

„Heuréka!” (Az arkhimédészi elv)

A legenda szerint Arkhimédész fürdés közben, látván, mennyi víz csordul ki a dézsából, jött arra rá, hogyan lehetne Hierón király koronájában az arany arányát megmérni. Mint egy örült ugrott ki a kádból, és azt kiáltotta: Heuréka! (Megtaláltam!) Többször megismételte ezt, majd elrohant.

Plutarkhosz: Moralia

A szicíliai matematikus, Arkhimédész (kb. i. e. 287—212), mint a közmondásosan szórakozott professzor, briliáns gondolkodó volt, aki gyakran megfélekezett az őt körülvevő világról, és pedig mindenekelőtt akkor, amikor éppen nagy találmányai egyikén gondolkozott. Plutarkhosz szerint Arkhimédész a hidrosztatika elvének (szilárd testek felhajtóereje folyadékban) felfedezésekor örömkialtásokat hallatva, meztelenül rohant végig Szürakuszai utcáin, nem törődve azzal, hogy izgatottságának okát bárkinek is elmagyarázza.

Az izgalom úgy kezdődött, hogy Szürakuszai királya, II. Hierón, Arkhimédész barátja gyanút fogott, hogy aranyból elkészítettett koronája talán mégsem tömény aranyból van, hanem ezüsttel (vagy egy még kisebb értékű fémvel) ötvözték. Megkérte Arkhimédészt, hogy gyorsan derítse ki, miből is van a korona. A görög tudósnak először nem támadt jobb ötlete, mint hogy be kellene olvasztani a koronát. De egy napon, amikor színültig telt fürdőkádjába lépett, rájött a probléma megoldására, és kiáltozva futott ki az utcára: Megtaláltam! Megtaláltam! (Görögül: Heuréka!)

Még ha nem is Arkhimédésztől származik a felkiáltás (amely egyébként egy teljesen általános görög állítmány), mégis híressé tette a tudóst, aki mintegy „mellékesen” valóban felfedezte a róla elnevezett tételt, amely szerint egy test sűrűségét úgy határozhatjuk meg, ha a súlyát összevetjük az általa a fürdőkádból kiszorított vízével. (A víz súlyát, amelynek ugyanaz a térfogata, mint a tárgynak, a tárgy felhajtóerejének nevezzük; a tömeg és a térfogat hányadosát pedig a tárgy surusegének.)

Ha ezt a felfedezést összefüggésbe hozzuk a ténynyel, hogy a tömeg a térfogat és a sűrűség szorzata, akkor megvan Hierón rejtvényének megoldása. Veszünk egy tömb aranyat, amelynek súlya megegyezik a korona súlyával. Az aranytömböt a vízbe engedjük, és megmérjük, mennyi vizet szorít ki (mennyivel lesz könnyebb a súlya). Ezután megismételjük mindezt a koronával is. Ha az aranytömb és a korona ugyanakkora mennyiségű vizet szorított ki, akkor mindkettőnek ugyanakkora a térfogata, tehát a korona tiszta aranyból van. Ha azonban a korona több vizet szorít ki, akkor arany és egy kisebb sűrűségű fémötvözetből áll, mert a térfogata nagyobb, mint az aranytömbé.

Így derült ki, hogy az ötvös becsapta Hierón királyt. A koronának ugyanis nagyobb volt a térfogata, mint az aranytömbnek. Az ötvösről ezután semmi hír, de Arkhimédésznek számos nagyszerű ötlete született még. Például megközelítőleg meghatározta a T értékét, kiszámította a kör területét, lefektette a differenciálszámítás alapjait, és levezette az emelőkar törvényét. Elsősorban ez utóbbi felfedezésére volt roppant büszke, ezért öntudatosan jelentette ki: „Adjatok egy szilárd pontot, és kifordítom sarkaiból a világot” (arkhimédészi pont).

Ez a bűvészmutatvány nem sikerült ugyan neki, és az a próbálkozása is eredménytelen maradt, hogy kiszámítsa, hány homokszemre lenne szükség a világegyetem feltöltéséhez. Úgy mondják, Szürakuszai római ostroma alatt halt meg, amikor éppen egy geometriai vázlatot rajzolt a földre. Arkhimédész állítólag annyira elmerült a töprengésben, hogy rászólt a hozzá lépő római katonára: „Ne zavarod köreimet.” Mire a katona annyira feldühödött, hogy leszúrta a tudóst.

