségének magyarázatában Lamarck fejlődéstanából kölcsönzött, de nem a belső kényszerekre (vagy a “törekvésekre”) meg a használatra és a nemhasználatra vezette vissza azt, hanem a környezeti feltételeknek a szervezetekre gyakorolt közvetlen hatására (ezért a geoffroyizmusban a szervezetek csak passzív elszenvedői a környezeti változások hatásának). Így például a levegő oxigéntartalmának növekedése és a széndioxid-tartalmának csökkenése a madaraknak a hüllőkből történt kialakulását indukálta.

Cuvier és Geoffroy de Saint-Hilaire kezdetben barátok voltak; 1795-ben együtt adtak ki egy alapvető művet az emlősök osztályozásáról. Tudományos együttműködésükben az idő múlásával ellentétes nézőpontjaik kerültek elő és váltak meghatározóvá. Geoffroy de Saint-Hilaire többször is megtámadta Cuvier típustanát és a helyébe az “egységes szerveződési terv” tanát állította. Ezzel kivívta Cuvier éles ellentmondását. Az összeütközés forrpontja a párizsi akadémiai vita volt 1830-ban. Ehhez az alkalmat az adta. hogy 1830. február 15-én Geoffroy de Saint- Hilaire vezette be két fiatal zoológus, Meyianx és Laurencet nézeteit, és ennek kapcsán védelmezte az egységes szerkezeti felépítési típus elképzelését. Mindkét zoológus elismerte volna, hogy a lábasfejűek mint gerinctelenek megfelelnek a gerinces típusnak, ha egy emlőst a hátára fektetve képzelünk el úgy, hogy - mint a lábasfejűekben - a száj- és a végbélnyílás egymás közelében helyezkedik el. Február 22-től Cuvier egyértelműen elhatárolódott ettől a spekulációtól és az “unité de composition” elvétől is; az október végéig tartó vitában végül is Cuvier lett a győztes. A vitában főleg az összehasonlító anatómia és morfológia volt a fő téma, nem a fejlődési elmélet, de mégis leszármazás-elméleti kérdéseket vitattak, aminek során Cuvier az álláspontját élesen egyértelművé tette. Mindenesetre az akadémiai vitában a fejlődés gondolata vereséget szenvedett; de a következő három évtizedben ettől még nem tűnt el, ugyanis hamarosan többen is újra felvetették (Lyell, Unger, Chambers, Johnston, Schaffhausen). A vita évében G. Saint-Hilaire még kiadta a Principes de philosophie zoologique-ot (Az állattam filozófia alapelvei; 1830).

Cuvier rajza a vitához: egy lábasfejű és egy kacsa szerveződésének összehasonlítása.

1830 és 1833 között jelent meg Charles Lyell Principles of geology (A geológia alapelvei) című munkája. A katasztrófaelmélet helyébe a folyamatos lassú fejlődés elvét helyezte.

Pontos empirikus kutatóként Cuvier ellenzett minden hipotetikus nézetet, elhamarkodott következtetést; ezzel magyarázható, hogy Lamarck transzformációs tanát is ellenezte. Cuvier a “korrelációk elméleté”-nek nevezett szemléletét kissé dogmatikusan követte, és ezért ellentétes állásponton volt, mint a romantikus természetbölcselők, mint pl. Johann Wolfgang Goethe, aki úgy vélte, hogy az állati formákban meg lehet látni a tökéletesedés felé tartó utat. Az adaptációt tehát a Cuvier-féle és a természetfilozófiai (Goethe-féle) nézet másképpen tekintette: Cuvier szerint az alkalmazkodás a szükséges szervezeti funkciók következménye, míg Goethe szerint a természet tökéletesedésének kifejeződése. <<<(((különbözik a „merítés”, mert az alkalmazkodás alanya maximum a faj, míg a természet tökélesedésének a természet, de legalábbis az élővilág -FÁ)))>>> E két gondolkodási áramlat szembenállása vezérmotívum lett a biológia egész történetén át, a XX. századig tartó utórezgésekkel.

Cuvier összehasonlító anatómiai és paleontológiai munkái olyan nagy mennyiségű anyagot szolgáltattak, hogy az evolúciós elmélet empirikus megalapozásához az alapot jelentősen kiszélesítették. Mégis, 1832-ben, a halála előtt Cuvier kijelentette, hogy a “fosszilis ember nem létezik” (tehát nem ismeri el az ember fejlődését; ez a nézete sokáig gátolta az emberré válás kutatását). Az általa is képviselt kataklizma-elmélet ugyan tudománytalan és ellentétes a valósággal, <<<(((nem értem, hogy miért -FÁ)))>>> de a korreláció elve, az összehasonlító anatómiai és a rendszertani kutatásai hatalmas lépésekkel vitték előre az állattant. A fajok állandóságáról vallott kreacionista és a természeti kataklizmák sorozatáról alkotott nézetei viszont még sokáig gátolták az evolúciós gondolat előtérbe kerülését. <<<(((lehet hogy így volt, de hogy miért, miként, az ebből a szövegből nem derül ki. -FÁ)))>>>

1832-ben Lamarckról az emlékbeszédet Cuvier tartotta volna meg, de hirtelen halála megakadályozta ebben. (Az emlékbeszéd teljes szövege nem maradt meg; kegyes kezek kihúzták belőle a legsértőbb részeket.) A megmaradt részek tanúsága szerint kiforgatta és meghamisította Lamarck eredeti szövegeit. Úgy tüntette fel Lamarck elméletét, mintha Lamarck azt állította volna, hogy a “fejlődés” hajtóereje valamiféle “vágy” vagy “tökéletesedésre törekvés” lenne (pedig a “szükség” és a “vágy” vagy “törekvés” között nagy a különbség!). Az egész lamarcki életműből a legsebezhetőbb pontokat emelte ki, és a példáit kifigurázta. Végkövetkeztetése szerint Lamarck hipotézisei annyira abszurdak, hogy lényegében fölösleges dolog cáfolni azokat. (Sokszor a mai tudománytörténeti irodalom egy jó része Cuvier vádjait visszhangozza.)

### 2. Az evolúció fő mozgatója: a természetes szelekció

A XVIII. század közepe óta Anglia a kibontakozó ipari forradalom következtében a világ gazdaságilag legfejlettebb és legerősebb országa volt. Az ipari forradalom társadalmi eredménye az ipari kapitalizmus kibontakozása, a szegények és a gazdagok egyre nagyobb elkülönülése. A liberalizmusnak az volt az alapálláspontja, hogy a vállalkozóknak az állami beavatkozástól mentes szabad versenye a fejlődés és főleg a profitbiztosítás legjobb formája - ez határozta meg az angol polgárság politikai gondolkodását. A Napóleon fölött aratott 1814/15-ös győzelem, a tőke elégséges kibontakozási lehetőségei Angliában és a gyarmatokon teret biztosított a humanista tendenciák számára is az angol polgárság számára. Katonai konfliktusok nem voltak, és a kapitalista gazdálkodás számára többé nem szükséges rabszolga-kereskedelem intézményét 1832-ben megszüntették. Az iparban zajló kapitalista fejlődéssel növekedett az érdeklődés a természettudományok iránt is, ami annak előmozdítását is magával hozta Angliában. Ez a társadalmi helyzet és a neki megfelelő uralkodó ideák alakították és befolyásolták Darwin gondolkodását is.

#### Charles Robert Darwin (1809-1882)

más korban, más anyagi-társadalmi körülmények között élt, mint Lamarck:

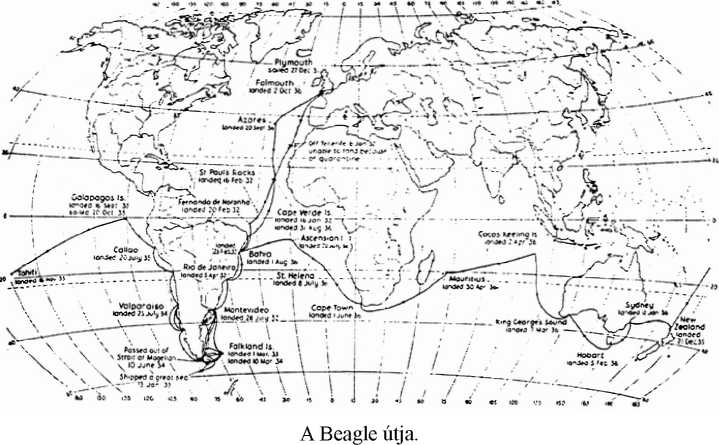
* Lamarck a hanyatló feudalizmus, a forradalmak és a restauráció zűrzavarában dolgozott,
* Darwin viszont a kapitalizmus fejlődő fokán álló Angliában - gyarmatosítás, jólét és rend közepette.

Darwin ősei vidéken élő földbirtokosok, tisztviselők, lelkészek, orvosok; apja is orvos, fizikus, Charles volt az ötödik gyermeke.

Charles Darwin abban az évben született, amikor Lamarck publikálta “Philosophie zoologique” című fő művét. Édesanyja halála (1817) után 1825-ig egy nyilvános intemátusi iskolába járt, amiben majdnem kizárólag klasszikus nyelveket, egy kevés történelmet és földrajzot tanult. Darwin lassan érő, szemlélődő gyermek volt. Szívesen foglalkozott természeti tárgyakkal, geometriával, Shakespeare történelmi darabjaival, valamint Byron és Scott költeményeivel; vonzotta a kémia, diákkorában a bátyjával együtt éjszakákon át kísérletezett; szívesen gyűjtött köveket, növényeket és rovarokat. 16 évesen apja az edinburghi egyetemre küldte orvostanhallgatónak. Nem bírta a vért és a műtéteknél az altatás hiányát. Inkább összebarátkozott a halászokkal, és kijárt velük a tengerre. Mikroszkóposan vizsgálta az állatokat; érdekelte az állattan, főleg a puhatestűek és a rovarok. Földtani előadásokat is hallgatott. Mivel nyilvánvaló lett, hogy orvosnak nem való, apja lelkésznek szánta. A második tanulmányi évben az egyik barátja megismertette Lamarck transzformációs tanával, ami azonban kezdetben alig észrevehető hatást gyakorolt csak rá, ugyanúgy, ahogy nagyapja, Erasmus Darwin (1731-1802) Zoonomia című munkája sem hagyott benne komolyabb nyomot. Kétévnyi kelletlenül abszolvált orvosi tanulmányok után apja azt javasolta neki, hogy papi hivatást válasszon. Ezért apja a cambridge-i egyetem Christ College-ába küldte teológiai tanulmányokra. Darwin nem lelkesedett az ötletért, mert sohasem volt vallásos, de az iskola a legszabadabb unitáriusokhoz[[13]](#footnote-13) tartozott; a vidéki lelkészség gondolata pedig összeegyeztethetőnek tűnt természetkutatói érdeklődésével. Azzal a szándékkal, hogy vidéki pap lesz, 1828-tól 1831-ig Cambridge-ben teológiát tanult. Letette a vizsgát, jóllehet itt is időpocsékolásról panaszkodott, és sokkal szívesebben foglalkozott természettudományokkal. Elolvasta a teológus William Paley (1743-1805) egyik könyvét a szervezetek célszerűségéről, mint annak bizonyítékáról, hogy egy teremtő hozta azokat létre; ez ébresztette föl érdeklődését az élőlények alkalmazkodása iránt. Darwinban nagy izgalmat váltott ki Alexander von Humboldt (1769-1859) dél-amerikai utazásának leírása és John Herschel (1792-1871) bevezetése a természetfilozófiába.

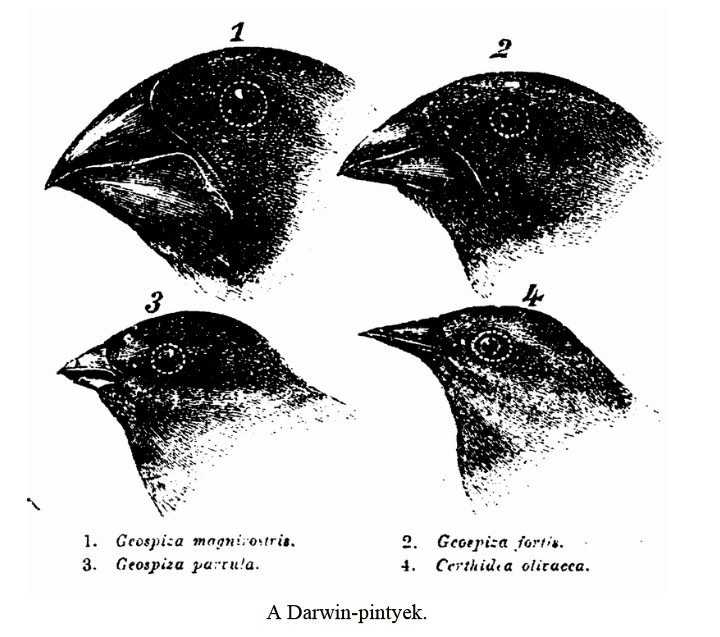
Gondolkodásának fejlődésére nézve nagyon jelentős volt baráti viszonya Stephen Henslow-val (1796-1861), cambridge-i pappal és botanikaprofesszorral. Henslow Darwinnak geológiai tanulmányokat ajánlott és ki is eszközölte találkozását a geológus Adam Sedgwick-kel (1785-1873), akit Darwin 1831-ben elkísért egy geológiai expedícióra Észak-Walesbe. Henslow és Sedgwick felfigyeltek Darwinra, baráti körükbe fogadták, bátorították, megtanították a terepi munka fortélyaira, a földtani megfigyelés, mérés és térképezés alapjaira.

1831 őszén Őfelsége “Beagle” (Vizsla) nevű háromárbocosa arra készült, hogy körülhajózza a Földet. A hajó természetbúvára a hajóorvos, de a vallásos Fitz-Roy kapitány maga mellé keresett valakit, hogy elüsse vele az utazás unalmát. Barátja lemondta az utat, ezért megkérte Henslow-t, hogy ajánljon neki alkalmas társat. Henslow a liberális eszméket valló Darwint ajánlotta, és megajándékozta Charles Lyell Principles of geology (A földtan alapelvei) című művének első kötetével. Darwin saját megítélése szerint ez az utazás volt élete “legjelentősebb élménye’-.



A “Beagle” 1831. december 27-én indult el, átszelte az Atlanti-óceánt, 1832-ben voltak a Zöldfoki-szigeteken, Bahián. Dél-Amerika partjai mentén hajózott lefelé, felfedeztek fosszilis nagyemlősöket. Majd 1833-ban a Magellán- szoroson át a csendes-óceáni parton haladt felfelé Chile partjai mentén. Felfedeztek egy új struccfajt, geológiai és ökológiai vizsgálatokat is végeztek. 1834-ben volt többek között az Andok-expedíció, a Lemuy-Chonos szigetcsoport meglátogatása. 1835-ben átkeltek az Andokon, tettek egy kitérőt a Galapágosz-szigetekre, aztán a kelet-ázsiai szigetvilágon (Tahiti, Új-Zéland) át 1836-ban Ausztráliába jutottak. Onnan a Mauritius-szigeteken és a Jóreménység- fokán át értek haza Angliába 1836. október 2-án.

Darwin a fajok állandóságának hitével szállt fel a hajóra, hiszen a Teremtő létrehozta szervetlen és szerves világ tökéletes harmóniában van egymással. Fokozatosan vesztette el a hitét; megfigyelései egyre inkább szembe fordították a Biblia tanaival. Darwin 1845-ben kiadta az utazás leírását (ami kiemelkedő tudománytörténeti dokumentum és különböző nyelvekre is lefordították). Az Egy természettudós utazása a Föld körül című könyve nem is annak ecsetelése miatt értékes, amit a fiatal tehetséges természetbúvár felfedezett, hanem mindenekelőtt amiatt, ahogyan a természeti jelenségek sokféleségében az összefüggéseket felismerte és szintetikus végkövetkeztetéseit levonta. Darwin igazi társa ebben Charles Lyell könyvének 1830-ban kiadott első kötete volt, amit az utazás során alaposan tanulmányozott és gyakran fel is használt.



Charles Lyell (1797-1875) apja skóciai, műkedvelő botanikus volt, és a fiát jogásznak szánta. Lyell már gyermekkorában is gyűjtötte a kövületeket. Oxfordban megszerezte az ügyvédi diplomát, de pályát változtatott és földtant tanult. Sokat utazott: járt Franciaországban, Spanyolországban, Svájcban, Olaszországban, majd végigutazta Észak-Amerikát. 1823-ban az Angol Geológiai Társaság titkára lett. 1830-ban jelentette meg a Principles 1. kötetét, ami sikerkönyv és határkő a földtan történetében. Lyell a földtan professzora lett, 1835-ben pedig a Földtani Társaság elnöke. Kitűnő szervező, bölcs és jóságos ember.

Lyell fő művében, a Principles of geology-ban ragyogó szintézisben foglalta össze az előző geológusnemzedék megbízható kutatási eredményeit, és számos új megfigyeléssel egészítette ki azt. Felhasználta Buffon, Hutton és Lamarck felismerését, az aktualizmust, ami azt állította, hogy a mai földkérget a ma is rá ható tényezőknek az idő lefutása során összegződő hatása eredményének kell tekinteni; ezért a valamikori, földet átalakító katasztrófák hipotézise fölösleges. Kifejlesztette a földtan tudományos módszereit.

Uniformitarista is volt: a ma is létező erők a múlttal azonos hatásfokúak, hiszen a természet törvényei változatlanok a térben és az időben. A Föld struktúrája a részletek végtelen változatossága ellenére is állandóan azonos marad: szárazföldek kiemelkednek, a tenger szintje alá süllyedhetnek, változik az éghajlat, de azért a Föld dinamikus egyensúlyi állapotban van, és a múltja nagyon hasonlít a jelenhez. Mivel a jelen működő erők pontosan megfigyelhetők, ebből kiindulva - analóg következtetéssel - rekonstruálhatók az egykori események. A változások lassúak és állandók. Az élő fajok is változnak, de az adott típuson belül maradnak, és nem alakulnak át egymássá. Elismerte, hogy van kihalás, de ilyenkor mindig új faj lép a régi helyére (helyettesítődés). Nem ismerte el a katasztrófákat (szétrombolta Cuvier nézetét).

1832-től 1835-ig Darwin Dél-Amerika partjai mentén kutatott, és közben útinaplót vezetett. A patagóniai kihalt óriás foghíjas és vendégízületes emlősök maradványainak gyűjtésekor felmerült benne a katasztrófák lehetősége. Patagónia földtanának pontosabb ismerete azonban meggyőzte arról, hogy a terület lassan és fokozatosan változott. Lyell könyvét végigolvasva sokat gondolkozott a kataklizmák és az aktualizmus modelljén; hazatérve Lyell álláspontjára helyezkedett. Naplójában feljegyezte a “típusok egymásra következésének törvényé"-t; kézenfekvőnek tűnt hogy a mai tobzoskák nagyméretű, de ugyanazon a területen élő típusai ősei lehettek a jelenleg élő kisebbeknek. Ettől kezdve lett igazi bibliája Lyell Principles című munkája. Felfogását Darwin alkalmas és szükséges alapnak vélte az őslénytani és életföldrajzi felfedezések tudományos megértése számára, mert ezen az alapon a föld- és az élettörténet folytonossága megragadható. (Első jelentős műve is Lyell földtanának hatására jön létre a korallzátonyokról.) Az útinaplóban 1383 oldal földtani jellegű, és csak 368 oldal tartalmaz állattani megfigyeléseket. Darwin kezdte kétségbe vonni a fajok változatlanságát (bár Lyell maga bírálta az evolúció gondolatát), nemcsak azért, mert elvetette a katasztrófaelméletet, hanem a biogeográfia és a fajok sokféleségének tényei alapján. A fajok eredetéhez írt bevezetésben Darwin azt fejtegette, hogy számára a probléma nem abban áll hogy vajon a fajok törzsfejlődésileg változnak-e, hanem hogy ez a folyamat hogyan történik:

“Ezért nagy jelentőségű, hogy eszközökbe nyerjünk világos bepillantást, amelyek által ilyen változások és alkalmazkodások jöttek létre. A megfigyeléseim kezdetén valószínűnek tűnt a számomra, hogy a háziállatok és a kultúrnövények gondos tanulmányozása e nehéz probléma megoldásához a legjobb kilátást ajánlja föl. Ebben nem is csalódtam.”

Itt alkalmazza Darwin az aktualizmus elvét analógiás következtetés formájában a tenyésztésről a fajok evolúciójára.

Áthajóztak a Magellán-szoroson, megkerülték a Tűzföldet és Chile partjai mentén haladtak fölfelé, majd kitértek a Galapágosz-szigetek felé. Darwin itt tanulmányozta a szigetek különlegesen gazdag állatvilágát, főleg a Darwin- pintyek életmódját és elterjedését. Feltűnt neki a pintyek hasonlósága a dél-amerikai rokonokhoz, de mégis minden szigeten más és más fajta alkalmazkodást látott. Azt is észrevette, hogy a pintyek eltérnek a teljesen hasonló éghajlatú Zöldfoki-szigetek madaraitól. A teknősfajok is nagy változatosságot mutattak, de minden faj az adott szigeten állandó. Akkor tehát nem a külső körülmények magukban, hanem a földrajzi elszigetelődés játszik szerepet abban, hogy az egyes szigeteken egymással szoros rokonságban élő fajok élnek, de mégis más az életmódjuk. Egyre fontosabbnak tűnt számára az élővilág térbeli elterjedése, az ebben mutatkozó törvényszerűségek és az egyes területek biogeográfiai izolációja is. Az új típusok létrejöttéhez tehát nem elég a változatosság, a változékonyság meg a külső körülmények különbözősége, hanem a szétkülönülés és az elszigetelődés is alapvető szerepet játszik a különféle alkalmazkodási módok és ezzel új fajok létrejöttében. (Erre Lamarck még nem figyelt fel.) Feltűnik neki a rendszerezés nehézsége, amikor új területről vagy idősebb földtani képződményből előkerült leletet akar meghatározni; felfigyelt az élő szerezetek közötti szoros - ökológiai - kapcsolatokra: fontossá vált számára az időben elhúzódó kihalás ténye. Felismerte tehát az élőlények öröklődő változékonyságát (evolúcióról még nem beszélt). Utazása vége felé felismert egy ellentmondást a geológiai és a biológiai ismeretei alapján: hogyan maradhat a faj változatlan, ha a változó környezetéhez alkalmazkodik?

1836. október 2-án a “Beagle” visszaérkezik Angliába. Darwin ekkor már a Bibliától teljesen függetlenül szemléli a Földet.

A világ körüli útról történt visszatérés után Darwin először Cambridge-ben élt, 1837-től 1842-ig Londonban, attól fogva aztán élete végéig a Kent grófságbeli Down faluban, ahová betegségére való tekintettel visszahúzódott. 1837-ben rendezte útiélményeit, előkészítette a korallzátonyokról szóló előadást. (A londoni Földtani Társulatban meg is tartotta az előadási tanulmánya is ugyanebben az évben jelent meg.)

1837 júliustól 1838-ig új naplók (B, C, D és E) írásába kezdett, amiknek témája a “transzmutáció” (a mi szókincsünkkel: a fajkeletkezés). De több naplót is vezetett: az A napló földtani feljegyzéseket tartalmaz; a D-vel egyidőben elkezdte az M naplót is, ami az emberrel, a lélekkel és a materializmussal foglalkozott (ez csak 1957- ben kerül elő), és folytatta az N naplóban (ami az E naplóval egyidős).

1838 áprilisában Darwin a “transzmutáció”-val foglalkozó C füzetbe bejegyezte: “Emlékezni az első asztronómusok üldöztetésére.” Papírra vetette az első feljegyzéseket a fajok problémájáról, a “modifikációval történő leszármazás”-ról (ekkor még így nevezte az evolúciót).

Az iratok rendezése és a gondolatok lejegyzése közben olvasott. Hatottak rá a filozófus-csillagász Herschel és Auguste Comte francia pozitivista filozófus tanai; az utóbbit kitűnőnek, “kapitális”-nak nevezte (főleg azért, mert a természettudományt függetlenítette a teológiai előítéletektől). Ekkorra Darwin tudja:

1. Az élővilág sokfélesége lenyűgöző, tehát sok különböző életstratégiai típus létezik.

2. A Föld története hosszú, és a megkövesedett maradványok egyaránt tanúskodnak a fejlődésről, az átalakulásról és a kihalásról is.

3. Egyetlen életstratégiai típuson belül is sok változat lehetséges, és felismerte, hogy a változatok között az életben maradás és a szaporodás szempontjából nemcsak kedvezőek, hanem hátrányos és semleges alakok is vannak.

* A változékonyságot határtalan, mindenütt érvényesülő, visszafordíthatatlan és irányítatlan öröklődő sajátosságnak gondolta;
* mindenesetre a változatok nem ugrásszerűen jönnek létre (az ezt generáló tényezőt azonban akkor még nem ismerték) –
* a változékonyság eredménye nem szükségképpen az alkalmazkodás, mert akkor nem lenne kihalás.
* A változat közvetlenül reagálhat a környezet kihívásaira, de az alkalmazkodásban fontos a szervek használata vagy használaton kívülisége is, ami szintén eredményezhet új változatot (vagyis nem tudta - nem is tudhatta - elkülöníteni a mutációt a modifikációtól).
* A változékonyság már csak a hatásfoka alapján sem lépheti át a fajkeletkezés kereteit, tehát nem tekinthető a fajképződést meghatározó tényezőnek.

Elolvasta Thomas Robert **Malthus** közgazdász (1766-1834) művét az Essays on the principle of population (Értekezés a népesség elveiről) címűt (1798), amiben Malthus azt állította a tőkés rendszerben levő alapvető okok alapján, hogy a népesség mértani, az élelemtermelés viszont csak számtani haladvány szerint nő, tehát szükségszerű, hogy a népesség egy részének egyre növekvő nyomorban kell élnie, majd elpusztulnia. Ebből vezette le Malthus a születéskorlátozás mértékletesség és harc árán érvényesülő létrejöttének szükségességét, amihez többek között a szegények támogatásának megvonása, járványok és háborúk járulhatnak hozzá.

A táplálékforrásokért állandó harc folyik, ami dinamikus egyensúly körüli mozgást jelent: a túlnépesedésnek megfelelően fokozódik a nyomorúság és a halandóság. Darwin felismerte, hogy ez a leírás a természetes élővilágra is érvényes:

4. Malthus tanait kiterjesztve az egész élővilágra, a korlátlan fokozódó növekedés képességét általánosította: minden élőlényféleség exponenciálisan lenne hajlandó szaporodni (az együtt élő népesség gyarapodása arányos a mindenkori létszámmal). Ennek ellenére a természetes népességekben minden állat és növény nagyjából azonos létszámban marad, mivel nincsen elég hely a felnövekvő új nemzedék számára. Tehát logikusan következik az, amit Malthus is megállapított:

5. az életben maradásért küzdelem folyik az egyedek között. (Malthus koncepcióját valószínűleg saját felfogása kiegészítő igazolásának tartotta, mint arról az önéletrajzában be is számolt. Az élő természetben a létért folytatott küzdelem elképzelésének gyökere inkább a liberalizmus társadalmi ideáiba nyúlik: **a polgárság érdeke a szabad, korlátozatlan konkurenciaharc; ez lenne a társadalmi haladás alapvető hajtóereje, a polgári humanizmus gyakorlati megvalósítása**. A létért folytatott “harc” metaforája nagyon sok zavart okozott, de a “természetes szelekció” mint az evolúció mechanizmusa túlélte ez elmélet tesztelési idejét .)

Mivel pedig az együtt élő népességekben az egyedek között örökletes különbségek vannak (3. felismerés), akkor az életben maradásért folyó küzdelemmel kombinálva az következik szükségszerűen, hogy

6. az egyes változatok túlélési és szaporodási valószínűsége nem azonos. A változatok között tehát a környezeti feltételek válogatnak - mégpedig a változat létrejötte után, a működésével kölcsönhatásba lépve. Ez az utólagos válogatás a természetes szelekció. (Az alkalmatlanok elpusztulása, a valamiféle szelekció gondolata nem volt új, hiszen már az ókor óta - Empedoklész, Anaxagorasz, Lucretius - sokan és újra fel-felvetették, pl. Diderot, Maupertuis.) Darwin viszont azt ismerte fel, hogy a változékonysággal együtt a rátermettebb, a környezeti viszonyoknak jobban megfelelő változatok fognak jobban szaporodni - tehát hogy a természetes kiválasztódás nemcsak megőrző és pusztító, hanem a variabilitással együtt teremtő, alakító erő. A természet tehát ugyanúgy szelektál, mint a növény- és állatnemesítők a háziasításkor teszik. (Ebbéli hitében csak megerősítette Lyell aktualizmusa: ha ma így csináljuk, a természet is képes rá!)

7. A változékonyság és a természetes szelekció együttesen hosszú távon az alkalmazkodáshoz, évezredek és évmilliók során pedig a fajok átalakulásához, fajképződéshez, ill. a fajok kihalásához vezet. Ez tehát a földi élővilág kibontakozásának (az “evolúció”-nak) a motorja. (Ide ért a gondolataival 1838 novemberében és decemberében.)

1839-ben Darwin geológiai vizsgálatokat folytatott, és kiadta útirajzát a hajónaplója alapján Egy természettudós utazásai címmel. (Ebből kihagy minden kényes részt.) Az apai vagyon és a saját tudományos munkáinak hozadéka lehetővé tették a számára, hogy fizetett állás és főiskolai oktatási tevékenység nélkül is egész életében mint magántudós dolgozhasson. Ugyanebben az évben feleségül vette unokanővérét, Emma Wedgwoodot, aki Darwin számára bölcs tanácsadó, derűs vigasztaló, jó anya és megértő jóságú ember volt; bár a tudományos munkáiban közvetlenül nem vett részt, nélkülözhetetlen támasza volt. A házasságukból tíz gyermek született, akik közül három még gyermekkorban meghalt. Darwin Francis nevű fia azzal szolgálta apját, hogy leveleit és önéletrajzát kiadta (először 1887-ben).

Darwin nyilvános tevékenységét kezdetben mindenekelőtt a geológiai kérdésekkel való foglalkozás határozta meg. 1838-tól 1841-ig a Geológiai Társaság titkára volt. 1840-ben tanulmányokat folytatott a fajok átalakulásának problémájáról. 1841-ben lezárta a korallzátonyok keletkezéséről és a madarakról szóló munkáit. 1842-ben jelent meg a korallzátonyokról írt műve (The structure and distribution of coral reefs) a süllyedési elmélettel, ami figyelemre méltó tekintélyt szerzett neki. (A benne leírtakat az 1940-es évektől kezdve igazolják.) Ezt követően kezdte koncentrálni tevékenységét az evolúció problémájára. Tapasztalatilag nem kielégítően bizonyított elméleti következtetést fogalmazott meg. Újra és újra elégedetlen volt az általa gyűjtött bizonyítékok átfogó képességével; ezért vett igénybe a szelekciós elméletének kidolgozása több mint húsz évet.

1842-ben Darwin megírta az első, 35 oldalas fogalmazványt a fajok keletkezéséről. (Egy lépcsőházi faliszekrénybe dugta.) A saját önéletrajzában említi, hogy ekkor még átsiklott a döntő pont fölött: az egy és ugyanazon törzsből származó szerves lényekben bennük rejlik az a hajlandóság, hogy jellegzetességeikben a további módosulások során el fognak térni egymástól (divergencia), és hogy a módosult utódokban megvan az a hajlam, hogy a természet háztartásában található sokféle és nagy fokban különböző fajtájú helyekhez alkalmazkodni tudnak. Éppen a következő időkben nyert eme ismeretek által szakított a darwini elmélet a XVIII. században elterjedt elképzeléssel, hogy a szelekció az élő természetben harmonizálódáshoz vezet, miközben minden eltérés hamarosan kiirtódik.

1843-tól magántudós a saját downi házában, ahol speciális zoológiái, geológiai, 1865-től már botanikai munkákkal foglalkozott.

1844 januárjában a botanikus Joseph D. Hookemek (1817-1911) írt levelében így fakadt ki:

“Végre felvillant a fény, és csaknem meggyőződtem (teljes ellentétben a korábban vallott nézetemmel), hogy a fajok (ez hasonlít egy gyilkosság bevallására) nem változatlanok ... . Az ég óvjon meg engem a lamarcki ‘fejlődési hajlam’ esztelenségétől, az ‘állatok lassan ható akarata következtébeni alkalmazkodástól’. De a végkövetkeztetések, amelyekre jutottam, az övéitől mégsem nagyon különbözők, jóllehet a módosulás eszközei egészen azok.”

1844-ben írta meg Essays című 230 oldalas művét a fajok képződéséről. (Gondolatmenete és kifejezései már hasonlítanak a majdani fő műre. Ezt sem küldi el kiadóhoz. Feleségének meghagyja, hogy esetleges halála esetén tegye közzé a kéziratot, kijelölte a kiadót, és gondoskodott a kiadás költségeiről is. Július 5-i végrendeletében kifejezi azt a reményét, hogy a fajok átalakulására és a fajképződésre vonatkozó elméletét idővel még egy illetékes szakember fogja megerősíteni.)

Ugyanebben az évben név nélkül megjelenik Robert Chambers (1802-1883) Vestiges of the natural historv of creation (A teremtés történetének nyomai) című munkája. (Chambers mással íratta át a kéziratát, elküldte egyik barátjának Manchesterbe, hogy az továbbítsa egy londoni kiadónak.) Ebben elvetette a fajok teremtésének gondolatát, de a fejlődést előre kitervezett és Istentől irányított folyamatnak tartotta. Foglalkozott a fajok földrajzi elterjedésének kérdésével. A feltevése szerint az élet a Földön több elkülönült ponton keletkezett. A magasabb rendszertani egységekbe tartozó csoportok elterjedését éghajlati tényezők szabják meg, a fajok keletkezését pedig kicsiny és érzékelhetetlen hatások idézik elő. A fejlődés üteme szárazföldenként eltérő, pl. Ausztráliában volt a leglassúbb. (A könyv nagy sikert arat, aztán igen heves támadások következnek.)

1844 és 1862 között Darwin a kacslábú rákokkal foglalkozott.

1856 májusában fogott hozzá a természetes kiválasztódásról szóló könyve megírásához (de nem fejezte be).

Alfréd Russell Wallace (1823-1913) angol utazó, felfedező természettudós, biológus, biogeográfus és evolúciókutató volt. 1837-től a londoni Hall of Science-ben többek között Richard Owen előadásait hallgatta. Botanikai magántanulmányok mellett William testvérével geodéziai munkákat végzett. 1844-45-ben tanár a leicesteri Collegiate Schoolban. 1845-ben bátyja halála után átvette annak földmérő hivatalát. 1847-ben megismerkedett Henry Bates-szel, akivel 1848-ban Dél-Amerikába utazott. Ott az Amazonas medencéjét tanulmányozta, mégpedig többek között azért, hogy Chambers fajváltozási evolúciós hipotézisét ellenőrizze. A visszafelé úton 1852-ben hajótörést szenvedett, és a gyűjteménye elveszett. 1853-ben mégis közzétette megfigyeléseit a szervezetek elterjedéséről: ezekből arra következtetett, hogy a fajok fejlődnek. Látta, hogy a magasabb rendszertani egységeknek (család, rend, osztály) nagyobb a földrajzi elterjedtsége, mint a családon belüli nemeké vagy a nemekbe tartozó fajoké. Ugyanazon a területen egymással szoros rokonságban levő fajok élnek, tehát a fajok rokonsága és elterjedése valamiféle összefüggésben vannak egymással. Ennek legegyszerűbb magyarázata lehet, hogy feltesszük: a fajok fejlődnek. Ő is olvasta Malthus munkáját, tehát a természetes szelekció gondolata könnyen kialakulhatott benne is. Mivel a csoportok időbeli elterjedése is meghatározott - ahogy Pictet négykötetes Bevezetés az őslénytanba c. munkájából megtudta -, ezért ugyanaz a faj két, egymástól elkülönített földtörténeti időszakban nem léphet fel -, tehát nincs kataklizma és nincs újrateremtés. <<<(((mert a kataklizmát összekötötték az újrateremtéssel? -FÁ)))>>>

1854-ben Wallace a maláj szigetvilágba hajózott. Az 1862-ig tartó itteni új felfedezései megváltoztatták a világszemléletét. 1856-ban lépett először Bali szigetére. Tudta, hogy a szigetvilág mindegyik tagján élnek makákók. Ezek a majmok az orientális régió állatvilágához tartoznak. Egy ritkábban látható majomfaj, az erdőben élő ún. Szunda-langur. Lomboktól keletre nem található meg. Wallace sejteni kezdte, hogy az állatok elterjedését földrajzi viszonyok határozzák meg. A madarak elterjedése csak megerősítette ezt az elképzelését. Bali szigetén többek között jégmadarakat, Lombok szigetén meg mézelő madarakat vizsgált. Minden Balin élő madárfaj ázsiai eredetű. Az óvilágban mindenfelé megtalálható pl. a jégmadár és a nagy fakopáncs. A fehérpettyes bajszika igen elterjedt Délkelet-Ázsiában, azonban Balitól keletre már nem lelhető fel. A balin meinó sehol másutt nem él a világon, csak Bali szigetén. A következő útja Lombokra, a Balitól mindössze 30 km-re keletre fekvő szigetre vezetett. Itt nem talált a Balin élőkhöz hasonló vagy velük rokon fajokat, az Ausztráliában élőkhöz hasonlóakat azonban igen. Ezek közé tartozik a mézelő madár, amely soha nem élt Ázsiában. A sisakos mézmadár és a tükrös hernyókapó szintén ausztráliai eredetű; Lomboktól nyugatra egyikük sem található meg. A sárgabóbitás kakadu is Ausztráliában őshonos; Lombokon él, de Balin nem. A megfigyelései alapján Wallace úgy vélte, hogy Lombok szigete egykor az Ausztráliához tartozó szigetvilág része volt, és nem volt köze Ázsiához. (Megfigyeléseire a természettudomány csak jóval Wallace halála után adott magyarázatot. Bálit és Lombokot ui. egy keskeny, de igen mély tengerszoros választja el. Amikor a Pangea[[14]](#footnote-14) részekre szakadt, először az ausztráliai kontinens és a szigetvilága szakadt el róla az erszényesek[[15]](#footnote-15) kialakulása idején. <<<(((években mérve 50-150 millió éve? -FÁ)))>>> A méhlepénves emlősök másutt való elterjedésének idejében a földkéreg lemezei ismét közeledtek egymáshoz. Délkelet-Ázsia csúcsa Bali, az ausztráliai lemez csúcsa pedig Lombok; a kettő között húzódik az ún. Wallace-vonal.) Indonéziai barangolását Borneó szigetén kezdte. Itt találkozott a csak itt és Szumátrán honos orangutánokkal. A borneói orangutánok a jégmadarakhoz hasonlóan az orientális régió faunájához tartoznak. Megfigyelte, hogy az orangutánok viselkedése emlékeztet az emberére. Azt is felfedezte, hogy mennyire hasonlít a fiatal orangután az emberhez. Rájött, hogy a borneói és a szumátrai gibbon alfajok különböznek egymástól. Mindezek alapján kezdte kétségbe vonni a teremtés elképzelését. A fosszilis és a ma élő állatok összehasonlítása alapján arra a következtetésre jutott, hogy a ma élő állatok az ősi megjelenési formájukból állandó átalakulások során alakultak ki. Eszébe ötlött, hogy hátha az ember is hasonló folyamaton ment át; hátha valamikor a távoli múltban volt valamilyen kapcsolat az emberszabású majmok és az ember között. Alig 30 km-rel odébb, Lombok szigetén a fákon a kuszkuszok foglalják el a főemlősök helyét. Ők a mézelő madarakhoz hasonlóan az ausztráliai- óceáni fauna tagjai. Borneóról Celebeszre hajózott. Ez a sziget az ausztráliai-óceáni régióhoz tartozik; itt találta meg az ausztráliai-óceáni fauna legészakibb képviselőit. A fosszíliák tanúsága szerint a kuszkuszok Új-Guineában alakulhattak ki; tehát az is Ausztráliával együtt szakadhatott le a Pangeáról. A Wallace-vonal rossz oldalára került egy másik főemlős is, a sulawesi koboldmaki, amely egy ősi félmajom; néhány őse a Wallace-vonal túlsó oldalán maradt, és azok fejlődése a főemlősök többi tagjával való versengés következtében másképpen ment végbe. A páviánokra emélkeztető celebeszi makákó csupán Celebeszen él elszigeteltem (Más makákók alakultak át páviánokká Afrikában mintegy 2 millió évvel ezelőtt.) Az egyik ősük kerülhetett valahogyan Celebeszre, és régen itt él, mert nagyon ősi jellegű. Wallace Celebeszen látta a babirussza sertést is. Felismerte, hogy a kanok agyarára a párzási viadalokban van szükség. Kiderítette, hogy Celebesznél keletebbre nem élnek szarvascsőrű madarak, jóllehet nyugat felé egészen Afrikáig honosak. Látható tehát, hogy nagyon sokat foglalkozott az állatok elterjedésével. 1857-ben Wallace Új-Guineától mintegy 200 km-nyire Aru szigetén megbetegedett: a malária ágyhoz kötötte, a lábai megdagadtak. Lábadozása során kezdte összefoglalni addig megfigyeléseinek eredményét.



A nagypajzsú szöcske mint az alkalmazkodás csodálatos példája Wallace The Malay Archipelago c. művéből.

Szerinte a vadállatok valamilyen módon különféle változatokat hoznak létre. Ha bizonyos változások a faj életterében mennek végbe, akkor a kevésbé alkalmazkodó változat korábban kipusztul, az alkalmazkodóbb pedig megmarad. (Látható, hogy ez az elképzelés nagyon hasonlít Charles Darwinnak a természetes kiválogatódás útján létrejövő evolúciós elgondolásához.)

1858. június 18-án Wallace, a mérnökből lett botanikus és biogeográfus, a Molukki-szigetekről elküldte kis munkáját - On the tendency of varieties to depart indefinitelv front the original type címmel - Darwinnak Londonba. Ebben megírta Darwinnak, hogy arra a feltevésre jutott, hogy az új fajok természetes kiválasztódással keletkeznek. A munka elolvastán Darwin megdöbbent: Wallace is az övéhez kísértetiesen hasonló gondolatokra jutott az evolúciós átalakulás lényegét illetően. (A. R. Wallace feltehetően 1842-ben olvasta Darwin útirajzát. 1845-ben Chambers könyvét. 1846-ban Lyell földtani alapművét.) Ezért Darwin úgy döntött, hogy a felfedezés dicsőségében osztozni fog: a saját. 1844-es munkája alapján írt rövid tanulmányával együtt hozza nyilvánosságra Wallace munkáját. 1858. július 1-jén Hooker és Lyell együtt mutatja be Darwin, illetve Wallace tanulmányát a Linné Társulat ülésén (Wallace Délkelet-Ázsiában volt. Darwin pedig egyik újszülött gyermekét veszítette el vörhenyben).

1858. július 20-án Darwin végre hozzáfogott fő művének megírásához. 1859. március 12-én befejezte fő művének utolsó fejezetét. November 24-én megjelent a könyv: On the origin of species by means of natural selection, or the presen>ation of favoured races in the struggle fór life (A fajok eredetéről a természetes kiválogatódás útján, vagy az előnyben levő fajok megőrződése a létért folytatott küzdelemben) címmel. Az első kiadás 1250 példánya a kiadás napján elkelt; 1860 januárjában már követte a második kiadás. Példátlan könyvsiker volt.)

A fajok eredete című munka két fő részből áll:

* az első a malthusi elveket alkalmazta általában az állat- és a növényvilágra, és megmutatta, hogy a létért folytatott küzdelem a fajok ismert variációival kombinálva evolúciót okozhat.
* A második rész alapos kritikai áttekintés az evolúció bizonyítékairól a biogeográfiából, a megkövesedett leletekből és a rendszertanokból. Az abban előadott természetes szelekciós elméletet feltevésekben és következtetésekben lehet összefoglalni.
* A előfeltételezések.
  + I. Egy fajban csak néhány egyed azonos minden mérhető változóban; az egyedek minden jellegükben változatokat mutatnak.
  + II. Minden szervezetnek hajlama van a túlszaporodásra a számukra hozzáférhető források (pl. táplálék, víz stb.) korlátozottsága ellenére: az élőlények mindig több utódot hoznak létre, mint amennyi szükséges a szülők helyettesítésére, illetve amennyi a szaporodáshoz végül is eljut.
  + III. Egy faj (pontosabban a lokális populációi) egyedeinek száma végtelenül nem növekedhet; hosszabb időintervallumon belül átlagosan nagyjából állandó. Magas tehát a halálozási ráta. Mindebből az alábbi következtetések vonhatók le:
    - 1. Az I. előfeltevés szükségszerűen vezet a “létért folytatott harc”-hoz (vagyis az egyedek közötti kompetícióhoz). Ez a létért folytatott küzdelem valószínűleg intenzívebb ugyanazon faj egyedei között, mivel a szükségleteik a leginkább hasonlóak. Egyes változatok a létért folytatott küzdelemben nagyobb valószínűséggel maradnak életben, mint mások, és eljutnak a szaporodáshoz (létezik tehát differenciális életben maradás az egyes egyedek között). Az utódaik nagyobb számban maradnak meg, mint másokéi (vagyis létezik differenciális szaporodási képesség is az egyedek között). Az egyes változatok tehát természetes módon kiválogatódnak, mivel a létért folytatott küzdelemben előnyösebb helyzetbe jutnak.
    - 2. A legjobban alkalmazkodott változatok maradnak életben és szaporodnak jobban.
    - 3. Azok a jellegváltozatok, amelyek a létért folytatott küzdelemben szerepet játszanak, öröklődők.
    - 4. Mivel a környezeti feltételek hosszú időintervallumon át változnak, a természetes kiválogatódás miatt az egymást követő nemzedékekben tendenciaszerűen új, megváltozott formák tűnnek föl, amelyek végül is új fajt hoznak létre. A nemzedékek során egyre csökkenő reprezentációjú változatok pedig kihalnak.

Úgy gondolta, hogy az evolúció irányítója és fő oka a természetes szelekció. Felismerte, hogy a környezetéhez speciálisabban alkalmazkodott változat több utódot hagyhat hátra, mint az átlagosabb alkalmazkodottságú, és ezért a nemzedékek során előtérbe kerülhet. Ha azonban a környezet megváltozik, akkor egy másik variáns lehet a kedvezményezett.

“A fajok eredeté”-ben Darwin a szerves létezők “létért folytatott küzdelmének” fogalmát a mértani sor szerinti szaporodás elkerülhetetlen következményeként értékelte, amint Malthus tanát az egész növény- és állatvilágra alkalmazta.

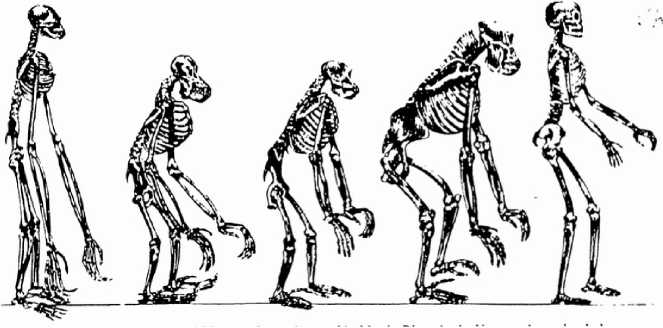
Elmélete szerint a szervek a már meglevők módosulásával változnak, és a változásban minden egyes lépésnek előnyösnek kell lennie a hordozója számára. Ezért akármilyen bonyolult alkalmazkodás esetén is létezniük kell közbeeső állapotoknak (vagy “összekötő láncszemek”-nek), amelyeken át az kifejlődött. Erős bizonyíték volt az ilyen módosulásra, ha a különféle létező struktúrák folyamatos sorozatba rendezhetők egy-egy szerv fokozatos fejlődését mutatva. Darwin ezt a megközelítést már korábban elfogadta a kacsakagylókról írt tanulmányában (1851-54). A fő művében más evolúciós sorozatokat is figyelembe vett (pl. a denevérek szárnyának kialakulását).

A természetes kiválogatódás elméletének kidolgozása a vallásos hittel való konfrontációhoz is vezette Darwint. Az evolúciós elméletén végzett munkája kezdete óta Darwin elpártolt a kreacionizmustól, a fajok változhatatlanságának tanától, az élőlények ősi célszerűségének és teljes sokféleségének egykori teremtési aktussal való létrejötte elgondolásától.

“Jóllehet én életem eléggé késői periódusát megelőzően nem sokat foglalkoztam egy személyes isten létezésével, itt most meg akarom osztani azon legáltalánosabb végkövetkeztetéseket, amikre jutottam. A természetben levő célszerűség régi érve, ahogy azt Paley elképzelte, és ami számomra korábban olyan döntőnek tűnt, most balul üt ki, miután a természetes kiválasztódás törvénye felfedeztetett. Többé már nem gondolhatunk arra, hogy egy kéthéjas kagyló csodálatosan szép zárját egy intelligens lény építette volna, ahogy egy ajtó zárját egy ember ... A természetben minden szilárdan álló törvények eredménye.”

Ezzel Darwin a teleológia ellen is szólt, akár az életben benne rejlő (immanens) teleológia, akár egy teremtő által kívülről beléplántált (transzcendens) végső célszerűség ellen.

1860. június 30-án Oxfordban a Brit Tudósok Szövetsége nyilvános ülésen vitatta meg Darwin elméletét. Az ülésen Oxford püspöke, Sámuel Wilberforce, élesen és otrombán megtámadta Thomas Henry Huxleyt - aki messzire ment, mert össze merte hasonlítani az ember agyát a majoméval. Henslow kitűnő vezetése ellenére a botrány elkerülhetetlen volt, mert Huxley szellemesen visszavágott. A vicclapok tűhegyre szúrták Darwint, aki majomemberként mászik vissza a fára.



T. H. Huxley: Man’s place in the Nature c. munkája az emberszabású majmok és az ember csontvázáról.

1862-ben Darwin publikálta négykötetes munkáját a kacslábú rákokról. (Ezért a Royal Society Copley-érmét kapta.)

1862-ben William Thomson (vagy báró Kelvin, 1824-1907), a klasszikus termodinamika megteremtője, először becsülte meg a Föld kihűlése alapján “meggyőzően” a Föld korát. Kísérletei, és főleg matematikai számításai, alapján a Föld 20, de legföljebb 40 millió éves. így ez az idő nem lehetett elég a Darwin elgondolta evolúció kibontakozásához. Ebből vonta le azt a következtetését, hogy az egész darwini elmélet hamis. (Thomson “becslése” azon a téves feltevésen alapult, hogy a Nap üzemanyagként szenet éget, és nem vehette figyelembe a természetes radioaktivitás hőjét sem. Darwin csak a földtörténeti újkor időtartamát 300 millió évesre becsülte, holott az valójában 67 millió év.)

#### Herbert Spencer (1820-1903)

Ugyanezen évben Herbert Spencer (1820-1903) angol filozófus megjelenteti First principles (Első alapelvek) című filozófiai munkáját. Ebben a saját és Darwin alapvető törvényét: az evolúció (a fokozatos fejlődés) gondolatát alkalmazta a biológiára, a pszichológiára, a szociológiára és más tudományterületekre. A biológiáról írva az élet fejlődését a legalacsonyabb felismerhető formáktól az emberig követte nyomon. Úgy vélte, hogy a természet nagy törvénye az erők állandó kölcsönhatása, ami minden formát az egyszerűtől a bonyolult felé, a homogénből a heterogén irányába változtat meg. Így magyarázta az ember elméjének kialakulását is, mint ami az alacsonyabb szerveződésű állatok egyszerű automatikus válaszaiból fejlődött ki egészen a gondolkodás nem automatikus folyamataiig. Szerinte kétféle tudás létezik:

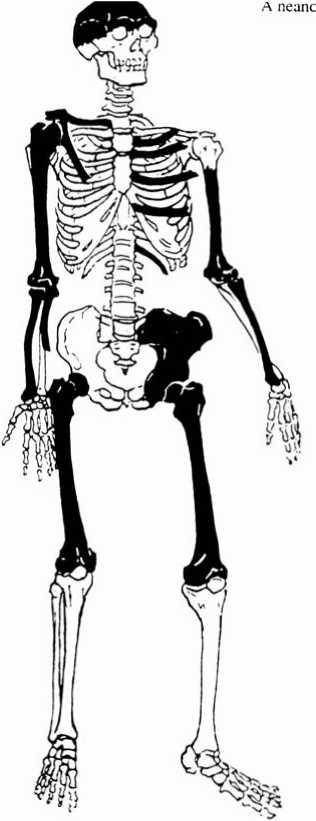
1. az egyed által szerzett ismeretek rendszere és

2. a faj által nyert ismeretek.

Az intuíció vagy a tudattalanul tanultak az öröklött tudás, a faj tapasztalatainak eredménye. Úgy hitte, hogy a tudásunkon túl létezik az alapvető és végleges valóság, amit ő “Megismerhetetlen”-nek nevezett <<<(((tehát Herbert Spencer (1820-1903) -FÁ)))>>>

1865-ben Fleeming Jenkin (1833-1885) angol mérnök arra mutatott rá, hogy a létért folytatott küzdelem eredménytelen, ha csak egy-egy egyeden jelennek meg a kedvező tulajdonságok. Ugyanis hiába az előnyös jelleg, ha átlagos egyeddel fog párosodni; az utódokban egyre hígulnak a kedvező sajátosságok, és végül is minden tulajdonság elmosódik. Az új csak akkor maradhatna tartós, ha nem egy egyedre, hanem egy egész csoportra jellemző lenne. De ekkor meg fel kell adni a természetes szelekció elvét, különösen pedig a lassú, apró változásokon alapuló evolúciós elméletet. (A Jenkin által felvetettek sok gondot okoztak Darwinnak, de megoldásra nem jutott.

Ehhez ui. ismernie kellett volna az öröklődés alapjait, a génátvitel szabályszerűségeit - amiket éppen ebben az évben közölt Johann Gregor Mendel.)



A neander-völgyi lelet megtalált csontjai.

A fő művében Darwin az elméletének az emberré válásra vonatkozó következményeit csak bizonytalanul sejtette. Arra azért rámutatott, hogy nincsen éles határvonal az ember és az egyszerűbb állatok evolúciója között. Darwinnak az élővilág evolúciójára vonatkozó elképzelését az emberre csak fenntartásokkal alkalmazták (és alkalmazzák sokan ma is). 1859 és 1900 között azonban kitágult az (emberi) evolúció időtartománya: a főemlősök elrendeződése továbbra is egyenes vonalú, lépcsős lánc maradt, de messze visszafelé terjedt a földtörténeti múltba. A neander-völgyi ősembermaradványok felfedezése (1856-ban, tehát 3 évvel Darwin fő munkájának megjelenése előtt, 24 évvel Cuviernek a “fosszilis ember nem létezik” állítása után) és az őslénytani leletek egyre jobban megingatták azt a régi - vallásos gyökerű - hitet, hogy a világ csak 6000 éves. Az egyre primitívebb formák állandó kutatása közben 1891-92-ban Eugene Dubois felfedezte a jávai előembert, ami hirtelen messzire a régmúltba tolta (mintegy félmillió évvel előbbre) az ember evolúcióját.

A közös ősből kis lépésekben történő módosulás megmagyarázza a homológiát is. Ezt az elvet fejlesztette tovább elragadó kis könyvében az orchideák virágainak kialakulásáról (1862). Ebben kimutatta, hogy az orchideák bonyolult reproduktív szervei semmi mások, mint más virágokkal közös struktúrák módosult formái. Nincsen tehát szerkezeti “terv”, így nincs szükség “tervezőre” sem. Darwin helyesen érvelt azzal, hogy a “tervezőnek” előnytelenül szegényes fantáziája kellett legyen, ha csak úgy tudott teremteni új szerveket, hogy átszabta a régit. <<<(((Herbert Spencer úgy hitte, hogy a tudásunkon túl létezik az alapvető és végleges valóság, amit ő “Megismerhetetlen”-nek nevezett (lásd egy oldallal előbb) -FÁ)))>>>

Ernst Haeckel német természettudós, összehasonlító anatómus, a darwini evolúciós elmélet nagy propagátora, 1834-ben született; tehát 25 éves volt és az orvosi tanulmányait éppen befejezte, amikor Darwin megjelentette fő művét, A fajok eredetét (1859). Haeckel a fiatal éveit Merseburgban töltötte; itt egy magántanár vezette be a természet megfigyelésébe és a rendszerezésbe. Már kisiskolásként felfigyelt Ch. Darwin “Egy természettudós utazása a Föld körül” című munkájára. Matthias Schleiden népszerűsítő tudományos könyve, a Die Pflanze und ihr Leben (1848), azt a kívánságot keltette föl benne, hogy Schleiden mellett Jénában növénytant tanuljon. De apja kívánságára orvostudományt tanult 1852-től 1858-ig Berlinben, Würzburgban és Bécsben, bár nem érzett orvosi elhivatottságot. Berlinben Johannes Müller volt a fiziológia tanára, Würzburgban Albert Kölliker mellett dolgozott, és Rudolf Virchow antivitalista nézetei gyakoroltak rá mértékadó befolyást. 1856-ban Virchow a fiatal Haeckelt asszisztensének fogadta az intézetébe. Berlini és würzburgi évei alatt először vizsgálhatta a tengeri faunát 1854- ben elkísérte Johannes Müllert a helgolandi, 1856-ban pedig A. Köllikert nizzai kutatóútjára. 1857-ben írta disszertációját “A folyami rák szöveteiről”, amivel orvosi oklevelet szerzett. 1858 márciusában Berlinben tette le az orvosi államvizsgát. Johannes Müller halála (1858) után Haeckel hamarosan elhagyta Berlint. 1858 nyarán találkozott a már 1853-ból, a würzburgi időkből ismert Carl Gegenbaurral (aki 1855 óta a zoológia rendkívüli professzora volt a jénai egyetemen). A találkozás Haeckel számára egyetemi állással kecsegtetett, és már a professzúra is kilátásban volt, mihelyt habilitál. 1859 januárjában itáliai tanulmányútra ment Gegenbaurral megegyezve; innen 1860 tavaszán tért vissza, több mint száz újonnan felfedezett Radiolaria-fajjal. Azonnal hozzákezdett a Radiolariákról szóló monográfia kidolgozásához. Ezen idő alatt olvasta Charles Darwin munkáját a fajok eredetéről (az első német fordítást H. G. Bronn paleontológus készítette). Az evolúciós elméletet azonnal megpróbálta értékesíteni a Radiolaria-monográfiában. Így Darwin különböző típusos Radiolaria-csoportjait a meglevő köztes formákkal a rokonsági viszonyok rendszerévé kapcsolta össze, amit egy egyszerű rácsos gömbre, a Radiolariák ősi formájára vezetett vissza. 1861 márciusában a Rhizopodák rendjei és határai témából habilitált, és C. Gegenbaur támogatásával magántanári képesítést kapott. Ezzel megkezdte oktatási tevékenységét a jénai egyetemen. Egy évvel később rendkívüli professzornak hívták összehasonlító anatómiából, és ezenkívül feladata lett a Zoológiái Múzeum vezetése is. Az előadásaiban teljes erővel népszerűsítette a darwini evolúciós tant.

Eközben hamar túl is lépte Darwint: az evolúcióról szóló elgondolásaiba bekapcsolta az élet keletkezését és az emberré válást is. Hirdette az ember állati elődöktől való származását. A darwini evolúciós elmélet hatására leszármazási törzsfákat konstruált, amelyek az egysejtűekkel kezdődtek és az emberhez vezettek.

1863 szeptemberében a Német Természetkutatók és Orvosok 38. gyűlésén előadásában először tette közkinccsé e nézeteit. Az egyház azonnal tiltakozott, számos szaktársa is elutasította. 1865-ben kinevezték a jénai egyetem rendes zoológus-professzorává a bölcsészkaron és ugyanakkor a Zoológiái Múzeum igazgatójává. (A zoológia ezáltal itt is önálló tudományággá vált, többé nem volt az orvoslásnak alárendelve.)

Ebben az időben kezdett foglalkozni a darwini evolúciós elmélet részletes kidolgozásával. Az eredményt 1866- ban publikálta Generelle Morphologie dér Organismen című 2 kötetes művében. Az első kötetben bemutatta a szervezetek anatómiáját, a második kötetben az általános fejlődéstörténettel foglalkozott. Itt egy törzsfa-elképzelésből indult ki, és megpróbálta az élet fejlődésének lehetséges útjait felvázolni, miközben a fehérjéknek alapvető funkciót tulajdonított. Közben tengerzoológiai kutatóutat tett a Kanári-szigeteken (1866-67). Az a megfigyelés, hogy a magasabban fejlett fajok embriói a fejlődésük során olyan stádiumokon haladnak át, amelyek az alacsonyabb formákénak felelnek meg, az egyed- és a törzsfejlődés viszonyának hangsúlyozására vezette.

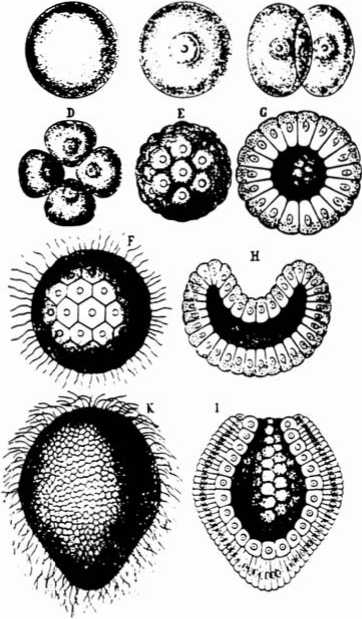
1866 októberében Haeckel Angliába utazott, ahol összetalálkozott Ch. Lyell-lal, T. H. Huxleyvel és Ch. Darwinnal. További levelezésükben szó esett a Generelle Morphologie angol nyelvű kiadásáról, ami azonban nem valósult meg (ennek oka részben az az éles polemikus stílus, ami Huxley és Darwin érzékenységének nem egészen felelt meg). A Darwinnál tett látogatását követően a darwinizmus leglelkesebb hívévé vált, és ekkor Haeckel már arra törekedett, hogy a darwinizmust minden ember számára megismertesse. Az 1867/68-as szemeszter Darwin-előadásai 1868-ban meg is jelentek Natürliche Schöpfungsgeschichte címmel. Közben 1869-ben Norvégiában tett tanulmányutat. Számos különféle gerinctelen állatfaj (többek között a mészszivacsok) tanulmányozása olyan következtetésre vezette, amiben ma is hisznek a biológusok. Az embrionális fejlődés kezdeti stádiumát, a még nem differenciált sejtek halmazát elnevezte szedercsírának (morula), ami a hólyagcsírába (blasztula) megy át, és végül bélcsírává (gasztrula) alakul. Számos különféle állati forma elemzése során mindig újra beleütközött a bélcsíra állapotba. Ebből azt következtette, hogy a gasztrula nemcsak fontos, általánosan fellépő kiindulási forma a többsejtűek egyedfejlődésében, hanem ez a képződmény - a “biogenetikai alaptörvényének megfelelően - a többsejtűek (Metazoa) törzsfejlődési alapja is. A már régen kihalt ilyen törzsformát a Jenaer Zeitschrift für Natunvissenschaften 8. számában “Gastraeá”-nak nevezte el (1874), aminek megkövesedett maradványai hiányoznak. 1873-ban a Vörös-tengeren tett tengerbiológiai kutatóutat.

#### Ernst Haeckel (1834-1919)

1868-ban megjelent Ernst Haeckel német természettudós, filozófus Natürliche Schöpfungsgeschichte (Természetes teremtéstörténet) című könyve. Ebben kifejti, hogy meggyőződése szerint

a darwini elgondolások nemcsak az élővilág leszármazására, de a világ valamennyi jelenségére is magyarázatot adhatnak. <<<(((az ősrobbanástól fogva? -FÁ)))>>>

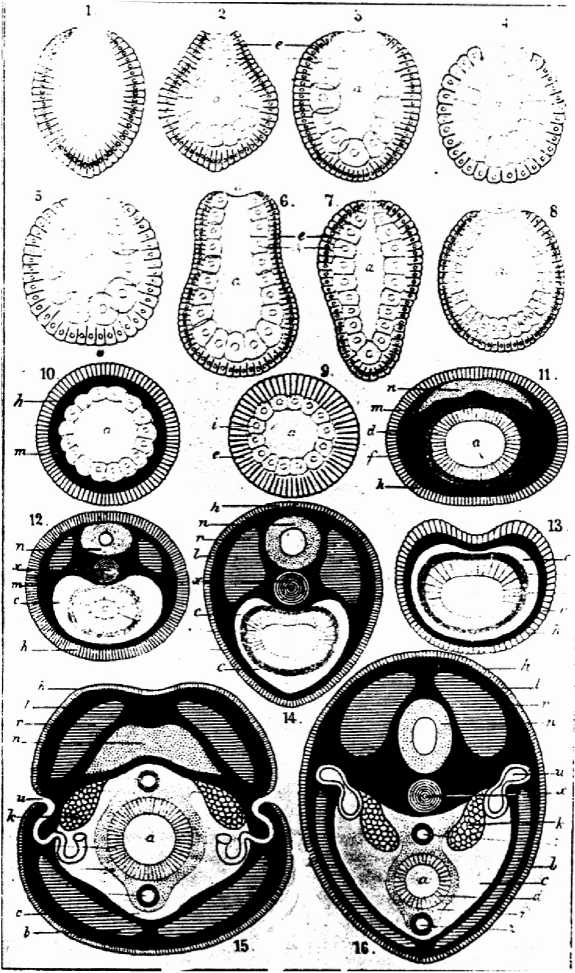
Darwin 1869-ben azt írta Hookernek, hogy “meggyőződésem, hogy a világnak sokkal idősebbnek kell lennie, mint Thomson becsüli”. (A kor “egzakt” fizikája azonban ellene dolgozott.)



Haeckel. Inthropogenie c. könyvéből a petesejtek sorozatos megkettőződésével kialakuló szeder-, hólyag- és kehely stádium

Wallace a maláj szigetvilágban tett megfigyeléseit 1869-ben publikálta The Malay Archipelago: the land of the Orang-Utan and the bird of paradise - a narrative of travel with studies of man and nature című munkájában. Nagyjából úgy gondolkodott, mint a természetes kiválogatódás elméletét kidolgozó Charles Darwin, mégis minden dicsőség Darwiné lett, Wallace-t pedig majdnem elfelejtették. 1862-től magántudós Angliában. Később a spiritizmushoz fordult. 1881 -ben a Land Nationalisation Society elnökévé választják. A broadstone-i templomkertben van eltemetve a felesége mellett.

Konkrétan az ember származásával Darwin eddig részleteiben nem foglalkozott. Miután azonban mindenekelőtt Emst Haeckel és Thomas H. Huxley (1825-1895) nyomatékosan kijelentették, hogy az ember állati elődökből származik, fogott bele Darwin e kérdés tárgyalásába. 1868-tól dolgozott az ember származása témáján. 1871-ben jelentette meg The descent of man and selection in relation to sex (Az ember származása és az ivarral kapcsolatos szelekció) című munkáját (amihez már 1838 óta gyűjtötte az adatokat). Ebben kiterjeszti evolúcióelméletét az ember származására is. A mű második része az ivari szelekcióról szól (részben a fő művében leírtakkal szembeni ellenvetések elhárítására). Sok faj egyedei elég erős ivari kétalakúságot mutatnak. Szerinte az ivari kétalakúságot mutató struktúrák és szervezetek valóban nem fejlődhettek ki természetes szelekcióval, mert ebben az esetben egyformán fejlődtek volna mindkét nemben. A szaporítószervek szexuális dimorfizmusa még kialakulhatott természetes szelekcióval - hiszen növelhették a reprodukció hatékonyságát -, de bizonyos ivarian kétalakú szerkezetek (pl. a szarvas agancsa vagy a hím páva széttárható tollai) azért alakultak ki, mert az ivari partner megszerzésében, a partnerért folyó versengésben jelentenek előnyt, illetve mert a partnerek ezeket válogatják ki. Ezért az ivari szelekció kétféle úton történhet: 1. a hímek közötti versengéssel és/vagy 2. a nőstények választásával és a velük való preferenciális párosodásukkal. A leghatékonyabb fegyverrel rendelkező hím hagyja a legtöbb utódot, tehát a felfegyverezettség nőni fog a populációban. A nőstények választásának köszönhető struktúrák azért részesülnek előnyben, mert az ilyent hordozó hímekkel prefeienciálisan párosodnak a nőstények. A választás nem feltétlenül tudatos. A hipotézisére a fő teszt az összehasonlító módszer volt: számos különféle fajt nézett meg ezekre a struktúrákra vonatkozóan, és kimutatta, hogy az ilyen ivari kétalakúsággal rendelkező struktúrák tendenciaszerűen a bonyolultabb idegrendszerű állatokban fordulnak elő - hiszen a nőstényeknek finom megkülönböztetésekre kell képesnek lennie. Azt is megállapította, hogy az ivari szelekció hatékonyabban működhet a poligám fajokban, és talán nem is funkcionál a monogámokban, és kimutatta, hogy a szexuális dimorfizmus általánosabb is a poligám fajokban.



Tanulmányok Haeckel Gastraea-elméletéhez.

A földi élet kialakulásáról Darwin nem publikálta a nézeteit. A levelezéséből azonban kiderül, hogy a fehérjéből történt abiogén keletkezését és annak további evolúcióját a szervezetek létezésének körülményei között nem tartotta lehetségesnek, mert a már létező élőlények azonnal felfalták volna. Mivel azonban akkor még nem léteztek organizmusok, azért az ilyen természetes fejlődés mégis megtörténhetett.

A korai evolúciós elméletek a viselkedést posztulálták olyan hajtóerőnek, ami a fajok átalakulását okozza. Kezdetben Darwin is így gondolhatta (a jegyzetei alapján ítélve). A természetes szelekció működésének felismerése után ezt a gondolatot elvetette. A viselkedésről vallott elképzeléseit négy helyen is kifejtette. A fajok eredete egyik fejezete az ösztönökről szól (ez valójában egy kivonat egy posztumusz publikált nagyobb értekezésből). Mivel nincsen éles határvonal az állatok és az ember evolúciója között, ezért Darwin sejtette, hogy az állatok viselkedését sem csak ösztönök irányítják, hanem az emberre jellemző gondolkodási folyamatok primitívebb formái is. Az ember származása c. művében amellett érvelt, hogy az állatoknak is kell legyen primitív gondolkodásuk. Viszont, mivel az ember is egyszerűbb élőlényekből alakult ki, az emberi viselkedés is függ az ösztönöktől. Az ember és a bonyolultabb idegrendszerű állatok között az elmebeli különbség - akármilyen nagy is, de - csak fokozati és nem minőségi. <<<(((Erre morgolódott példásan Bertalanffy. -FÁ)))>>> Az ember származása (1871) és The expression of the emotions in man and animals (Az érzelmek kifejezése az emberben és az állatokban; 1872) című két művével igen jelentős mértékben közreműködött a pszichológiában, kimutatva annak a lehetőségét, hogy nem csak a szerves struktúrák evolúciója létezik, hanem az elmeműködés evolúciója is. Az érzelmi kifejezések evolúciójáról írt műve tette lehetővé, hogy a pszichológia a filozófiától független diszciplínává és kísérletes tudománnyá váljék. Elméletei inspirálták Lloyd Morgant, Szecsenovot, Pavlovot, Freudot és a funkcionalista pszichológusokat.

Bár Haeckel már a Generelle Morphologie-ban az embert is bevonta az evolúciós fejlődéstanába, mégis csak 1874- ben publikálta. Inthropogenie oder Entwicklungsgeschichte des Menschen (Az ember származása, avagy az ember fejlődéstörténete) című munkáját. Ebben Darwin fejlődéselméletét az emberre is alkalmazta. Az akkor ismert tények halmazát és a belőlük levonható következtetéseket úgy állította az olvasó elé, hogy az ember és az állatvilág rokonsága, az emberré válás folyamata megdönthetetlen, természeti szükségszerűségen alapuló tény. Ismét levezette benne az ember törzsfáját és ekkor írta le a majom és az ember között feltételezett átmeneti lényt, a " Pithecanthropus" -t - mint “hiányzó láncszem”-et. A műben éles szavakkal elvetette a vallás emberteremtési dogmáját. Ez a könyve élezte ki leginkább Haeckel és ellenfelei vitáját. A vita csúcspontja 1877-ben volt a Német Természetkutatók és Orvosok 50. gyűlésén. Itt csaptak össze Haeckel és Virchow teljesen ellentétes elképzelései. Virchow nagy befolyása ellenére folyamatosan növekedett Haeckel híveinek száma. Az 50. születésnapján Haeckel már több, mint harminc hazai és külföldi akadémia és természettudományos társaság tagja vagy tiszteleti tagja volt.

Ugyanezen évben Haeckel közzétette cikkét Die Gastraea-Theorie, die phylogenetische Classifikation des Thierreichs und die Homologie der Keimblatter (A Gastraea-elmélet, az állatvilág törzsfejlődési osztályozása és a csíralemezek homológiája) címmel. Ebben fejtette ki azt a nézetét, hogy az állatvilág törzsfejlődési szerveződése mutatja az egyedek csíralemezek szerinti szerveződését. E gondolattal csatlakozott az onto- és a filogenezis közötti, már 1811- ben Meckel által megsejtett összefüggéshez. Tehát a filogenetikai változások tükröződnek az ontogenezisben - vagyis szerinte

az egyedfejlődés nem más, mint a törzsfejlődés gyorsított megismétlése, amit az öröklődés és az alkalmazkodás fiziológiai funkciói írnak elő.

Ezt a tételt nevezte el “biogenetikai alaptörvény”-nek. Bár később azt állította, hogy az egyedfejlődés lényegesen bonyolultabb lefutású - tehát még ő is elismerte ezt -, de az alaptörvény fontos dolgot mondott ki, új problémákat vetett föl és újabb kutatásokra serkentett. Végérvényesen bebizonyítja az állatvilág polifiletikus eredetét valló nézetek tarthatatlanságát. Leszögezte, hogy a soksejtű állatok valamennyi csoportja a “gastraea-típus”-ra vezethető vissza.

Darwin 1876-tól írta az önéletrajzát. 1877-ben a cambridge-i egyetem tiszteletbeli jogi doktorrá avatta. 1882. április 19-én bekövetkezett halála után a Westminster apátságban temették el.

Arisztotelész mellett talán Darwin volt a legjelentősebb biológiai gondolkodó minden időben. A darwinizmussal a biológia a további fejlődéséhez döntő elméleti alapozást kapott, mivel Darwin a nagy mennyiségű és széles körből merített empirikus tényanyagot szigorúan tudományos módon, spekulatív segédkonstrukciók nélkül, logikailag következetesen feldolgozta; a tényekből adódó parancsoló szükségszerűséget kombinálni tudta mély, elvont gondolkodással.

###### <<<(((A tények egyeztetéséhez az elvont gondolkodással --- még kapcsolódnia kell a társadalomtudományokban, az alkotás filozófiájának, ahol az ember nem másol, nem felfedez, hanem alkot (jog, közgazdaság, politológia elmélet stb). -FÁ)))>>>

A darwinizmus továbbfejlődéséért és érvényesítéséért folytatott küzdelem - más természettudományos elméletektől eltérően - a materializmus és az idealizmus, a dialektika és a metafizika, a tudomány és a vallás közötti harcokkal volt kapcsolatban. A vitában szó volt a természettudományos, a világnézeti, ismeretelméleti, metodológiai, logikai és etikai állításairól és következtetéseiről. Közben a darwinizmusból hatalmas impulzusok segítették a fejlődéstörténeti rendszertan, az evolúciós morfológia, fiziológia és etológia, az egyedfejlődés, a történeti ökológiai és biogeográfia, a genetika, a mutációkutatás, az élet keletkezése és az emberré válás kutatása, az őslénytani törzsfakutatás, a tenyésztéskutatás kialakulását, sőt még a modern pszichológiai irányzatok kifejlődését is. Másrészt a biológiai tudományok - elsősorban a genetika, az őslénytan és az ökológia - eredményeinek alapján a darwinizmus minden alapvető állításában alátámasztást nyert, a darwini elmélet alapozásában levő hézagokat bezárták, és azt “szintetikus evolúciós elméletként” a XX. században a biológiai tudományok gondolati rendszerébe szilárdan lehorgonyozták.

Az 1881-82-es években Haeckel Ceylon szigetén folytatott tengerbiológiai kutatásokat. Ekkor és ezt követően is számos előadásában követelte, hogy az evolúciós elméletet vezessék be az iskolai oktatásba. Az egyházi és az állami intézmények nagy ellenállása miatt maga próbálta meg az elképzeléseit a néptömegekhez közel vinni. Az evolúciós fejlődéstan és a panteisztikus filozófiája általánosan megérthető bemutatását végezte el Die Weltrátsel (Világrejtvény) című munkájában (1899). A művet rövid időn belül elkapkodták, és néhány év alatt harmincnál több nyelvre lefordították. A több százezer példány eljutott a tömegekhez. Haeckel ebben és más műveiben is kifejtette filozófiai álláspontját: szilárdan a természettudományos materializmus talaján állt. Olyan egységes alapot keresett minden jelenségre, ami magában a világban található, nem pedig természetfölötti erőkben. Anyagfelfogása nem filozófiai, hanem a mechanikus materializmusból nyert fizikai anyagfogalom volt; ezért az energiát, az érzékenységet, a szellemet nem tudta felfogni. Spinozához húzva a “szubsztanciá”-ban látta a világ egységes alapját. A szubsztancia-törvényben foglalta össze a tömeg- és az energiamegmaradás törvényét. A saját világnézetét “monizmus”-nak nevezte, elvetette a “materializmus” fogalmát, mert az gyakran összekeveredett a nem filozófiai “anyagi javak iránti vágy” fogalmával.

A szubsztancia Haeckel szerint az anyag és a szellem egysége, <<<(((holott a szubsztancia ismeretelméleti fogalom, az emberimegismerés módja, amint Arisztotelesznél is található …. Más kérdés, hogy a fogalmi szubsztanicáknak milyen a megfelelése a tapasztalható valósággal. -FÁ)))>>> és a természet fejlődése során egyre jobban kibontakozik: az atomoknak és a kristályoknak megfelel az “elemi lélek”, az alacsonyabb szervezettségű egysejtűeknek “plasztid lelkük” van, a növényeknek “növényi lelkük”, az állatokban “állati lélek”-ként, az ember fokán pedig “ön- és világtudat”-ként fejlődik ki. Panteisztikus álláspontja azonosította a szubsztanciát vagy a természetet istennel.

1908-ban létrehozta a “Phyletische Museum”-ot, majd 1916-ban a “Phyletische Archiv”-ot. 1909-ben (75 éves korában és Ch. Darwin születésének 100. évfordulóján) abbahagyta az oktatást.

1880-as években Anton Kemer (1831-1898) osztrák botanikus a természetes fajhibridizációt tartotta a változékonyság okának. Szerinte az új fajok keletkezése is erre vezethető vissza. <<<(((előtte míg a hibrid alkotó elemeinek differenciálódniuk kellett. -FÁ)))>>>

1892-93-ban a belga Louis Dollo (1857-1931) a teknősök törzsfejlődésének vizsgálata nyomán felállította a róla elnevezett Dollo-törvényi: az evolúció lényegében megfordíthatatlan folyamat. <<<(((de nem lerombolhatatlan, nem deformálhatatlan -FÁ)))>>> Visszamutálások és korlátozottan hasonló variációk előfordulhatnak, de azok mindig más szervvel kapcsolatosak az alaki azonosság látszata ellenére is. (Az elvet később sok evolucionista hangsúlyozta).

1898-ban Henry Fairfield Osborn (1857-1935) kifejtette az evolúciós adaptív radiáció koncepcióját. Eszerint kiindulva a közös ősi típusból, az evolúciós alkalmazkodásoknak sok különféle útja jöhet létre. így egy evolúciós szétágazás (divergencia) alakul ki, és ezzel az ősi csoport leszármazottainak sok különböző feladat teljesítése (ma úgy mondanánk: ökológiai niche elfoglalása) válik lehetővé a keletkező változat adaptív sajátosságai szerint. (A koncepcióval sikeresen lehetett magyarázni sokféle evolúciós szétválást, többek között a galápagosi Darwin- pintyekét, az emlősök változatos végtagi struktúráinak fejlődését, az ausztráliai erszényesek sokrétűségét.)

A darwini evolúcióelmélet idején és utána megkezdődött a megkövesedett ősmaradványok morfológiájának újraértelmezése. Ekkor ugyanis a paleontológusok a fokozatos változás bizonyítékait kezdték keresni és meg is találni egyes esetekben. Némelyik kutató azonban, bár elvben elfogadta az evolúciót, még sem volt képes a változásokat a deterministának gondolt természetes szelekcióval értelmezni. A német paleontológus, Ottó Schindewolf pl. a héjas puhatestű Ammonites-ben a progresszív bonyolódásnak, majd a formák leegyszerűsödésének bizonyítékait látta. Az amerikai őslénytantudós, George Gaylord Simpson azonban a gerincesek megkövesedett maradványait a darwini természetes szelekcióval magyarázta. A Haeckel-féle biogenetikai alaptörvény nyomán az embriológiai megfigyeléseket is az evolúció fényében interpretálták. Ezért pl. az emlősök embrióiban a kopoltyúrések feltűnését a közös őstől származó maradványként fogták fel.

A XIX. századi kezdetek után az evolúció elmélete a XX. században fejlődött tovább. Ehhez először tisztába kellett jönni az öröklődés tényleges jelenségeivel és főleg a mechanizmusával is. Csak a XX. században vált világossá, hogy

* az evolúció több szinten zajló folyamat,
* alapobjektumai lehetnek az öröklődési anyagban található gének, az egyedi szervezetek, sőt, az azonos fajú szervezetek populációi és különféle csoportjai is. <<<(((? -FÁ)))>>>

Ennek felismeréséhez azonban még a populációbiológiát is meg kellett alkotni. Aztán rá kellett jönni, hogy az evolúciós történések “színpada” az ökológiai összefüggések rendszere. Mindez már a XX. században történt.

## F. A kémia tudománnyá válásának kora a XVIII—XIX. Században *(Varga Miklós)*

A kémia tudománnyá válása nem köthető egy határozott időponthoz vagy egy adott jelentős felfedezéshez. Mintegy 100 évre volt szükség ahhoz, hogy a klasszikus kémia fogalomrendszere, alapvető elvei megfogalmazódjanak. Nem járunk messze az igazságtól, ha azt mondjuk, hogy a kémiai elemfogalom első korrekt definíciója (Lavoisier, 1778) és a periódusos rendszer felfedezése (Mengyelejev, 1868) határolja be azt az időszakot, amely alatt ez a folyamat végbement. Helytelen lenne ezen időszak nagy jelentőségű felfedezései között valamilyen fontossági sorrendet felállítani, kétségtelen azonban, hogy a kémiai elemfogalom kialakulása mérföldkő ebben a fejlődési periódusban, mert logikai feltételét képezte minden további elmélet kialakulásának. <<<(((a kémiai elemfogalom lényegében az ókori oszthatatlan atom fogalmától eltávolodva azt jelenti, hogy az atomok belső szerkezete szerint lett rendszerezve a fizikai anyagok világa – a klasszikus tűz-víz-föld-levegő helyett több mint százat megkülönböztetve. Tehát érdekes módon egyrészt csak a kémia szaktudományában, de az atom alapvető építő elem maradt, másrészt az atomszerkezeti ismeretekre támaszkodva elvi feltevések helyett mintegy felleltározva és szerkezeti indokoltságú rendszerbe tagolva a valóságban előforduló több mint száz elemet ….. -FÁ)))>>> Tudománytörténeti szempontból érdekes és tanulságos az ezt közvetlenül megelőző időszak. A XVII. sz. végétől kezdődően több kémikus is arra az álláspontra helyezkedik, hogy a kémia megújulása csak akkor képzelhető el, ha megvalósul a mesterségbeli tudás és a “korszerű” természetfilozófiai alapelvek valamilyen szintézise. Lényegében ezt a programot fogalmazza meg R. Boyle és Lomonoszov. Elképzeléseik sikerei és kudarcai egyrészt kimutathatóan befolyásolták a kémiai gondolkodás fejlődését, másrészt számos elvi tanulsággal is szolgálnak.

### 1. A kémiai elemfogalom kialakulása

#### A. Robert Boyle

Boyle (1627-1691) úgy vélte, hogy egyrészt túl kell lépni a csupán mesterségbeli célokat szolgáló kémiai tevékenységen, másrészt meg kell újítani a “kémiai bölcseletét”.48 Az elméleti megalapozáshoz a mechanikus materialista filozófiát hívta segítségül, illetve éppen a kémiában látta az egyik fő területet, ahol e filozófia racionalitása, fölénye, a korábbi elméletekkel szemben látványosan igazolható. Mint ismeretes, a mechanikus filozófia keretében született meg az ún. elsődleges és másodlagos minőségek tana, Boyle ennek segítségével kísérli meg a kémiai elemfogalom kialakítását. Szerinte a “minima naturaliából” “príma mixta” jön létre. Felfogása szerint a minima naturaliák az elsődleges minőségek, amelyek a természeti erőkkel szemben teljesen ellenállóak, ezek az igazi elemek, az anyag atomjai. (Lényeges körülmény, hogy Boyle az “elem” és az “atom” fogalmakat szinonimaként használta!)

48R. Boyle: Collected Works III. kötet (London, 1972).

A másodlagos minőségek (szín, szag, íz, hő stb.) a príma mixtán belüli átalakulások, átrendeződések következtében jönnek létre.

Boyle elemfogalma semmi esetre sem tekinthető a modern elemfogalom előfutárának. Definíciója a következő:

“Elemnek nevezem mindazokat az eredeti és egyszerű, semmi mást nem tartalmazó testeket, amelyek egyikét sem lehet a másikból előállítani, és amelyekké az összetett anyagok bonthatók.“49

49R. Boyle : uo.

Boyle elképzeléseinek jelentőségét az adja, hogy megkísérelt más utakat keresni a kémiai bölcselet számára, mint amelyek a látszaton alapuló arisztotelészi elemtanból következnek, ill. - ezt nagyon lényegesnek tartom - az “elrendeződés” fogalmát alighanem úgy tekinthetjük, mint az első kísérletet arra, hogy a struktúra és a minőség fogalmai között a tudományos gondolkodásban kapcsolatot keressünk.

#### B. M. V. Lomonoszov

A kémia természetfilozófiai megalapozásának lehetőségeit tekintve Boylehoz hasonló nézeteket vallott Lomonoszov (1711-1765) is. Hatása a kémiai gondolkodás fejlődésére kisebb, mint Boyle-é, nézeteinek rövid áttekintése azonban rendkívül tanulságos, mivel jól mutatja, hogy a következetesen alkalmazott mechanisztikus materialsta természetfilozófiai elvek milyen problémák megoldását segítették, ill. melyekét gátolták. Nézeteinek részletes kifejtésére itt nincs lehetőség, érdemes azonban áttekinteni néhány axiómáját és ezek következményeit:50

50 М. В. Ломоносов:Елементы математической химии, 10-11. (М. В. Ломоносов: Избранные труды по химии и физике, Изд. Акад. Наук СССР, Москва 1961

“I. lemma: 17 §. A testek minden változása mozgás által megy végbe.

1. tétel: Következésképpen a vegyületek változása is mozgás által megy végbe.

2. tétel: A mozgás tudománya a mechanika, így a vegyületek változásait a mechanika törvényeivel lehet magyarázni.

3. tétel: Ezért a vegyületek változásait a mechanika törvényeivel lehet magyarázni.

4. §. A minőség kétféle ... az elsődleges: a test tömege, alakja, mozgása, elhelyezkedése, a másodlagos: fény, íz, gyógyító erő, a részecskék kapcsolódása stb. Az elsővel minden test rendelkezik, a másodikkal csak némelyik. Ezért célszerű - Boyle-hoz hasonlóan - ez előbbieket általános, az utóbbiakat sajátos minőségnek nevezni. Mi a sajátos (másodlagos) minőségek oka?

A sajátos minőségek kielégítő oka az érzékelhetetlen részecskék kiterjedésében, inerciaerejében, alakjában és mozgásában van!”

Fenti nézetek a kémiai elemfogalom kialakításában zsákutcát jelentettek, mert az elsődleges és másodlagos minőségek tanára alapozott felfogásával éppen úgy nem tudta megmagyarázni az anyagok minőségi sokféleségét, mint R. Boyle.

Nem véletlen viszont, hogy a fenti alapelvek segítségével nagyon korrektül megfogalmazza a hő = mozgás tételt, amely lényegében a száz évvel későbbi kinetikus gázelmélet alapját képezte. Ezzel magyarázható, hogy megfelelő kritikáját adja a flogiszton-elméletnek is.51

51A XVIII. század közepére általánosan elterjedt hőanyagelmélet flogisztonelmélet hívei szerint égéskor a testekből hőanyag távozik. Érdekes, hogy habár mind Lomonoszov, mind Lavoisier fémégetési kísérletei lényegében szinte “experimentum crucis”-ként cáfolták ezt az elméletet, kimutatva, hogy zárt rendszerben semmiféle súlyváltozás nincs, az elmélet még igen sokáig élt és befolyásolta a kémiai gondolkodást. Fényes I. mutat rá Termodinamika és termosztatika c. könyvének bevezető részében (Műszaki Kiadó, Budapest, 1968), hogy a hő kalorimetriás értelmezése amely szerint a cserélt hő a hőmérséklet-különbség, a tömeg és a fajhő függvénye - sajnos, számos formai analógiát mutat az egyébként alapjaiban hibás flogisztonelmélet néhány fogalmával. Feltehetően ez a körülmény éltette tovább a hőanyagelméletet, mivel annak gyakorlati alkalmazóit főleg a kohászokat nem elsősorban az elméletek fogalmi tisztasága, hanem azok praktikus haszna érdekelte. így a kalorimetria XIX. sz. elejei fejlődése éppen a formai analógiák miatt még mindig azt a látszatot keltette, hogy tulajdonképpen a flogisztonelmélet fogalmait helyezik “tudományos" alapokra.

Láttuk, hogy Boyle, de még inkább Lomonoszov, a kémiai elmélet megújítását egy “korpuszkuláris mechanika” segítségével, módszereivel képzelte el. A tudományok történetében számos példát látunk arra, hogy egy adott korban a legfejlettebb szaktudományok elvei, módszerei mintegy példaként szolgáltak a kevésbé fejlett tudományok számára. Nem véletlen tehát, hogy a klasszikus fizika Galilei, Kepler és Newton nevéhez fűződő megalapozása, illetve ezen belül a mechanika viszonylagos fejlettsége komoly hatást gyakorolt a kémikusok gondolkodására is. Tekintettel azonban egyrészt arra, hogy ebben a korban a kémia fejlettségi szintje messze elmaradt a mechanika mögött, másrészt pedig a kémia megoldatlan problémái egészen más típusú feladatok megoldását igényelték,52 a mechanika elvein alapuló kémia megvalósítása irreális célkitűzés volt.

52Ha csak címszavakban is, de utalnunk kell arra, hogy a XVIII. sz. második felétől kezdve igen komoly fejlődésnek indult a vegyipar több területe, bizonyos alapanyagok előállítása már a tömegtermelés méreteit mutatta. A szénbányászat elterjedésével fejlődik a vas- és acélgyártás, az üveg- és a porcelánkészítés. Szabadalmaztatásra kerül a Leblanc-féle szódagyártás, megoldják a textilipari alapanyagok mesterséges fehérítését, előállítanak számos festékanyagot. A vegyipar fejlődése kimutathatóan visszahat a kémiai kutatásokra is, jellemző példa erre Davy munkássága, aki módszeres kísérletekbe kezd pl. a bányalég égési tulajdonságainak, összetételének vizsgálatára. A Francia Akadémia tudományos bizottságokat hozott létre ipari problémák vizsgálatára. Neves kutatók, mint pl. Réaumur, DuFay, Berthellot foglalkoztak - mai kifejezéssel élve - “alkalmazott” kutatásokkal.

#### C. Antoine-Laurent Lavoisier

Lavoisier (1743-1794), akinek jelentőségét a kémia fejlődése szempontjából nehéz túlbecsülni, néhány évtizeddel később már egészen más elveket hirdet. Számára ugyanis nyilvánvaló, hogy mind a mechanisztikus atomista természetképen alapuló magyarázatok, mind az egyéb korabeli elméletek (pl. flogiszton-elmélet) a kémia számára szinte hasznavehetetlenek. Ezért kora valamennyi kémiai elméletét szigorú kritika tárgyává teszi, és mai szóhasználattal élve, szinte szélsőségesen “pozitivista” tudománymódszertant hirdet. “A szó csak jel” - írja híres munkája, a Traité de Chimie53 bevezetésében. A kémiát ezért - írja ugyanott - az **algebra mintájára** kell megalkotni, s az **így alkotott nyelv** semmi mást nem tartalmaz, mint empirikus tartalmat. <<<(((ezt a törekvést láthatjuk a modern axiomatika esetében is, szétválasztva úgymond a levezetést és igazságot. -FÁ)))>>> Ily módon - vélte Lavoisier - a nyelvalkotás kombinációs szabályai szerint juthatunk új ismeretekhez, általánosításokhoz.

53A. L. Lavoisier: Traité de Chimie (Paris, 1789) Bevezetés.

Ez a program a mai szemmel nézve természetesen naiv, de tartalmazta az igazság csíráját és a XVIII. sz. második felében nagyon hasznosnak bizonyult. Ezen az alapon sikerült száműzni számos olyan kifejezést, amelyek önkényességet vittek a kémiába (pl. a “föld” elem fogalma). <<<(((? -FÁ)))>>>

Abban, hogy Lavoisier tartózkodik a metafizikai rendszerektől, viszont vonzódik egy csak matematikai-kísérleti módon művelt kémia iránt, a XVIII. sz. második felében kialakult francia tudományfejlődés jellegzetes megnyilvánulását láthatjuk.

Már a századfordulón volt a kísérletezők részéről olyan törekvés, hogy a fogalmak elméleti jelentésének tisztázásától legalább ideiglenesen eltekintsenek. (Gondoljunk pl. arra. hogy a hőmérséklet fogalmának első meghatározása lényegében egy műveleti utasítás: osszunk valahányad részre bizonyos vonatkoztatási pontok által behatárolt intervallumot.) Ennek a magatartásnak a kialakulásában szerepet játszott a felvilágosodásnak a spekulatív metafizikai rendszerek elleni kritikája is.

Visszatérve fejezetünk fő mondanivalójához, Lavoisier a lehető legegyszerűbb utat választotta, az elem fogalmát műveleti utasítással definiálta:

“Elem az, ami felbonthatatlan.” <<<(((szó szerint mint Euklidesz a pontot -FÁ)))>>>

Ami ennek az utasításnak a gyakorlati megvalósítását illeti, Lavoisier és kortársai egy dolgot tudtak tenni, a vizsgált anyagokat súly állandóságig hevítették. Ha nem tapasztaltak további változást, a kapott anyagot elemnek tekintették. Kétségtelen, hogy a fenti definíció segítségével a kémiai elemeknek csak egy részét tudták azonosítani, és voltak olyan anyagok is, amelyeket elemnek tekintettek, holott nem voltak azok. (Egyes magas bomláshőmérsékletű fémoxidok.) A definíció azonban mégis rendkívüli jelentőségű volt, mert a felbontási módszerek időközbeni tökéletesedésével egyre nagyobb számú elemet tudtak azonosítani.54

54A XIX. sz. során elsősorban az elektrokémiai felfedezések révén bővültek a vegyületek felbontásának módszerei. A műveleti utasításon alapuló elemmeghatározással kapcsolatban a századforduló idején jelentkeztek az első problémák. A természetes, majd a mesterséges radioaktivitás felfedezése (1898 és 1913) szükségessé tette, hogy ezeket a folyamatokat “zárják ki” a felbontási módszerek közül. Ekkor így módosították Lavoisier definícióját: Elem az, amely mesterséges kémiai módszerekkel szemben felbonthatatlan.

### 2. A klasszikus kémiai atomelmélet kialakulása. A daltoni atomhipotézis és kialakulásának körülményei

A daltoni atomhipotézis a következő állításokat tartalmazta:

Léteznek a kémiai elemek atomjai.

Vegyületképződéskor az atomok összetett atomokká alakulnak (Dalton szándékosan kerülte a “molekula” fogalmát!).

Ha két elemnek csupán egyféle vegyülete ismert, akkor ezeket egy-egy atom kapcsolódása alkotja. (Pl.: H-O; N-H; H-S.) Ez az ún. “egyszerűségi elv”55

55Az ún. egyszerűségi elv régóta “kísért” a tudományos gondolkodásban. Az ötlet alighanem egy Occam nevű, XI. sz-ban élt gondolkodótól származik, aki, megunva a terméketlen vitákat, úgy vélekedett, hogy egy dolog magyarázatára nem kell a szükségesnél több fogalmat felhasználni. Elvét azóta ”Occam borotvájáéként emlegetik, s módszertani tanácsként nem is igen lehet kétségbe vonni. <<<(((az arisztoteleszi „elégséges ok” logikailag ennek az egyszerűségi elvnek éppen a megfelelője, vagy éppen korai előzménye -FÁ)))>>>

Más kérdés, hogy mit jelent egy természettörvény, illetve annak megfogalmazásának, matematikai alakba öntésének egyszerűsége? C. G. Hempel mutat rá egy könyvében (Philosophy ofNatural Science, Princeton, 1966), hogy szinte kilátástalan dolog objektív kritériumokat találni erre nézve. Dalton mindenesetre tévedett, amikor sajátosan értelmezte és alkalmazta ezt az elvet.

A daltoni atomhipotézis létrejöttének körülményeit illetően több téves nézettel is találkozunk. Van olyan felfogás, amely szerint Dalton számára - aki részben ismerte, részben maga fedezte fel a súly viszonytörvényeket - lényegében készen állottak a tapasztalati törvények, amelyek a továbbiakban csupán értelmezésre vártak.

Az tény, hogy az ún. állandó súlyviszonyok törvényét Proust 1799-ben már felfedezte, de jelenlegi ismereteink alapján sokkal inkább úgy tűnik, hogy Dalton a többszörös súlyviszonyok törvényét azért fogalmazta meg, s ismerte fel, hogy a mérési adatok egy törvényt takarnak, mert már eleve feltételezte a kémiai elemek atomosságát. Roscoe és Harden56 egyébként már a múlt század végén megjelent, Daltonról szóló könyvükben rámutattak arra, hogy nem az atomokra következtetett Dalton a többszörös súlyviszonyok törvényéből, hanem megfordítva. Másként fogalmazva, az igen nagy kísérleti hibákat mutató adatokat azért tudta szelektálni, mert volt egy előfeltevése: léteznek a kémia elemek atomjai. Ezt a feltevést valószínűsíti az a tény, hogy Dalton még a súlyviszonytörvények felfedezése előtt “atomok” feltételezésével próbált két problémát megoldani.

56H. Roscoe-A. Harden: A New View of the Origin Dalton's Atomic Theory (Macmillen, London, 1896).

A levegő fizikai sajátosságainak vizsgálata során arra a kérdésre keresett választ, hogy a különböző elemekből álló gázelegyek miért nem válnak szét alkotórészeikre, miért képeznek homogén elegyeket? A magyarázathoz kiindulásul azt tételezte fel, hogy a gázok atomos szerkezetűek, a hasonló elemek atomjai taszítják egymást, és a különböző elemek atomjai nem hatnak egymásra. Szintén atomelméleti kiindulópontról próbálta megmagyarázni a különböző gázok eltérő oldékonyságát. Feltételezte, hogy a gázok atomos szerkezetűek, atomjaik különböző tömegűek, ezért oldódnak különböző mértékben. Mindezekben az esetekben a gázok, tehát kémiai elemek (és vegyületek) “atomjainak” létezését kellett feltételeznie.57 Tehát ami Dalton gondolatmenetét illeti, sokkal valószínűbb, hogy hipotetikus-deduktív következtetéssel állunk szemben, nem pedig empirikus-induktív általánosítással. A másik közkeletű tévedés, hogy Dalton “felújította” a görög atomizmust. Ez súlyos félreértés. Láttuk, hogy a XVII-XVIII. sz.-i természetkutatás alapvető természetfilozófiai háttere mechanisztikus atomista szemléletű. A természetkutatás feladata - vélte a kutatók többsége - az, hogy változatlan létezőkből a hozzájuk rendelt tulajdonságuk segítségével levezessék a belőlük felépülő rendszerek sajátságait. Az atomizmust tehát nem kellett felújítani, az benne volt a kor gondolkodásmódjában. Az is világos, hogy a görög atomizmus soha nem volt anyagszerkezet-elmélet, hanem - mint az előzőekből is kitűnhet - módszerként szolgált.

57D. M. Knight: Atoms and Elements (London, 1967).

Dalton érdeme tehát nem az, hogy felismer egy egyszerű analógiát. Ennél sokkal többet tett; a kémiai elemek tulajdonságait hozzárendelte a kémiai elemek atomjaihoz, és világosan látta azt is, hogy az atomosság relatív, eszközeink függvényében létező kategória. Erről tanúskodik az alábbi Dalton-idézet, amelyben a szerző megindokolja sajátos szóhasználatát:

“Én az atom szót ezeknek az elsődleges részecskéknek a megjelölésére használom, előnyben részesítve a részecske, molekula vagy más kicsinyítő elnevezéssel szemben, mert ez a szó kifejezőbb, magában foglalja az oszthatatlanságot. Sajnos, lehetséges, hogy feleslegesen kiterjesztem azt, amikor összetett atomokról beszélek, pl. elsődleges részecskéknek nevezem a szénsav atomjait. Azonban, bár ez az atom osztható, ha elbomlik szénre és oxigénre, megszűnik létezni mint szénsav. Ezért, úgy gondolom, nem vagyok következetlen, ha összetett atomokról beszélek.”58

58M. T. OaepniTeiÍH: Hcmopun yneHUH o McuieKyji e xumuu 23. (Ü3A. Aica^. HayK. CCCP, MocKBa)

Dalton tehát kiterjeszti az atom fogalmát, összetett atomokról beszél molekulák helyett, holott jól tudja, hogy ez utóbbiak állandósága csak viszonylagos. Úgy tűnik tehát, hogy Dalton atomfogalma már viszonylagos változatlanságot, viszonylagos szubsztanciát jelentett, semmi esetre sem tételezte fel, hogy csak egyféle erőhatással szemben lehetséges atomos viselkedés.

Számára az atom valamely dolog legkisebb, a dolog természetét még mutató részecske volt.

A XIX. század harmadik évtizedétől más kémikusok is - pl. Dumas - egyre határozottabban fogalmazzák meg, hogy az atomosság, ha létezik, akkor meghatározott erők függvényében jön létre. A **relatív atomosság fogalma** tehát jóval több, mint az a pusztán szaktudományi feltevés, mely a későbbiek során az atomok felbonthatóságának felfedezésével tapasztalatilag is igazolódik. Olyan fogalom ez, melyhez éppen úgy elméleti- gondolati, mint tapasztalati úton jutottak el.

### 3. A kémiai atomelmélet válsága és megszilárdulása

A közfelfogás úgy tartja, hogy Dalton a szaktudomány számára elfogadható módon kidolgozta a klasszikus kémiai atomelméletet, s ennek megfelelően az atomelmélet evolúciós fejlődését tételezi fel a klasszikus szerkezeti kémia és a periódusos törvény kialakulásáig. Valójában azonban nem beszélhetünk az elmélet evolúciós fejlődéséről, az atomelmélet XIX. századi fejlődése 3 alapvető szakaszt mutat59.

59D. M. Knight: Atoms and Elements

Dalton hipotézisét, s részleges tapasztalati igazolásának megszületését követő felfutási periódust az atomelmélet hiányosságainak felfedezése, e hiányosságok kiküszöbölésére irányuló törekvések kudarca, s egy közel fél évszázados elméleti válság követi. E válságkorszakban ugyan egyre inkább nyilvánvalóvá vált, hogy a kémiának szüksége van az atomelméletre, mégis viszonylag hosszú ideig tartott, míg a kémikusok az atomelmélet belső problémáin úrrá tudtak lenni. Az atomelméletet általánosan csak a 60-as évek elején fogadták el.

Az atomelmélet válságszakaszát számos tényező bonyolult kölcsönhatása okozta, szaktudományi problémák, filozófiai-tudomány módszertani okok egyaránt szerepet játszottak kialakulásában.

#### A. A válság okai

E témakör áttekintéséhez induljunk ki abból, hogy mit várt e kor egy tudományos elmélettől? Általában mindenki elfogadta alapelvként, hogy egy elmélet feladata a tapasztalatok rendszerezése és tudományos előrelátások biztosítása. Megfelelt-e a kémiai atomelmélet ennek a követelménynek?

Kétségtelen, hogy a daltoni megfogalmazásban erre maradéktalanul még nem volt képes. Az elmélet gyakorlati felhasználása, a tapasztalatok rendszerezése nem volt lehetséges az atomsúlyok ismerete nélkül, ez viszont megkövetelte az önkényes egyszerűségi elv alkalmazását. A vegyületek összetételének ily módon való megállapítása, s az így számított molekulasúlyok már igen hamar ellentmondásokra vezettek. Az atomista Avogadro pl. maga is bírálni kénytelen Daltont, aki az egyszerűségi elv alapján feltételezett H-0 vízösszetételből 8-as mólsúllyal számolt, míg Avogadro más módon ennek az értéknek közel kétszeresét fogadta el.60 A kémiai atomelmélet válsága szempontjából kevésbé fontos, inkább tudománytörténeti érdekesség, hogy Dalton maga sem fogadta el a Gay- Lussac-törvényeket, illetve az Avogadro-hipotézist. Ennek oka, mint láttuk, a gázok szerkezetéről alkotott sajátos elképzelése, miszerint azonos atomok taszítják egymást, s a gázokban az atomtávolságok azonosak. “Zavaros eszme - írta Dalton -, hogy adott térfogatú oxigéngáz ugyanannyi részecskét tartalmaz, mint a hidrogén” 61

60D. M. Knight: Atoms and Elements

61D. M. Knight: Atoms and Elements

Milyen megoldási lehetőség kínálkozott az egyszerűségi elvből fakadó ellentmondások kiküszöbölésére?

Mivel a felmerült problémák éppen az atomelmélet hipotetikus részéből adódtak, az egyik kínálkozó lehetőség az volt, hogy szét kell választani egymástól az elmélet tapasztalati bázisát - a súlyviszonytörvényeket - és az atomhipotézist, mint önkényes, igazolhatatlan felépítményt. El kell vetni a “nyilvánvalóan önkényes” nézeteket az anyag atomos felépítéséről, csupán a tapasztalat által igazolt súlyviszonytörvényeket kell megtartani, de azokat nem az atomokra, hanem a kísérletekben szereplő anyagmennyiségre, az ekvivalensekre kell vonatkoztatni. Ezt az utat követte pl. Wollaston, aki az ekvivalenssúlyok rendszerét dolgozta ki, s Cavy is, aki Dalton munkásságából csak a többszörös súlyviszonyok törvényének megfogalmazását tartotta jelentősnek.62 E felfogás látszólag azzal az előnnyel járt, hogy megmaradtak a tudományos előrelátások lehetőségét biztosító tapasztalati törvények, az elmélet problematikus része, az atomhipotézis nélkül. Itt nincs hely annak részletes elemzésére, hogy miért vélekedett így igen sok kémikus a XIX. sz. első harmadában. Csupán arra szeretnénk rámutatni, hogy a tudományos elmélet és az elmélet tapasztalati bázisának szétválasztása, majd ezek szembeállítása mind a kémiában, mind az újkori természettudományos gondolkodásban gyakorta megfigyelhető. Az okok nagyon különbözőek, kezdve a gyakorlati szempontból használhatatlan hipotézisektől való idegenkedéstől, olyan fogalomrendszerekre épülő elméletek kialakulásáig, ahol az egyes fogalmak értelmezése nehézkes (1. a modem fizikai elméletek fogalomértelmezési vitáit).

62Classical Papers, Chemistry 87-110 (Mills-Boom, London, 1968)

A válság kialakulása szempontjából a legfontosabb okot az atomsúly-meghatározások pontatlansága jelentette. Azok számára, akik elvben elfogadták a kémiai atomelméletet, hamar nyilvánvalóvá vált, hogy az atomelmélet gyakorlati alkalmazásának nélkülözhetetlen feltétele az atomsúlyok kielégítő pontosságú meghatározása. Ez a feladat azonban a kutatók számára nem csupán méréstechnikai, hanem nem várt elvi problémákat is felvetett, s jó néhány buktatót rejtett magában. Az itt felvetődő nehézségeket akkor érthetjük meg a legjobban, ha a kor egyik kiemelkedő kémikusa, J. B. Dumas munkásságának e szakaszát vesszük szemügyre. Dumas egyik cikkéből, amelyet 1826-ban írt, kitűnik, hogy a szerző jól látja az ellentmondást: az atomelmélet ugyan egyre szélesebb jelenségkör magyarázatát nyújtja, de az önkényes egyszerűségi elv bizonytalan alapot jelent az elmélet számára63. Az Avogadro- törvényt elfogadva, Dumas egy új, gőzsűrűségmérési módszeren alapuló eljárást dolgozott ki, hogy pontos atomsúlyértékekhez juthasson. Mérései során azonban néhány olyan anyagot is megvizsgált (AsH3 PH3, S), amelyekre nézve a mért atom-, illetve mólsúlyok nem voltak összeegyeztethetőek a más módszerek alapján nyert értékekkel.

63J. B. Dumas: Annales de Chimie 33, 337, 1826.

Dumas hosszú időn át végzett kísérleti munkája nem hozott eredményt, az eltéréseket nem sikerült kiküszöbölni, s nem sikerült magyarázatot találni a felsorolt anyagok rendellenes viselkedésére. (A kudarc oka ma már nyilvánvaló. Fenti anyagok gőzállapotban asszociálódnak, a mért mólsúlyok ezért nem feleltek meg a tapasztalati képleteknek. Az eltéréseket csak úgy lehetett volna megmagyarázni, ha Dumas felismeri az asszociáció jelenségét, amit azonban csak a múlt század ötvenes éveiben bizonyított be Deville.)

Dumas jellemző módon reagált a kudarcra. Tízévi munkája eredményét végül is az atomizmus vehemens elutasításaként fogalmazta meg:

“Ha hatalmamban állna, kitörölném az atom szót a tudományból, mert meggyőződésem, hogy a tapasztalatunkból hiányzik, s a kémiában soha nem kell tovább mennünk a tapasztalatnál”.64 <<<(((kísért az atom eredeti fogalma, hogy feltételezett határeset, nem mérhető de magyarázatokhoz szükséges -FÁ)))>>>

64J. B. Dumas: Philosophie Chimique (Paris, 1836) 306.

Dumas nézete empirista tudományfelfogást tükröz. Véleménye azért figyelemre méltó, mert jól mutatja, hogy az atomelmélet válságkorszakában a megoldatlan szaktudományi problémák látszólag alátámasztották az elmélettel szembeni filozófiai-tudománymódszertani ellenérveket.

#### B. A válság megoldódása

Az atomelmélet azért került válságba, mert bizonyos, széles körben elfogadott elemi tudományos normákat nem teljesített, s a válság úgy oldódott meg, ahogyan bővültek az elmélet magyarázó fogalmai és a tudományos előrelátások lehetősége. A XIX. század ötvenes éveiben Cannizzaro tevékenysége jelenti e folyamat első szakaszát. Cannizzaro a felhalmozódott ismeretanyag alapos elemzése révén kimutatja az Avogadro-törvények alkalmazhatóságát. Ez a felismerés komoly érv az atomhipotézis elfogadása érdekében, mert segítségével megoldódik az a probléma, hogy a korábbi atomelmélet az ismert tények egy részét nem tudta értelmezni. A vegyértékfogalom és a periódusos törvény felfedezése további döntő bizonyítékot képeztek, mert segítségükkel igazolták, hogy az atomelmélet tudományos előrelátások lehetőségét nyújtja. Az atomelmélet alapján kifejlődött atomsúly- és vegyértékfogalom tette ugyanis lehetővé egyrészt a periódusos törvény felállítását, mely után a szervetlen kémiai kutatás új szakaszba lépett, másrészt ezekre a fogalmakra épült a klasszikus szerves kémiai szerkezetelmélet is. E felfedezések segítségével számos új tapasztalatra tettek szert a kémikusok, melyek az atomelmélet további közvetett bizonyítékait képezték. E tények a kutatók döntő többségét meggyőzték arról, hogy az atomelmélet, ha nem is nélkülözhetetlen és igaz, de legalábbis hasznos.

### 4. A tudományos törvény problémái Mengyelejev és L. Meyer munkásságában

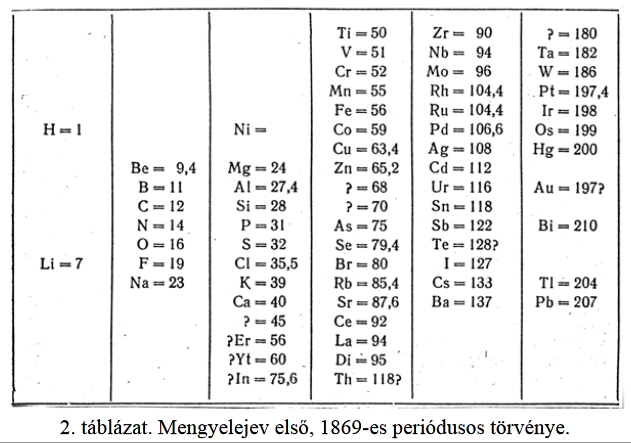
#### A. A periódusos törvény felfedezése

Alapvető törvény, <<<(((inkább tapasztalat -FÁ)))>>> hogy a tudományok egyenlőtlenül fejlődnek. Ennek következménye, hogy adott korban általában létezik egy vagy több olyan tudomány, amely kora élenjáró tudományának tekinthető, s amelyben a tudományfejlődés magasabb szintje valósul meg. A fejletlenebb tudományok számára ezek módszerei, felépítése mintaként szolgálnak. Ezt a tendenciát természetesen korlátozzák az egyes szaktudományok specifikus különbségei, általában azonban e minták létezése elősegíti a fejletlenebb tudományágak fejlődését. A XIX. századi tudomány egyik alapvető feladata az volt, hogy az egyes tudományágak területén kvantitatív törvényeket keressenek. Tudjuk, hogy ehhez a munkához elsősorban a fizikai kutatás adott modellt, ami pedig a matematikai eszközöket illeti, a matematikai analízis ebben az időszakban már igen komoly fejlettségi szintet ért el.

Mindezt azért szükséges elöljáróban megjegyezni, mert a periódusos törvény felfedezésében igen lényeges szerepet játszott, hogy L. Meyer és Mengyelejev milyen nézeteket vallottak a tudományos törvény sajátosságairól, szerepéről. Az esemény, melyet vizsgáltunk, röviden a következőképpen foglalható össze:

L. Meyer lényegében 1860 óta folyamatosan dolgozott az elemek egységes rendszerének kidolgozásán. Az elemek viselkedésében tapasztalható periodicitás létezését azonban - alig kéthónapos munka után - Mengyelejev fedezte fel 1869-ben.

Mivel magyarázható, hogy éppen Mengyelejev jutott el először a törvény felismeréséhez (2. táblázat)?



Az előzményeket a következőkben foglalhatjuk össze.

A kutatók eljutottak odáig, hogy a hasonló viselkedést mutató elemeket családokban rendszerezték.

Bizonyos hasonló elemek atomsúlyai között egyszerű szabályszerűségeket fedeztek fel (Döbereiner, Pettenkoffer).

Közben, mint láttuk, Lavoisier és Dalton működésének eredményeként létrejött a kémiai elemfogalom, amely most már az elvont általános szintjén is megfogalmazódott.

Az elemek rendszerezése ezzel ellentmondásos szakaszba jutott. Az elemek mint “elemek” az elvont általános szintjén azonosnak minősültek, ugyanakkor az elemcsaládokba való rendszerezés azt a logikát követelte meg, hogy az adott elemcsaládba tartozó elemeket élesen szembeállítsák a más családba soroltakkal. A rendszerezést formális logikai oldalról a “kizáró vagy” viszony alkalmazása jelentette. Bizonyos elemek vagy hasonlóak egymáshoz és egy csoportba tartoznak, vagy különbözőek egymástól és különböző csoportokba kerülnek, de a csoportok között semmiféle kapcsolat nem volt a különös szintjén megadható.

A kémiai elemek egysége tehát csak az elvont általános szintjén volt ismeretes ebben a korban - ezt fejezte ki a kémiai elemfogalom. Az egyes elemcsoportok között - tehát logikai értelemben a különös szintjén - csupán a csoportokon belüli hasonlóságokat állapították meg, a felismert törvényszerűségek csak a csoportokon belül voltak érvényesek, de hiányzott az átmeneteket jellemző törvény. Ebben rejlett az elemrendszerezés ellentmondásossága; gyakorlatilag sikerült ugyan szinte minden elemet valamilyen részosztályba, csoportba sorolni, de ezek egymásról függetlenül léteztek. A különböző táblázatokban éppen ezért az egyes elemcsoportok egymáshoz való viszonya teljesen esetleges volt.

A periódusos törvény felismerése egyrészt megszüntette ezt az esetlegességet, mert az egyes elemcsoportokat is jól meghatározott viszonyba állította egymással, másrészt kifejezte azt a fontos körülményt is, hogy az egyes elemek közötti kapcsolat nem a többiekhez való hasonlóság vagy különbség, hanem az egyes elemek a hasonlóság és különbség átmenetei, csomópontjai egy egységes rendszeren belül.

Nézzünk egy klasszikus kémiai fogalomkörből származó, egyszerű példát. Az ón fémes és nemfémes módosulatát régóta jól ismerték a kémikusok. E két módosulat léte jól szemléltette egy vonatkozásban a hasonlóságot és különbséget, illetve ezek átmenetét. A széncsoport kisebb atomsúlyú elemeit mint nemfémes elemeket ismerték, az ólmot viszont egyértelműen a fémek közé sorolták. A fémes sajátságok tendenciózus változása ugyanakkor a negyedik periódus mentén is megfigyelhető volt, tehát az egyes csoportok közötti átmenet, kapcsolat is tükröződött a rendszer alapján.

#### B. A törvényfogalom eltérő felfogása L. Meyer és Mengyelejev munkásságában

Miben állt e két kutató törvényfogalmának és a törvényfeltárás útjára vonatkozó nézeteinek különbsége? A lényeges különbségek a következőkben foglalhatók röviden össze65:

65Д. И. Менделеев:Периодический закон(Изд. Акад. Наук. СССР, Москва 1958)

* A törvény csak akkor tudományos jellegű, ha kvantitatív (L. Meyer).
* A kvantitatív jelleg az egzaktság fokára vonatkozik (Mengyelejev).
* A törvény nem a dolgok természete és viselkedése között fogalmazható meg, hanem csak a természet és viselkedés egy-egy kísérletileg közvetlenül vizsgálható paramétere között. Az elemek “természete” és “viselkedése” között feltételezett törvény legfeljebb szemléleti segédeszköz, valóságos tartalmát a kvantitatíve ismert paraméterek közötti viszonyok adják. Ilyen pl. az atomsúly-atomtérfogat görbe (L. Meyer).
* Törvény fogalmazható meg az “egészek”, a dolgok természete és viselkedése között is, nemcsak a kísérletileg vizsgálható paraméterek között. Az ilyen törvény tartalma több, mint az egyes paraméterek között felállított törvények összeségében kifejezésre jutó tartalom (Mengyelejev).
* Az adatokhoz képest a törvény mindig hipotetikusabb, lévén azok alapján felállítható. Valahányszor a tételezett törvény (szabály) és egy adat, egy egyedi tény között ellentét van, akkor a törvény módosítandó, miután az egyedi adatokhoz képest a törvény szubjektív mozzanatot tartalmaz. <<<(((elhagyhatatlanul -FÁ)))>>> Tehát nem megengedhető az a módszer, hogy a feltételezett törvény alapján adatokat kétségesnek minősítünk, és azokat a törvény érvényesítése céljából önkényesen megváltoztassuk (L. Meyer).
* A törvény szükségszerűséget fejez ki, így az alá sorolható egyedi adatok megítélése nemcsak lehetséges, hanem szükséges is (Mengyelejev).

Úgy vélem, ezek után érthető, hogy Mengyelejevnek volt “bátorsága” az elemek rendszerét - növekvő atomsúlyaik alapján - törvénynek tekinteni.

“Az elemek viselkedése atomsúlyuk periodikus függvénye” - fogalmazza meg a törvényt, s igen tanulságos, hogyan reagál erre L. Meyer:

“Már 1864-ben sikerült a különböző elemcsaládokat azonos sémába vonni... Mengyelejev röviddel ezelőtt kimutatta, hogy egy ilyen rendszerhez úgy is eljuthatunk, hogy az elemeket tudatos vizsgálódás nélkül sorbaállítjuk, e sorokat bekezdésekre osztjuk, majd a bekezdéseket változtatás nélkül sorbaállítjuk”.66

66L. Meyer:Die moderne Theorien der Chemie(Breslau, 1872).

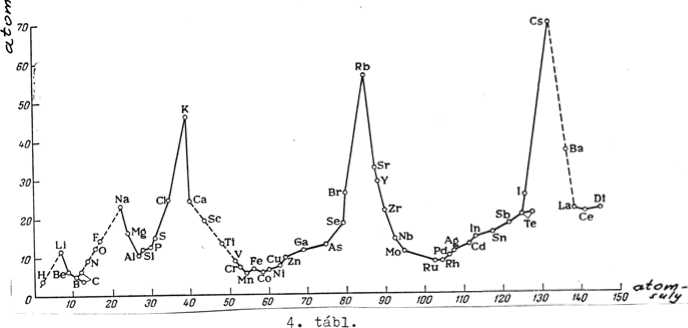
Meyer tehát Mengyelejev táblázatát egyszerűen egy formális rendszerezési lehetőségnek tekintette. Miután a két táblázat lényegében megegyezett, nyilvánvaló, hogy a periodicitást saját táblázatában sem látta. Nézzük meg, hogy miért? A tudománytörténet-írás - meglepő módon - teljesen figyelmen kívül hagyta azt a tényt, hogy a mengyelejevi törvényt L. Meyer és Mengyelejev teljesen eltérő módon értelmezte. Meyer a következőket mondta:67

67L. Meyer:Ostwalds Klassiker, 13, 68 (Leipzig, 1895) Die Natur der chemischen Elements.

* “(Mengyelejev táblázata) azt a koncepciót nyújtotta nekünk, hogy az elemek tulajdonságai atomsúlyaiknak periodikus függvényei ... ugyanaz vagy hasonló tulajdonság tűnik fel újra az atomsúly bizonyos értékénél. Bármily meggyőző is azonban ez a megfigyelés, teljesen sötétben hagy bennünket a tulajdonságok megváltozásairól azon perióduson belül, amelynek végén megismétlődnek a kezdetnél észlelt tulajdonságok".

S ehhez még hozzátette L. Meyer: csak a vegyértékek változnak folyamatosan. A természettudós, hogy ne legyen “önkényes”, mindent megtett, hogy az adott lehetőségek között a lehető legkevesebbet mondja ki. A periódusos törvény Meyer szerint nem tudományos törvény, mert nem kvantitatív, mert az elemek viselkedéséről és nem ezeknek egy empirikus, kvantitatíve vizsgálható sajátságáról szól, s mert csupán a vegyértékeknél mutatkozik “átmenet”. Így tartalma nem több, mint az a majdnem triviális állítás, hogy meghatározott - de általános szabályként ismeretlen - atomsúly-növekedés után az elemek viselkedése periodikusan visszatér. Mint ismeretes, Meyer így is látott benne bizonyos heurisztikus jelentőséget, és óvatosan bár, de alkalmazni kezdte, s kimérte az atomsúly-atomtérfogat viszonyt kifejező görbét. Lényegében ezt tekintette az első periódusos törvénynek (1. az ábrát)68.’

68L. Meyer: Die moderné Theorien



Meyer atomsúly-atomtérfogat görbéje

A Mengyelejev és L. Meyer közötti nézetkülönbségeket jól mutatja még a későbbiekben az “ekaelemek” felfedezése körüli vita is.

Nagyon jól ismert tudománytörténeti példa, hogy miután Boisbaudran francia kémikus felfedezte a galliumot és közölte néhány fizikai adatát, Mengyelejev rámutatott, hogy a periódusos rendszerben elfoglalt helye alapján a galliumra más sűrűségérték várható. Az ismételt mérés igazolta Mengyelejevet. Kevésbé ismeretes viszont, hogy L. Meyer az ekaelemek felfedezése után is úgy nyilatkozott, hogy itt bizonytalan törvényszerűségek alapján való szerencsés jóslásról volt szó69.

69L. Meyer: Die moderné Theorien

### 5. A klasszikus kémiai szerkezetelmélet kialakulása. “A kémiai szerkezet” fogalmának különböző megközelítési módjai

A XIX. sz. középső harmada az az időszak, amikor a klasszikus kémiai szerkezetelmélet kialakulásának feltételei létrejöttek. Ha az e témával foglalkozó kutatók nézeteit áttekintjük, egy érdekes kettősséget vehetünk észre. A kémikusok egy csoportja úgy vélte, hogy vegyületek tulajdonságait az atomokból kiindulva kell megmagyaráznunk, méghozzá oly módon, hogy a vegyületek bizonyos makroszkopikus tulajdonságait egyszerűen hozzárendelik a kémiai elemek atomjaihoz, feltételezve, hogy e tulajdonságok az atomok belső, igen állandó sajátosságai. Lényegében ezt a nézetet képviselte Kekülé, Couper, Frankland. E felfogás hívei az atomokból felépülő molekulákat a makrotestek állandó, elemi építőköveinek tekintették, amelyek általában rendelkeznek mindazon tulajdonságokkal, mint a belőlük felépülő test.

A kutatók más csoportja viszont úgy vélte, hogy a “kémiai szerkezet” fogalma tulajdonképpen relatív, mert a vegyületek különböző reakcióikban különböző szerkezetet mutatnak. Ezt a nézetet képviselte pl. Gerhardt. Érdemes egy általa idézett példával megvilágítani felfogásának tapasztalati alapjait. Gerhardt - egyébként nagyon helyesen - felismeri, hogy az ecetsav, mai szóhasználattal élve hol acilező, hol acetilező, hol pedig karboxilező szer, ill. különböző reakciókban különböző funkciós csoportjaival reagál. Gerhardt az ilyen típusú megfigyelésekből arra következtetett, hogy nincs értelme valamely anyag állandó kémiai szerkezetéről beszélni, csupán “reakcióformulák” léteznek, amelyekkel az egy-egy adott reakcióban tanúsított viselkedést lehet jellemezni.

Itt nincs mód arra, hogy ezen tudománymódszertani szempontból igen érdekes vita részleteire és egyéb vonatkozásaira rámutassak. A probléma lényege jelenlegi ismereteink alapján világos: a szerkezetfogalom e szélsőséges felfogásai között szintézist csak azután lehetett teremtem, miután világossá vált, hogy milyen típusú erőhatások alakítják ki a vegyületek szerkezetét. Erről pedig XIX. századi eleink nagyon keveset tudnak. Ezért érdemel figyelmet Couper, majd később Butlerov egy-egy megjegyzése, akik azt is tudták - hogy mit nem tudnak.

Couper:70

“Amikor az individuális elemek minden sajátságát és erejét meg fogjuk ismerni, akkor lesz arra lehetőségünk, hogy a vegyületek szerkezetéről, amelyek az elemekből képződnek, világos képet alkothassunk.”

70A. Se. Couper: Phil. Mag. 104—116, 1858.

Butlerov:71

“Igaz, hogy nem ismerjük azt a kapcsolatot, amely fennáll a bonyolult részecskékben az atomok kémiai kölcsönhatása és azok mechanikai elhelyezkedése között, így nem tudjuk, hogy közvetlenül érintkeznek-e egymással a kémiailag közvetlenül egymásra ható atomok, de ennek ellenére sem lehet tagadni..., hogy az összetett test kémiai sajátosságait főképpen alkotóelemeinek kémiai kapcsolatai határozzák meg.

71 A. M. Butlerov: Lehrbuch dér organischen Chemie (Leipzig, 1868).

Kiindulva abból a gondolatból, hogy minden kémiai atom, amely az adott test összetételében szerepel, részt vesz annak létrehozásában és hatását a neki megfelelő mennyiségű kémiai erővel (affinitással) fejti ki, kémiai szerkezetnek azon erők hatáselosztását nevezem, amelyek következtében - egymásra közvetlenül vagy közvetve hatva - ezek kémiai részecskévé egyesülnek.”

#### A. A vegyérték-fogalom megjelenése

E fogalom kialakulásának eseménytörténetét a tudománytörténeti irodalom elég részletesen taglalja.72 így e folyamatnak csupán néhány állomását kívánom jelezni.

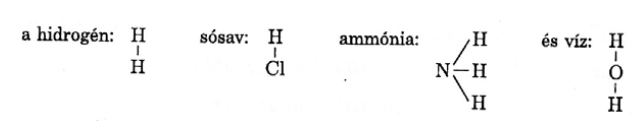
72C. Russel: The History ofValency (Oxford, 1971).

Dalton óta tudták: a vegyületeket alkotó elemek atomjai között meghatározott mennyiségi összefüggések állnak fent. Mivel a kor gondolkodásmódjának megfelelően a vegyületek tulajdonságait rendre hozzárendelték az atomokhoz, nem meglepő, hogy előbb-utóbb sor került e fogalom bevezetésére.

Russel73 helyesen mutat rá, hogy a vegyértékfogalomhoz két úton is el lehetett jutni, mind az ún. “gyökelmélet”, mind az ún. “ típuselmélet “ alapján. Ismeretes, hogy a XIX. sz. első felében a vegyületek összetételére vonatkozó tapasztalatok alapján a kémikusok egy része úgy gondolta (Kőibe, Frankland), hogy a vegyületek rendszerezése a kémiai reakciókban többé-kevésbé állandónak mutatkozó atomcsoportok - a gyökök - segítségével lehetséges. Mások viszont úgy vélték (Gerhardt, Laurent), hogy a vegyületek négy ún. alaptípusba,74 ill. az ezekből leszármaztatható alcsoportokba sorolhatók. Bár e két felfogás hívei más módon közelítették meg mind a vegyületek rendszerezésének, mind kémiai szerkezetének kérdéseit, kétségtelen, hogy tevékenységük során bővült az a tapasztalati bázis, amelyből arra lehetett következtetni, hogy a kémiai elemek atomjai bizonyos szabályszerűségek alapj án alkotnak vegyületet más elemek atomjaival, és ezek a mennyiségi viszonyok atomi tulajdonságokat fejeznek ki. Jól látható ez a törekvés pl. Odling egy közleményében75, aki, miután megpróbált néhány fémoxidot és hidroxidot a típuselmélet szerint csoportosítani, bevezeti a “többatomos” elem fogalmát és azt a következő jelölésekkel szemlélteti: H’, O”, K’, Sn”, B”’, Fe”.

73C. Russel: uo.

74Gerhardt szerint a vegyületeket négy ún. alaptípus - és víz:



valamelyikébe lehet besorolni. E csoportokat később alcsoportokkal bővítették, áttekinthetetlen rendszert teremtve.

75W. Odling: ,J. Chem. Soc . 7, 1-22, 1854.

Ez a gondolat - ha még nem is nevezik nevén a vegyérték-fogalmat - már nagyon világosan kitűnik Kekülé egy 1857-ben megjelent cikkéből:76

76A. Kekülé: Annales dér Chenue 104,129-150, 1857.

“Valamely elem atomjainak a száma, amely egy másik elem atomjaihoz kapcsolódik, az alkotórészek rokonságának mértékétől függ. Ebből a szempontból az elemek 3 csoportba sorolhatók:

egyatomosak (H, Cl, Br, K)

kétatomosak (O, S)

háromatomosak (N, P, As)

Ebből következik, hogy a vegyületeknek is 3 fő típusa lehet, amelyeknek a leggyakoribb képviselői: HH, OH2, NH3.77

77 A. Kekülé: Annales dér ('henne 101,200-213, 1857.

Ugyanebben a cikkben megjegyzi, hogy:

“A szén... 4 értékű, vagy 4 atomos, azaz egy atom szén ekvivalens 4 atom hidrogénnel. Ezért az első csoport legegyszerűbb szénvegyületei a CH4, vagy CC14”.

Úgy vélem, a tudománytörténeti irodalom egy fontos mozzanatra nem hívta fel eddig a figyelmet. Bizonyos, hogy a korábban említett rendszerezési kísérletek kudarca is nagymértékben hozzájárult a vegyértékfogalom kialakulásához. Mind a gyökelmélet, mind a típuselmélet rendszerezési káoszt eredményezett, s az ezt követő kritikák során fogalmazódott meg igen határozottan, hogy az eredményes rendszerezésnek csak az lehet az alapja, ha mint magyarázó elvhez, visszatérnek az elemek atomjainak sajátságaihoz. Szinte természetes, hogy ez a “visszatérés” a XIX. században szükségképpen uralkodó, mechanisztikus rész-egész felfogás keretében ment végbe. Ennek lehetünk tanúi Couper egy cikkében is,78 melyben a szerző a következőképpen bírálja a gyökelméletet:

“... éppen annál a pontnál bénítja meg a kutatást, ahol az magyarázatra szorul, mivel végső elemeknek bélyegez meg olyan testeket, amelyekről tudjuk, hogy nem azok. ... Nyilvánvaló, hogy az egész mindig egyszerűen a részek származéka. Következésképpen, e kvázielemek sajátosságai egyszerűen következményei az őket alkotó elemek sajátosságainak.”

78A. Se. Couper: Phil. Mag. 104-116, 1858.

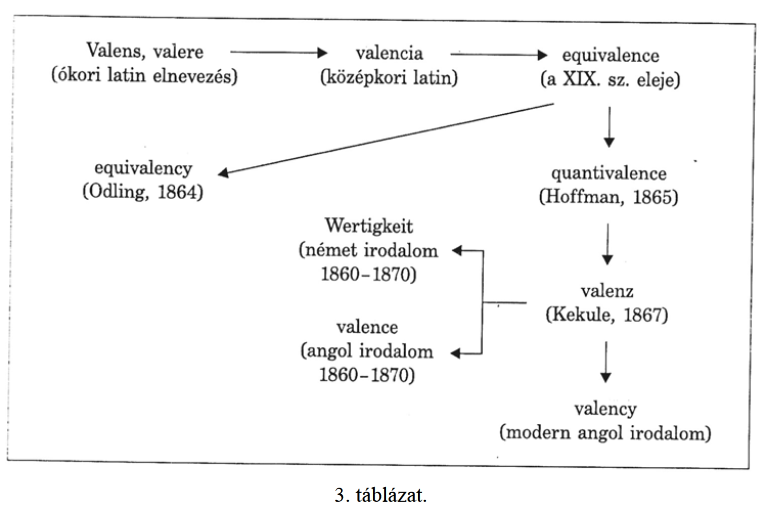
C. Russel a már idézett művében egy érdekes táblázatot közöl a vegyértékfogalom etimológiájának történetéről (3. táblázat). Ami a szóhasználatot illeti, a tudománytörténeti irodalomból megállapítható, hogy a “vegyérték” (valenz) kifejezést Kekülé használta elsőként:

“Mikor a vegyületek atomi szerkezetének értelmezésekor nehézségekkel találtam szemben magamat, éveken át egy sajátos módszert alkalmaztam, nevezetesen, a különböző vegyértékű (valenz) atomokat különböző méretűeknek tüntettem fel. “79

79A. Kekülé: Lehrbuch dér Chemie Teil 2, 34, (1861).

C. Russel80 ezzel kapcsolatban feltételezi, hogy Kekülé és munkatársai hosszú időn át azonos értelemben használták a “vegyérték” (valenz) és a quantivalence kifejezéseket. (Ez utóbbi kifejezésnek nincs jó magyar megfelelője. Kekülé és kortársai az atomoknak azt a tulajdonságát próbálták így jellemezni, hogy azok általában más elemeknek egy vagy több atomjával képesek összekapcsolódni.)

80C. Russel: idézett mű.



Bár a problémakör részletes elemzésére itt nincs lehetőség, érdemes megjegyezni, hogy e téren komoly terminológiai zűrzavar mutatkozott a múlt században. A különböző szerzők - mint erre Frankland81 már 1857-ben rámutatott - lényegében hasonló értelemben használták az atomosság, atomi erő, egyenértékűség és a vegyérték fogalmakat. W. Ostwald 1904-ben megjelent és számos nyelvre lefordított tankönyvében82 pl. még mindig az “atomosság” kifejezést használta!

81E. Frankland: J. Chem. Soc . 19, 372-395, 1867.

82W. Ostwald: Lehrbuch dér Chemie (Berlin, 1904).

#### B. Az állandó és változó vegyérték fogalma

A vegyületek összetételére vonatkozó adatok gyarapodásával a kémikusok elég hamar szembetalálták magukat a problémával: egyazon elem atomjairól fel lehet-e tételezni, hogy a vegyértékük változó? Első pillantásra talán meglepőnek tűnik, hogy a kérdés megválaszolása egyáltalán gondot okozhatott, hiszen a XIX. sz. középén már számos olyan vegyületet ismertek (pl. a nitrogén, a foszfor, az arzén, a szén stb. oxidjait), amelyekben 2 elem különböző összetételben fordult elő, és mint tudjuk, már Dalton működése óta ismerték a többszörös súlyviszonyok törvényét is!

Ne feledjük el azonban, hogy a XIX. sz. “következetes”, az atomelmélethez hű kémikusainak számára, az atomok változatlanságának elvéből logikailag szinte egyértelműen következteted, hogy minden anyagi tulajdonságot, amelyet hozzárendeltek az atomokhoz, hasonlóan változatlannak tételezzék fel. A kémikusok egy csoportja ezért - és közéjük tartozott Kekülé is - inkább vállalta, hogy mai szemmel nézve szinte groteszk szerkezeti formulákkal83 írja le az atomok kapcsolódását, annak érdekében, hogy a “vegyérték”, mint atomi tulajdonság, állandó maradjon. A vegyérték - mondja Kekülé -84

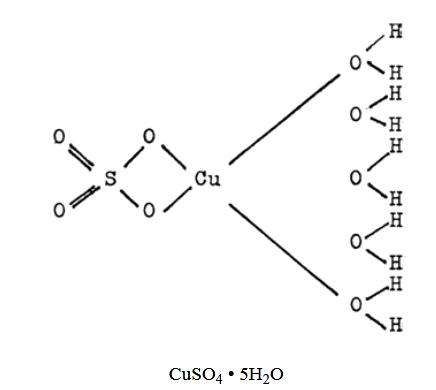
„ …fundamentális atomi tulajdonság, ugyanolyan állandó és változatlan sajátosság, mint maga az atomsúly”.”

83Néhány példa arra, hogy bizonyos elvekhez való ragaszkodás milyen következményekkel járt. Wtirtz, aki feltételezte, hogy a klór mindig egy vegyértékű, a CI2O7 és a HCIO4 szerkezetét a következő formulával jellemezte:

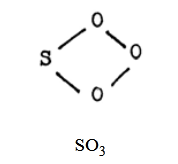
Cl-O-O-O-O-O-O-Cl

H-O-O-O-O-Cl

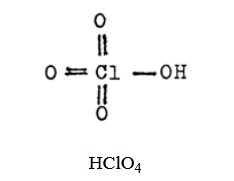
Ugyancsak tőle származik a következő képlet:



A kén kétvegyértékűségének gondolata jelenik meg Meyer S03 formulájában:



Végül is a **véletlenen** is múlott, hogy a formális gondolkodás segítségével egy-egy esetben jobban megközelítették a valóságos struktúrákat. <<<(((csak a tapasztalat, csak annak lehet elismertsége. Ha a pedig a logika az erősebb és rossz a mérésből levont következtetés, akkor az „véletlen”? ilyenek a divatos reflexek. -FÁ)))>>> Kemmerer perklórsav-képlete, amelyet kb. egy időben publikált, mint Würtz a fenti formulát, már közelebb jár az igazsághoz:



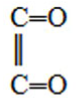
84A. Kekülé: Comp. rend. 58, 510-514, 1864.

E témakör részletes elemzését azért nem tartom szükségesnek, mert számunkra már nyilvánvaló, hogy az e téren jelentkező ellentmondásokat - nevezetesen az összetétel állandóságának és változékonyságának problémáját - a klasszikus kémia fogalomrendszerében nem lehetett feloldani, ehhez a kémiai kötés mibenlétének a megismerésére volt szükség.

Érdekességként csupán arra szeretnék utalni, hogy Mengyelejev - aki egyébként igen sok vonatkozásban meglehetősen konzervatív atomista - nem fogadja el a “vegyérték” állandóságának elvét. Ennek egyik oka kétségtelenül az, hogy a vegyértékfogalom abszolutizálása a periódusos törvénynek is ellentmondott volna. Rá kell azonban mutatni arra is, hogy Mengyelejev elsősorban szervetlen kémiai kutatásokat folytatott, így olyan tapasztalati bázisról szemlélte a kémiát, amely nem is szolgáltatott kiindulópontokat a vegyérték állandóságának feltételezéséhez. Cikkei, közleményei alapján tudjuk, hogy pl. fémoxidok, fémhidroxidok, metalloidok85 tulajdonságait vizsgálta. Ezek a vegyületek pedig változó összetételt mutattak. Nyilvánvaló, hogy más következtetésekre juthattak azok a kémikusok, akik elsősorban szerves kémiával foglalkoztak. Ők ugyanis, ha feltételezték a szén, a hidrogén és az oxigén vegyértékének állandóságát, lényegesen kevesebb problémával találták magukat szemben

85 Д. И. Менделеев:Сочинение15, 295 (Изд. Акад. Наук. СССР, Москва 1960)

A XIX. sz. utolsó harmadára végül is “kompromisszum” született a kémikusok között. Axiómaként elfogadták a hidrogén egy- és az oxigén kétvegyértékűségének elvét. Ez utóbbi meglehetősen nehéz döntés volt, mivel cserébe fel kellett adni a szén négyvegyértékűségének elvét, amely pedig, mint tudjuk, a rendkívül sikeres szerves kémiai szerkezetelmélet alapját képezte. Azon próbálkozások közül, amelyek megkísérelték menteni az egységes értelmezés lehetőségét, érdemes idézni Newlands egy ötletét.86 Szerinte a szén-monoxid a következő formulával irható le:



86Newlands: Jahresbericht über die Fortschritte dér Chemie (Giessen, 1868).

Ötlete azonban nem aratott sikert, hiszen ezidőtájt már ismerték a gázok asszociációjának jelenségét, de semmiféle tapasztalati tény nem támasztotta alá, hogy a szén-monoxid erre hajlandó lenne. A század végére terjed el a vegyértékfogalomnak az a ma is használt definíciója, amely szerint a **vegyérték az a szám**, amely megmondja, hogy egy adott elem atomja hány hidrogénatomot képes lekötni, ill. azt vegyületeiben helyettesíteni.

#### C. A kémiai kötés fogalmáról, a fizika és kémia kapcsolatának néhány kérdéséről

A kémia alapvető fogalmai közül alighanem a kémiai kötés fogalma az, amelyet a klasszikus kémia a legbizonytalanabbul tudott körülírni, s amely ezután a XX. században alapvető jelentésváltozáson ment keresztül. (Ez utóbbi tényezőt, sajnos, mind tankönyveink, mind az ismeretterjesztő irodalom kevéssé hangsúlyozza, komolyan megnehezítve ezáltal a modern szerkezeti kémia fogalmainak oktatását és megértését.)

Érthető, hogy a kémiai kötés mibenlétéről a XIX. sz. kémikusai érdemben szinte semmit sem mondhattak, hiszen gyakorlatilag teljes mértékben hiányzott az ehhez szükséges anyagszerkezeti háttér. A különböző magyarázó próbálkozások egyszerű fizikai analógiákra támaszkodtak - l. pl. Berzelius ún. dualista elméletét - ám ezek a hipotézisek már a kor tapasztalati ismeretanyagán belül is ellentmondásokra vezettek. A XIX. sz. végére a kémikusok általában tudomásul veszik, hogy a kémiai kötés valamilyen, egyelőre ismeretlen eredetű fizikai erőhatás következménye.

Mielőtt a fizika és kémia kapcsolatának néhány érdekes vonatkozására rátérnék, szeretnék még utalni arra, hogy az előbbiekben említett probléma - az állandó és változó vegyértékek hívei közötti vita - szinte szükségképpen vezetett néhány olyan fogalom megjelenéséhez, amelyeket napjainkban is használunk. Nézzünk egy egyszerű példát!

L. Meyer 1866-ban a következőket hja87

“... a jód-trikloridban (ICl3) a kémiai rokonság 3 egysége jelenik meg, közülük azonban csupán egy az, ami erős, a másik kettő gyenge. Ez abból látszik, hogy a jód-triklorid hevítésekor felbomlik 2 atom klórra és jód-kloridra (ICl). Nyilvánvaló, hogy az előbb említett klóratomok gyengébben, a ICl-ben lévők viszont erősebben kötődtek a jódatomhoz. Hasonló példák sokaságát idézhetnénk, amelyekből arra következtethetünk, hogy van alapunk feltételezni gyengébb kölcsönhatások meglétét.”

87L. Meyer: Die moderné Theorien 74, (1868).

Hasonló példák valóban bőven akadtak, és részben az ezek magyarázatára irányuló próbálkozások, részben az állandó és változó vegyérték fogalmak közötti kompromisszum-keresés végül is oda vezetett, hogy megjelent az “elsődleges” és “másodlagos” kötés fogalma. Ez a fogalompár mutatkozik meg nagyon világos formában a század végén az ún. Wemer-féle koordinációs elméletben.88

88A. Wemer: Z. Anorg. Chem.A, 276-330, 1893.

Ami a fizika és a kémia kapcsolatának általános kérdéseit illeti, a XIX. sz. második felében számos érdekes tendencia észlelhető. Változatlanul tanúi lehetünk annak a törekvésnek, hogy a mechanika és az égi mechanika módszerei modellként kellene hogy szolgáljanak a kémia számára, függetlenül attól, hogy ez a szemlélet a XVUI. sz.-ban lényegében már kudarcot vallott (Lomonoszov).

Frankland89, aki egyébként nagyon sokat tett a vegyérték és a kémiai kötés fogalmának korabeli tisztázására, így vélekedik (1854):

“A kötés (bond) terminust alkalmazván, megkísérlem, hogy az eddigieknél konkrétabb jelentést adjak ezen fogalomnak ahhoz képest, ahogy a kémikusok ezt korábban tették, pl. az “atomosság”,

“atomi erő”, ekvivalencia” fogalmakkal... Aligha szükséges hangsúlyozni, hogy ezen terminológia bevezetésével nem tételezek fel valami materiális kapcsolatot a kémiai vegyületek elemei között, habár kétségtelen, hogy ezen kötéseket.... illetve azok természetét hasonló nézőpontból kellene vizsgálni, mint ahogy ezt a naprendszert alkotó égitestek esetében tesszük.”

89E. Frankland: J. Chem. Soc. 19, 372-395, 1867.

Legalább ilyen tanulságos Than Károly véleménye is, aki egy 1904-ben megjelent egyetemi tankönyvének egyik fejezete elé a következő bevezetést irja:90

“A chemiai mechanika feladata a chemia jelenségeit a mechanika alapelveire, tehát a tömeg, tér és idő vonatkozásaira visszavezetni. Ha e nagy feladat teljesen meg volna oldva, akkor a chemia elmélete az égi testek mechanikájához, az astronomiához hasonlítana. Ekkor abba a helyzetbe jutnánk, hogy a chemiai jelenségeket deductív úton, a fáradságos empirikus kísérletek mellőzésével, elméleti úton előre meghatározhatnék. Ez esetben a kísérletet főképpen az elmélet következményeinek mennyiségi ellenőrzésére használnék. Fölösleges önök előtt az ilyen elmélet fontosságát akár a philosophia, akár az alkalmazás szempontjából bővebben fejtegetnem. Ettől ugyan még távol vagyunk, de a lefolyt század második felében ez irányban fontos törvények fedeztettek fel, melyek azon eredményre jogosítanak, hogy a chemiai rokonság rejtélyét világosabban fogjuk megérteni, és hogy idővel a föntebb említett nagy czélt a tudomány meg fogja közelíteni.“

90Than Károly: Az elméleti chemia újabb haladásáról. 1. 70,.( Orvosi Kiadó, Budapest, 1904).

Kétségtelen, hogy Lomonoszov, Frankland és Than Károly nézeteinek alapvető kiindulópontjai sok tekintetben különböznek egymástól. Lomonoszov, mint láttuk, általános természetfilozófiai meggondolások, Than Károly pedig szakmai indokok alapján hirdeti a mechanika módszereinek követését. Ez utóbbi szerző idézett művéből a továbbiakban világosan kitűnik, hogy számára a tömeghatás törvénye, ill. ennek statisztikus mechanikai megalapozása szolgáltatta a közvetlen indítékot arra, hogy a mechanikai módszerek kémiai alkalmazását ily nagyra értékelje. Ami azonban mindhármuknál közös, az éppen az, amelyet T. Kuhn ismert fel paradigmaelméletében; a fejlettebb szaktudományok mindig modellként állnak a kevésbé fejlettek előtt. Nyilvánvaló, hogy azok az elvárások, amelyek kétségtelenül jellemezték a kémikusok egy részének gondolkodását, végül is kevés eredményt hoztak. Egyrészt az a nagy fejlődésbeli különbség, amely e két tudományterület között a fizika javára megmutatkozott, másrészt az a körülmény, hogy a mechanika módszereinek, fogalmainak közvetlen adaptálása a kémia tudományon belül csak nagyon lehatárolt területeken lehetett sikeres, azt eredményezték, hogy az előbbiekben megfogalmazott várakozások általában illúziónak bizonyultak.

Ami a XIX. sz. második felét illeti, úgy gondolom, két olyan területet említhetünk, ahol a fizikai ismeretek, fizikai módszerek fejlődése kétségtelenül előnyösen hatott a kémiára. A statisztikus mechanika Maxwell és Boltzmann által történt megalapozása, ennek a kémiai termodinamikára és ezen keresztül szinte az egész fizikai kémiára kifejtett hatása igen kedvező befolyást gyakorolt ezen területek fogalomrendszerének fejlődésére, törvényeinek pontosabb megfogalmazására. Ez még akkor is igaz, ha - mint az előzőekben láttuk - egyes kémikusok túlzott reményeket tápláltak a mechanikai módszerek kémiai alkalmazásával kapcsolatban.

Nem szabad megfeledkeznünk arról a közvetett hatásról sem, amelyet elsősorban a kísérleti fizika fejlődése gyakorolt a kémia egyes területeire, annak következtében, hogy számos új mérési módszert, mérési eljárást fedeztek fel, ill. dolgoztak ki. Gondoljunk pl. a röntgensugárzás felfedezésére és ennek alkalmazási lehetőségeire a kristályos anyagok szerkezetének megismerésében, vagy az optikai eszközök gyors fejlődésére, amelyek segítségével lehetővé vált pl. különböző anyagok színképeinek felvétele. Mindezek nyomán a kutatási célokat szolgáló kémiai laboratóriumi technika oly mértékben fejlődött, hogy az e területről származó ismeretek igen nagy mértékben hozzájárultak a modern kémia megszületéséhez. Hadd emlékeztessek pl. arra, hogy a Bohr-elmélet, illetve mindazok az ezt követő elméletek, amelyek az ún. “stabil elektronkonfiguráció” fogalmát bevezették, ehhez a feltevéshez részben annak következtében juthattak el, hogy már a századforduló táján sikerült felvenni néhány nemesgáz színképét.

### 6. A klasszikus szerkezeti kémia alapelvei, ellentmondásai.

#### A. Volt-e klasszikus szerkezetelmélet?

Aligha véletlen, hogy az elmúlt században, ill. a XX. sz. elején semmiféle olyan összefoglaló mű nem jelent meg, amely kísérletet tett volna arra, hogy összefoglalja a klasszikus szerkezeti kémia alapjait. Az eddig elmondottak alapján talán érthető a korabeli kémikusok tartózkodása, hiszen a kémiai szerkezet fogalmáról alkotott nézetek távolról sem voltak egységesek, sokan a szerkezet fogalmának létjogosultságát is kétségbe vonták, a kémiai kötés mibenlétéről gyakorlatilag semmi lényegeset nem tudtak mondani.

A korabeli irodalom tanulmányozása alapján utólag azért megkísérelhetjük, hogy összefoglaljuk a klasszikus kémia legfontosabb alapelveit.

A klasszikus kötéselmélet az atom, a molekula és a vegyérték fogalmain nyugodott. Tapasztalati alapjait a XIX. sz.-ban megismert, makroszkopikus anyagmennyiségekre vonatkozó törvények (pl. a súlyviszonytörvények, az Avogadro-törvény, a gáztörvények stb.) képezték, elméleti alapját pedig egyrészt a daltoni atomelmélet, másrészt bizonyos, többé-kevésbé önkényesen elfogadott axiómák jelentették. A klasszikus kötéselmélet legfontosabb elveit a következőkben foglalhatjuk össze:

1. A kémiai kötés az atomok páronkénti kapcsolata.

2. Minden vegyület molekulákból áll.

3. A vegyérték a molekulákban levő atom sajátsága, s mindig kis egész szám.

4. A hidrogén minden vegyületben egy, az oxigén pedig két vegyértékű.

A felsorolt elvek közül a 2. és a 3. daltoni atomelmélet és a súlyviszonytörvények következménye, az 1. és a 4. pedig axiómaszerű megállapítás.

#### B. A sztereokémia kezdetei

Bár a kémia egész területét átfogó klasszikus szerkezetelmélet nem született, két részterületet feltétlenül meg kell említeni, ahol részben fenti alapelvek, részben néhány kiegészítő feltevés alapján a gyakorlatban jól használható elmélet született. Az egyik a tankönyvekből és a tudománytörténeti irodalomból jól ismert Le Bell - van't Hoff-féle elmélet. Ebben a fenti alapelvek két lényeges gondolattal egészültek ki; a szénatom tetraéderes struktúrájával és láncképzési készségével. Ez a modell lehetővé tette számos szerves molekula térbeli felépülésének megállapítását, elősegítve ezáltal a szerves kémiai szintézisek elvi alapjainak jobb megismerését, az izoméria jelenségek magyarázatát stb. A kétségtelen gyakorlati sikerek viszont egy ideig azt a látszatot keltették, hogy a sztereokémia a szerves kémia “belügye”. Jellemző, hogy A. Bayer91 1885-ben összefoglaló tanulmányt tesz közzé, amelyben 7 sztereokémiái alapelvet fogalmaz meg - mind a hét a szénatomról szól.

91id.: I. Szolovjev:zl kémia elméleti problémáinak fejlődése 217-218, (Moszkva, 1971).

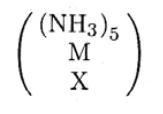
A másik, a kevésbé ismert, a Werner-féle koordinációs elmélet. Úgy vélem, hogy Werner koordinációs elméletének méltatásával a kémiatörténeti irodalom napjainkig is adós maradt. Ha ugyanis figyelembe vesszük mindazt a meglehetősen szerény háttér-ismeretanyagot, amely az adott korban rendelkezésre állt, joggal mondhatjuk, hogy elméletével a lehetőségek maximumát adta. Vegyük sorba, milyen ismeretekre támaszkodott! Felfedezték az elektront (1897), ismerték a Faraday-törvényeket, ami pedig a kémiát illeti, Arrhenius (1888) megfogalmazott már egy ionhipotézist, de e mögött sem állt közvetlen anyagszerkezeti bizonyíték.

Annak bemutatására, hogy Werner mily módon keresett megoldást, álljon itt néhány szövegrészlet az 1983-ban megjelent Beitrag zur Konstitution anorganischer Verbindungen c. cikkéből.

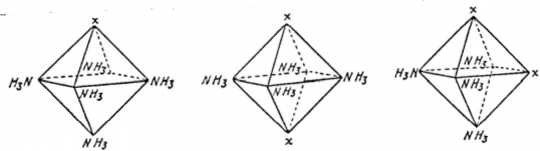
“Gondolatok az MR6 gyökök elhelyezkedéséről és struktúrájáról.

Ha abból indulunk ki, hogy a hidrátokban, ammóniákban stb. 6 víz, ill. ammónia molekula alkot csoportot, és ezek az egyértékű csoportok veszik körül a szénatomot, akkor felmerül a kérdés, hogy milyen térbeli elrendeződését gondolhatjuk el az egész molekulakomplexnek ...

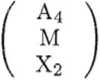
Nézzük először azt a molekulát:



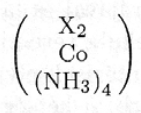
amelyben az oktaéder öt sarkához ammónia, a hatodikhoz pedig savmaradék kapcsolódik. Ha ebben egy ammóniát egy savmaradékra cserélünk, ezt két módon tehetjük:



Ily módon 2 izomér



összetételű molekulakomplexet kapunk általában, és ilyen kell, hogy legyen a már korábban említett

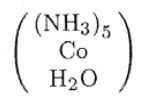


összetételű só is.

Ezt a konklúziót a tények igazolják. Mint Jörgensen kiváló munkájából tudjuk, ebben a sorozatban valóban létezik két izomer, az egyik zöld ... a másik violaszínű. Ezek az izomerek kémiai szempontból teljesen hasonlóak, a három savmaradék közül csak egy ionos. (Kiemelés tőlem V. M.)... Ez az érdekes izoméria jelenség az első bizonyítéka az oktaéderes szerkezetből levonható konklúziónak.”

Ugyanebben a cikkében egy másik helyen a következőket olvashatjuk:

“Az oktaéderes formulából levonható következtetéseket más tények is igazolják. A következő összetételű kobaltsó



is két izomer sorozatban fordul elő, az egyik sárga, a másik vörös színű. A vörös színű só az, amelyiknél a három savmaradék, a három ammónia és a víz egy síkban található. Az a feltevés, hogy víz és a savmaradékok egy síkban helyezkednek el, megmagyarázza, hogy a vízmolekulával kicserélődő, a fémhez kapcsolódó savmaradék miért veszíti el ionos karakterét, sőt, azt is, hogy miért megy oly könnyen végbe ezen molekulák cseréje.”

Az idézetből kitűnik, hogy Werner bátran használja a kötés ionos jellegének fogalmát. Beszél elektronvonzó- képességről, ill. az elektronok részvételéről a kémiai kötés kialakításában. Kvalitatív megállapításai, magyarázatai, lényegében ma is helytállóak.

Figyelemre méltó az a körülmény is, hogy ő az, aki először foglalkozik komolyan az oktaéderes szerkezetek vizsgálatával.

Érdemes idézni néhány későbbi tanulmányában megjelent gondolatát is.

“A fő vegyértékek a telítődésre való készséget mutatják, amelyet az elektronnal való ekvivalenciának köszönhetően lehet mérni...” (1902)

“Az elemi atomok készséget mutatnak az elektronnal való kapcsolódásra, amelyet úgy jellemezhetünk, mint az elektronhoz való vonzódásukat. Az elektronhoz való kötődés mértéke az elemi atomok elektronegativitásától függően nő.” (1911)

Valószínű, hogy Werner definiálja elsőként a koordinációs szám fogalmái:

“Azon atomcsoportok számát, amelyek az elemi atomot körülveszik, koordinációs számnak nevezném” (Z.Anorg. Chem. 267-300, 1893.)

Ő vezeti be elsőként a koordinációs övek fogalmát is:

“Ha a fématomot gömbnek tekintjük, akkor az őt közvetlenül körülvevő csoportokkal együtt komplex gyököt alkot, ezek a csoportok az első övben helyezkednek el, míg a fennmaradó csoportok képezik a második övét.” (8. o.)

Werner elméletének jelentősége ugyan nem mérhető a Le Bell-van't Hoff-féle modellhez, de fogalomrendszere gyakorolt bizonyos hatást a modern kötéselméletek fejlődésére. A koordinációs elmélet elsősorban azért született meg, mert az elmúlt század végére sikerült előállítani és azonosítani néhány átmeneti fém ammóniával, vízzel és halogénekkel alkotott vegyületeit. Mivel ezek összetételének értelmezése a vegyértékszabály alkalmazásával nem volt lehetséges, bevezették a “komplex” vegyület fogalmát. Feltételezték, hogy ezek a vegyületek egy központi fématomból és az ehhez egy ún. koordinációs övben csatlakozó ligandumokból állnak, amelyek meghatározott geometriai struktúrát mutatnak.

Érdekesség, hogy ennek az elméletnek az alapján, azokra az egyébként korrekt megfigyelésekre támaszkodva, melyek szerint e vegyületek egyes alkotórészei könnyen reakcióba vihetők, illetve izoméria jelenségeket mutatnak, feltételezték, hogy a kötésben “ionos kapcsolat” is szerepet játszik. Ez azért meglepő körülmény, mert az elmélet publikálásakor, 1893-ban, még semmiféle meggyőző kísérleti bizonyíték vagy általánosan elfogadott atommodell nem igazolta az ionok létezését. Az ion fogalma, mint tudjuk, azonban már Arrhenius óta (1888) ha hipotetikus formában is, de bekerült a kémiai gondolkodásba.

#### C. Alapelvek és ellentmondások

Ami az előzőekben vázolt általános alapelvek és a tapasztalati bázis szembesítését illeti, nézzünk néhány jellemző példát. Korábban már utaltam arra, hogy az oxigén kétvegyértékűségének elve nem volt teljes összhangban a korabeli tapasztalatokkal. Nézzük példaként az alábbi vegyületek tapasztalati képletét:

CH4 (metán) CO (szén-monoxid) C02 (szén-dioxid)

Látható, hogy a hidrogén egyvegyértékűségének elfogadása mellett két lehetőség között kell választani. Vagy az oxigént tekintjük mindkét oxidban kétértékűnek, s akkor megengedjük, hogy a szén két vegyértékű is lehet (CO), vagy a szén négyvegyértékűsége mellett foglalunk állást, akkor viszont az oxigén vegyértéke a CO-ban csak négy lehet. E két lehetőség között a választás nem volt könnyű, mert a XIX. sz. nyolcvanas éveiben már elterjedt és komoly sikereket ért el a szén négyvegyértékűségének elvén alapuló szerves kémiai szerkezetelmélet.

Ennek ellenére elterjedt az oxigén kétvegyértékűségének elve, a szén-monoxidban levő szén vegyértékére nézve pedig nem született a klasszikus kötéselméletben kielégítő magyarázat. Hasonló problémához vezetett a nitrogén vegyértékének megállapítása is a nitrogén oxidjaiban. A kémiai analízis eredményei alapján régóta ismeretes volt, hogy léteznek NO, N02, N205 tapasztalati képletű nitrogénoxidok. S bár más tapasztalatok arra mutattak, hogy a nitrogén általában 3 vegyértékű, a fenti vegyületekben - az oxigén kétvegyértékűségének elve miatt - 2, 4 és 5 vegyértékű nitrogén jelenlétét tételezték fel. Látjuk, hogy az axiómaként elfogadott elvből szükségképpen következett a változó vegyérték, illetve, az elsődleges és másodlagos kötések fogalma.

A múlt század 80-as éveitől kezdődően egyre több ellentmondáshoz vezetett az az elv is, mely szerint minden vegyület molekulákból épül fel. Bizonyos tapasztalati tények értelmezésére (oldatok áramvezetése, fagyáspontcsökkenésük mért és számított értékei közötti eltérések magyarázata stb.) már akkor felmerült az elektrolitos disszociáció hipotézise. Az a feltevés azonban, hogy bizonyos molekulák folyadékokban oldva elektromos töltésű részecskékre bomolhatnak, ellentmondott a fenti elvnek, mind pedig annak a szemléletnek, mely szerint a kémiai elemek atomjai változatlanok. Az az elv, mely szerint a kémiai kötés atomok páronkénti kapcsolata, a vegyértékszabály formális alkalmazásával együtt látszólag szerkezeti problémákat is megoldott. Az ily módon felírt szerkezeti képletek alapján azonban számos esetben vagy nem sikerült helyesen következtetni a vegyületek kémiai tulajdonságaira, vagy pedig nyilvánvaló ellentmondásba került a feltételezett szerkezeti képlet a tapasztalati tényekkel

Nézzünk néhány példát. Az A1203 és az As203 képletű alumínium- ill. arzéntrioxidra az alábbi szerkezeti képleteket írták fel:



A formálisan feltételezett hasonló szerkezet nem volt összeegyeztethető e két vegyület nagymértékben eltérő sajátságaival; míg az A1203 nagy keménységű, magas olvadáspontú, nehezen oldódó anyag, addig az As203 illékony, savakban, lúgokban viszonylag könnyen oldódó vegyület.

A tudománytörténeti irodalomból az is jól ismert probléma, hogy a benzol Kekülé-féle formulája nem adott magyarázatot arra, miért nincs a benzolnak ún. ortohelyzetben diszubsztituált származéka:



Ha ugyanis helyes a Kekülé-féle képlet, akkor a benzolgyűrűben levő szénatomok strukturális helyzete különböző, s az a/ ill. b/ formulákkal felírt vegyületek fizikai és kémiai sajátságaiban különbségeket kellene találnunk. Ismeretes azonban, hogy nem sikerült előállítani kétféle, ortohelyzetben diszubsztituált benzolszármazékot.

A hasonló típusú ellentmondásokat a klasszikus kémia fogalomrendszerében nem sikerült feloldani. Ezzel is magyarázható, hogy a kémikusok századunk első évtizedeiben igen nagy figyelemmel kísérték a fizikai elméletek fejlődését, és időnként túlzott sietséggel, kellő kritika nélkül próbálták azok fogalmait beépíteni elméleteikbe, annak reményében, hogy magyarázó szerepük ily módon megnő.

Végül szeretném felhívni a figyelmet arra, hogy a jelenkori szakirodalom a “szerkezetelmélet”, “szerkezeti kémia” fogalmakat - éppen tárgykörük sokrétegűsége, gazdagodása miatt - többféle értelemben is használja.

Szűkebb értelemben a szerkezetelmélet a kémiai kötés, illetve ennek az állapotnak a leírására, jellemzésére alkalmazott elméletek, módszerek összességét jelenti.

Tágabb értelemben ide sorolják a kötéselméleten kívül a különböző sztereokémiai elméleteket, /molekulageometria/ koordinációs kémiát, sőt, egyes tankönyvek a kristálykémiát is.

#### Irodalom

Boyer, Carl Benjámin és Merzbach, Uta Z.. A History ofMathematics. John Wiley and Sons. 1989.

Davis. Philip és Hersh, Reuben. A matematika élménye. Műszaki, Budapest. 1984.

Freud, R.. (szerk.). Nagy pillanatok a matematika történetében. Gondolat, Budapest. 1981.

Grattan-Guiness, Ivor. (szerk.). Companion Encyclopedia of the History and Philosophy of the Mathematical Sciences. Routledge, London. 1994.

Hoskin, M. A.. William Herschel and the Construction ofHeavens. Oldbome, London. 1963.

Kant, I.. Allgemeine Natúrgeschichte und Theorie Des Himmels.in: Kants Werke, Bánd /.. Walter de Gruyter, Berlin. 1968.

Knight, D. M..Atoms and Elements. London. 1967.

Lakatos, Imre. Bizonyítások és cáfolatok. Gondolat, Budapest és Typotex, Budapest. 1981 és 1998.

Laplace, P.. Exposition du Systeme du Monde. Bachelier, Paris. 1824.

Russel, C.. The History ofValencv. Oxford. 1971.

Sain, Mártom Nincs királyi út! Matematikatörténet. Gondolat, Budapest. 1986.

Smith, D. E.. A Source Book in Mathematics. Dover, New York. 1959.

Whitney, Ch. A. . A Tejútrendszer felfedezése. Gondolat, Budapest. 1979.

320

XML to PDF bv RenderX XEP XSL-FO F ormatter. visit us at <http://www.renderx.com/>

# VI. fejezet - Utószó

Reméljük, hogy sok mindent sikerült megismertetnünk az Olvasóval a tudomány működéséről, történetéről és talán - aki nem csupán a saját szakjára vonatkozó részeket olvasta el - egy kicsit még a természetről is. Ezen túl legfeljebb az lehetett a célunk, hogy bevezetést adjunk a XX. század tudomány történetéhez, amely sok vonatkozásban különbözik minden előző korszaktól. Az irtózatos mennyiségi növekedésen kívül - amely közben a tudomány lényegében iparrá vált - a múlt század végétől, e század elejétől a tudomány teljesen átalakult. És itt nem csupán kuhni paradigmaváltásokról van szó, ami például a fizikai forradalmakat (relativitáselmélet, kvantummechanika) jellemzi, hanem alaposan megváltozott a tudomány társadalmi helye is. A tudomány közvetlen szerepet kapott gazdaságunkban, mindennapi életünkben. Ezzel együtt például olyan erkölcsi kérdéseket vetett fel, mint a tömegpusztító fegyverekhez való hozzájárulása, vagy az élővilág genetikai állományába történő beavatkozás lehetővé tétele.

Eközben jócskán megváltozott a tudomány stílusa is. A korábban egységesnek tűnő tudás egyre apróbb részekre szakadt, a tudományterületek differenciálódtak, a tudósok egyre inkább szakosodtak. Ezzel párhuzamosan ugyanakkor az elszakadó területek példátlanul sikeres megtermékenyítő hatással voltak egymásra, gondoljunk csak mondjuk a molekuláris biológia esetére. A differenciálódás és integrálódás eredményeképpen olyan vadonatúj területek jöttek létre, mint a mesterséges értelem kutatása, az űrkutatás vagy az ökológia. Eközben az egyéni kutatások átadták a helyüket a kollektív erőfeszítéseknek, amelynek első igazán szervezett formája az atombombát előállító Manhattan-terv volt.

Meggyőződésünk, hogy ezt a rendkívül bonyolult mai tudományt reménytelen lenne valamennyire is átlátni az előző korok tudománytörténetének ismerete nélkül.

<<<(((ami engem érdekelne közvetlenül a közgazdasági modellezés alapelvei, de belátom, hogy az a természettudományokkal szemben minőségileg újabb szempontokat vetne fel egyrészt, másrészt az is éppen alakulóban van, akárcsak a mikrofizika. Kellő távolságból lehet kiemelni a fő vonulatokat, amikor már eldőltek folyamatok. Ma még benne vagyunk a kortárs történésekben. -FÁ)))>>>

### Névmutató

A

Adelard

Aelianus

Agricola

Albertus Magnus (Nagy Albert)

Alembert, J. d’

Alexandrosz, aphrodisziaszi

Alexandrosz, mündoszi

Alfonzó X.

Alhazen Alkmaión

Alkuin Amici, G. B.

Ampere, A.-M.

Anaxagorasz

Anaximandrosz

Anaximenész

Andronikosz

Apollóniosz

Aquapendente, F. G. ab

Aquinói (Szent) Tamás

Aretaiosz

Arisztaiosz

Arisztarkhosz

Arisztotelész

Arkhimédész

Arkhütasz

Arrhenius

Aselli, G.

Aszklépiadész

Athénaiosz

Attalosz at-Tuszi, N.

Augustinus (Ágoston)

Ausonius

Averroes (Ibn Rusd)

Avicenna (Ibn Sina)

Avogadro

B

Bacon, F.

Bacon, R.

Baglivi, G.

Banks, J.

Barrow, I.

Bartholin, Th.

Baszileiosz (Nagy Vazul)

Bates, H.

Bauhin, C.

Bausch, J. L.

Bayer, A.

Beda

Benedetti, G. B.

Berkeley, G.

Bernoulli, D.

Bernoulli, J.

Berthelot, P. E. M.

Berzelius, J. J.

Bessel, F. W.

Black, J.

Boethius

Boerhaave

Boisbaudran

Boltzmann, L.

Bolyai, J.

Bombelli, R.

Bonnet, Ch.

Borelli, G. A.

Boyer, C. B.

Boyle, R.

Brabanti Sieger

Bradwardine, Th.

Brahe, Tycho de Bronn, H. G.

Brown, R.

Bruno, G.

Buffon, G.

Buridan, J.

Butlerov, A. M.

C

Cannizzaro, S.

Cantor, G.

Cardano, G.

Carnot, N. L. S.

Cassiodorus, F. M. A.

Cauchy, A. L.

Cavalieri, B.

Ce Sen

Celsius, A.

Chalcidius

Chambers, R.

Chuquet, N.

Clapeyron, B. P. E

Clausius, R.

Cook, J.

Cook, W. F.

Coolidge, J. L.

Coulomb,

Ch.-A.

Croll, O.

Csang Heng

Csao-ce

Csuang-ce

Cusanus, N.

Cuvier, G.

D

Dalton, J.

Damaszkénosz

Darwin, Ch.

Darwin, E.

Darwin, F.

Davy, H.

de le Boe, F. (F. Sylvius)

Deasargues, G.

Démokritosz

Descartes, R.

Deville, S.-C.

Diderot, D.

Diodórosz

Diogenész

Dioklész

Diophantosz

Dioszkuridész

Döbereiner, J. W.

Dollo, L.

Dubois, E.

DuFay, Ch. F.

H

Dumas, J. B.

Dzsabir (Geber)

E

Edison, Th. A.

Empedoklész,

Epikurosz

Eraszisztratosz

Eratoszthenész

Eudémosz

Eudoxosz

Eukleidész

Euktemon

Euler, L.

Eurüphón

F

Faber, J.

Fahrenheit, G. D.

al Farabi

Faraday, M.

Fermat, P.

Ferrari, L.

Fibonacci (Leonardo Pisano)

Field, J. V.

Fludd, R.

Fontenelle

Fourier, J. B. J.

Fracastoro, G.

Francesca, P. della

Frankland, E.

Franklin, B.

G

Galénosz (Galenus)

Galois, E.

Galvani, L.

Gassendi, P.

Gauss, C. F.

Gay-Lussac J. L.

al Gazali

Gegenbaur, C.

Geminosz

Gerhardt, Ch. F.

Gilbert, W.

Glisson, F.

Gödel, K.

Graaf, R. de

Gray, S.

Green, G.

Gregoriosz (Gregori)

Grew, N.

Grimaldi, F. M.

Grosseteste

Guericke, O.

Haeckel, E.

Hales, S.

Haller, A. von

Halley, E.

Ham, J.

Hamilton, W. R.

HanFej-ce

Hartmann, J.

Hartsoeker, N.

Harvey, W.

Haüy

Hegel

Heliodórosz

Helmholtz, H. L. W.

Henderson, Th.

Henslow, S.

Herakleidész

Hérakleitosz

Hermipposz

Hérodotosz

Hérón

Hérophilosz

Herschel, J.

Herschel, W.

Hertz, H. R.

Hésziodosz

Hilbert, D.

Hipparkosz

Hippasszosz

Hippokratész

Hippon

Ho

Hobbes, Th.

Hofmann, A. W.

Hoffmann, F.

Hofmann, M.

Holbach, P.-H.

Hooke, R.

Hooker, J. D.

Hszi

Hszün-ce

Huggins, W.

Humboldt, A. von

Hume, D.

Huser, J.

Hutton, J.

Huxley, T. H.

Huygens, Ch.

Hüpatia Al

Hvárizmi

I

Ibn Rusd, ld.

Averroes Ibn Sina, ld.

Avicenna Iszokratész Iuba

Izidor, sevillai

J

Jamblikhosz

Jao

Jenkin, F.

Ji Ho Joule, J. P.

Jung, J., (Jungius)

Jussieu, B. és A. L. de

K

Kallimakhosz

Kalüpposz

Kamerer, R. J. (Camerarius)

KanTö

Kant, I.

Kekülé

Kelemen, alexandriai Kelvin, ld. Thomson, W. Kepler, J.

Kerner, A.

Khrüszipposz al Kindi Kircher, A.

Kirchhoff, G. R.

Klein, F.

Kölliker, A.

Kopernikusz (Copernicus), N.

Krateuász

Ktészibiosz

Kuan-ce

Laplace, P.-S.

Laurent, A.

Lavoisier, A.-L.

Le Bell, J. A.

Leeuwenhoek, A. van

Leibniz, G. W.

Lenz (Lenc)

Leonardo da Vinci

Leukipposz Lie, S.

Linné, C.

Liu Hsziang

Lobacsevszkij, Ny. I.

Locke, J.

Lomonoszov, M. V

Lucretius

Lükón

Lyell, Ch.

M

Malpighi, M.

Malthus, T. R.

Marci, J. M.

Marconi, G.

Mária, zsidó

Marinosz

Mariotte, E.

Martialis

Mastlin, M.

Maupertuis, P.-L.

Maxwell, J. C.

Mayer, J. R.

Mayow, J.

McMillan

Megaszthenész

Melanchton, Ph.

Mendel, G.

Menesztor

Mengyelejev, D. I.

Menton

Mersenne, M.

Messier, Ch.

Meyer, L.

Mo-ce Morgan, L.

Morse, S.

Müller, J.

Musschenbroek, P.

L

Lactantius

Lagrange, J.-L.

Lamarck, J. B. Lambert, J.

Lamennais, H. F. R.

Lamettrie, J.

Lao-ce

N

Nemesziosz

Newcomen, Th.

Newlands

Newton, I.

Nikomakhosz

Noether, E.

O

Occam Odling, W.

Ohm, G. S.

Olbers, H. W.

OmarKhajjám

Onészikritosz

Oppianosz

Oresme, N. d’

Órigenész Rrsted, H. C.

Osborn, H. F.

Ostwald, W.

Ovidius Owen, R.

P

Pacioli, L.

Paley, W.

Pamphilész Papin, D.

Papposz

Paracelsus

Parmenidész

Pascal, B.

Pasch, M.

Pasteur, L.

Pauszaniász

Pecquet, J.

Peregrinus, P.

Perrault, C.

Pettenkoffer, M.

Peuerbach, G.

Phaniász

Philolaosz

Philón, bizánci

Philón, zsidó

Philoponosz

Platón

Plempius, V F.

Plinius

Plinius, idősebb

Plótinosz

Plutarkhosz

Po-jang Fu

Polübiosz

Popov, A. Sz.

Poszeidóniosz

Praxagorász

Primrose, J.

Proklosz Proust, J. L.

Pszeudo-Arisztotelész

Pszeudo-Démokritosz

Ptolemaiosz

Ptolemaiosz, Szótér (I. Ptolemaiosz)

Pu Jen

Püthagorász

R

Ramus, P., (P. de la Rameé)

Ray, J.

Réaumur, R. A.

Redi, F.

Regimontanus, M, J.

Regius, H.

Reinhold, E.

Riolan, J. ifjabb

Roscoe, H.

Rosen, E.

Rousseau, J-J.

Ruphosz, (Rufus)

Russell, B.

Ruysch, F.

S

Saccheri, G. G.

Saint-Hilaire, É. G. de Santorio, S. al-Satir, Ibn

Scheiner, C.

Schelling, F. W. J.

Schiaparelli, G.

Schindewolf, O.

Schleiden, M.

Secchi, A.

Sedgwick, A.

Seeliger, H.

Sevillai János

Sextius Quintus (Sextius Niger)

Si Sen

Silvius

Simpson, G. G.

Snellius (van Snell), W.

Spencer, H.

Spinoza, B. de Stahl, G. E.

Stelluti, F.

Stensen, N. (N. Stenó)

Stevin, S.

Suarez

Swammerdam, J.

Sz

Sze-ma Csien

Szimplikiosz

Szókratész

Szóranosz

Szoszigenész

Sztrabón

Sztratón

Sztruve, O. W.

T

Tartaglia, N.

Tertullianus

Thalész

Than, K.

Theaitetosz

Theón, alexandriai

Theón, szmirnai

Theophrasztosz

Thompson (Rumford), B.

Thomson, W. (Kelvin)

Torricelli, E.

Tournefort, J. P. de Tyson, E.

V

van’t Hoff, J.

van Helmont, J. B.

van Hoorne, J.

Vang Csung

Varro, M. T.

Viéte, F.

Vieussens, R.

Virchow, R.

Vogel, H. K.

Volta, A.

Voltaire, F.

W

Wale, J. de

Wallace, A. R.

Wallace, W.

Watt, J.

Weber, W. E.

Wedgwood, E.

Weierstrass, K.

Werner, A.

Wheatston, Ch.

Widmann, J.

Wilberforce, S.

Willis, Th.

Willoughby, F.

Wirsung, J. G.

Wolff, C. F.

Wollaston, W. H.

Wren, Ch.

X

Xenophanész

Xenophón

Y

Young, Th.

Z

Zénodotosz

Zénón, eleai

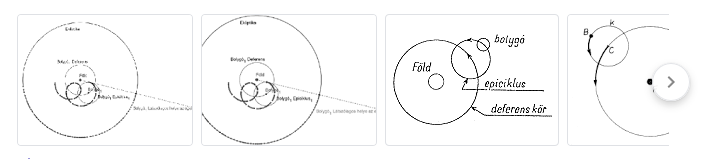
Zénón, kitioni

Zermelo, E.

Zószimosz

1. [Kézikönyvtár](https://www.arcanum.hu/hu/online-kiadvanyok/) / [Magyar etimológiai szótár](https://www.arcanum.hu/hu/online-kiadvanyok/Lexikonok-magyar-etimologiai-szotar-F14D3/) / [P](https://www.arcanum.hu/hu/online-kiadvanyok/Lexikonok-magyar-etimologiai-szotar-F14D3/p-F3534/) / **princípium**

   ‘alapelv, vezérelv’; ‘‹a filozófiában› alap-ok, ős-ok, vég-ok’. **Latin szó**, a.m. ‘kezdet, alap-ok’, a *princeps, principis* (‘első, élen álló’) melléknév nyomán; eredetéről lásd [principális](https://www.arcanum.hu/hu/online-kiadvanyok/redirect/?type=jump&nfo=Lexikonok&dest=Lexikonok%5ESzT-ETIM-princip%C3%A1lis). [↑](#footnote-ref-1)
2. Az epiciklus a ptolemaioszi és kopernikuszi rendszerben használatos kifejezés olyan csillagászati pálya jellemzésére, melyet egy kisebb kör alakú pályán mozgó bolygó leír, miközben ennek a körnek a középpontja egy nagyobb kör ívén egyenletesen mozog. A nagyobb kör középpontja a Föld

    [↑](#footnote-ref-2)
3. Excenter - körhagyó tárcsa; tengelyre nem a középpontjában rögzített tárcsa, amellyel a forgó mozgást oda-vissza haladó mozgássá alakítják [↑](#footnote-ref-3)
4. Mások műveiből összeollózott [↑](#footnote-ref-4)
5. A nominalizmus, középkori filozófiai irányzat, amely az általános fogalmakat csupán az egyedi tárgyak neveinek tekintette. A nominalizmus – ami a realizmus ellentéte – azt állította, hogy valóságosan csak az egyes partikulárék, egyedi tulajdonságokkal rendelkező dolgok léteznek. [Wikipédia](https://hu.wikipedia.org/wiki/Nominalizmus) <<<(((furcsa, hogy ez a realizmus ellentéte mai felszínes szóhasználatból kiindulva. Ugyanis a szocialista realizmusnak egyik jellegzetessége volt bizonyos absztrakciók tagadása …. Velem folytatott vitákban a személy általános deduktív fogalmának „lehetetlenségét” hangoztatva. Ez már a mindent elborító vulgáris ideológiák káosza a jelenben. -FÁ)))>>> [↑](#footnote-ref-5)
6. <https://www.walter-fendt.de/html5/phhu/collision_hu.htm>

   Tökéletesen *rugalmas ütközés* esetén a testek mozgási energiáinak összege állandó.

   Tökéletesen *rugalmatlan ütközés* után a testek sebessége azonos lesz (összetapadnak), és a testek mozgási energiáinak összege kisebb lesz, mint a kölcsönhatás előtt volt, hiszen az energia egy része a testek belső energiáját növeli (melegedés). [↑](#footnote-ref-6)
7. Bizonyítja de nem bebizonyítja. Érdekes egy 1977-es írás részlet, amely kaotikusabb képet mutat a korabeli távolhatási és hatásterjedési elképzelésekről: [https://library.hungaricana.hu/hu/view/ORSZ\_KOZL\_TechnTortSzle\_09/?query=SZO%3D(\*atas%3Fter\*)&pg=111&layout=s](https://library.hungaricana.hu/hu/view/ORSZ_KOZL_TechnTortSzle_09/?query=SZO%3D(*atas%3Fter*)&pg=111&layout=s) [↑](#footnote-ref-7)
8. <https://hu.wikipedia.org/wiki/Abszol%C3%BAt_mozg%C3%A1s> [↑](#footnote-ref-8)
9. Egy pontszerű test gyorsulása egyenesen arányos a rá ható erővel, és fordítottan arányos a test tömegével. **a=F/m**, illetve **F=dp/dt** (aho F az erő, p a test impulzusa mv tehát m=tömeg, v=sebesség és t az idő) [↑](#footnote-ref-9)
10. Egy egyenesen levő [↑](#footnote-ref-10)
11. … állatok tartására szolgáló létesítmény, … cirkuszi előadásra, mutatványra betanított, illetve betanítandó állatokból álló állatsereglet tartására ... [↑](#footnote-ref-11)
12. Magyarországon az [1400-as évek](https://hu.wikipedia.org/wiki/1400-as_%C3%A9vek) elejétől már igyekeztek pontosítani minden személyt, apja nevével, foglalkozásával, vagy a lakóhellyel. Míg eredetileg abszolút nem lehetett változtatni sem a családnevet, sem a keresztnevet, [1816](https://hu.wikipedia.org/wiki/1816)-ban [I. Ferenc](https://hu.wikipedia.org/wiki/Ferenc_magyar_kir%C3%A1ly) új rendeletet adott ki, amely lehetővé tette azt, hogy kancelláriai, majd később belügyminiszteri engedéllyel a családnevek megváltoztathatóak. A keresztnév-változtatást az egyház büntette.[[*forrás?*](https://hu.wikipedia.org/wiki/Wikip%C3%A9dia:T%C3%BCntesd_fel_forr%C3%A1saidat!)]

    Magyarországon a vezetékneveket [II. József](https://hu.wikipedia.org/wiki/II._J%C3%B3zsef_magyar_kir%C3%A1ly) tette kötelezővé [1787](https://hu.wikipedia.org/wiki/1787)-ben, ezzel alakult át a szokásból hivatalosan azonosító adattá. <https://hu.wikipedia.org/wiki/Csal%C3%A1dn%C3%A9v#Kialakul%C3%A1sa> [↑](#footnote-ref-12)
13. <https://hu.wikipedia.org/wiki/Unitarianizmus> [↑](#footnote-ref-13)
14. <https://hu.wikipedia.org/wiki/Pangea> [↑](#footnote-ref-14)
15. <https://hu.wikipedia.org/wiki/Ersz%C3%A9nyesek> ; <https://people.inf.elte.hu/tolsaai/bead3/evo.html> [↑](#footnote-ref-15)