A kopernikuszi forradalom

Az csak legenda, hogy Kolumbusz az Atlanti-óceán áthajózásával bizonyította a megdöbben világnak, hogy a Föld gömbölyű. Voltaképpen már az ókorban is csak kevés tudós hitt abban a dajkamesében, hogy a Föld korong alakú. Lényegesen nyugtalanítóbbnak találták azt a kérdést, hogy a gömbölyű Föld mozog-e.

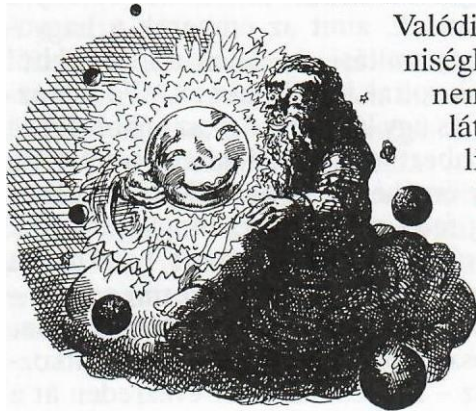
Platónótól kezdve a 16. századig a csillagászok arra a feltételezésre hajlottak, hogy a Föld nyugalomban van, miközben a világegyetem körülötte forog; de semmi esetre sem arról volt szó, hogy ne léteztek volna más elméletek. Számoszi Arisztarkhosz görög csillagász már az i. e. 4. században megfogalmazta az úgynevezett „heliocentrikus” hipotézist, amely szerint a bolygók — és közöttük a Föld is — a Nap körül keringenek.

A heliocentrikus elmélet hívei számára csak az jelentette a nehézséget, hogy nem tudtak feltételezésükhöz különösebben meggyőző bizonyítékot találni. Az elméletet kevesen támogatták, főleg azután, amikor az i. sz. 2. században Ptolemaiosz, a nagy görög-egyiptomi csillagász geometriai egyenletek bonyolult tömegét gondolta ki, hogy alátámassza geocentrikus elméletét, amely szerint a Föld áll a világegyetem középpontjában. A ptolemaioszi modell tudományos alapot adott mindannak, amit az emberek a hagyományból kifolyólag, vallási és lélektani okokból amúgy is hajlamosak voltak hinni — hiszen a Föld mozgását nem érezzük, és úgy látszik, hogy az égbolt forog a Föld körül. Az embert jócskán elfoghatja a félelem, ha észreveszi, hogy érzékei becsaphatják, és a dolgok rendje nem mindig felel meg annak, ahogy gondolta. A keresztényeket ráadásul megerősítette hitükben a geocentrikus felfogás, mert a teológia szerint a Föld — és különösen az ember — Isten legfontosabb alkotása.

Végül Ptolemaiosz az ókori tudományra is hivatkozhatott. Arisztotelész — aki csaknem két évezreden át a legfőbb tudományos tekintély volt — azt a felfogást képviselte, hogy a világegyetem egészen más anyagból van, mint minden egyéb földi anyag. Ez az általa éternek vagy kvintesszenciának nevezett anyag tökéletes, elpusztíthatatlan, és természeténél fogva körkörösén mozog. A természetes földi tárgyakat négy elem — a föld, a levegő, a tűz és a víz — alkothatja, s ezek hajlamosak arra, hogy vagy felfelé szálljanak, vagy lefelé essenek. A föld és a víz e felfogás szerint esésre hajlamos. Mivel a földgömb semmi másból, mint olyan földből és vízből áll, amely egykoron a megfelelő helyre esett, ezért a Föld nyugalomban van.

A geocentrikus világnézet tehát nemcsak egyszerű tudományos feltevés, hanem egy összetett, megnyugtató, hagyományos világgép egyik alkotóeleme is volt. Ennek a világgépnek azonban a reneszánsz korában végképp el kellett tűnnie a latinosan Nikolausz Kopernikusznak nevezett Mikolaj Kopernik (1473—1543)

lengyel csillagász művei nyomán. Egyik gazdag nagybátyja a legjobb olasz egyetemekre küldte. Kopernikusz ekkoriban inkább a könyveket bújta, és nem a csillagokat leste megszállottan. Mélyen tisztelte Ptolemaioszt, de nem annyira, hogy geometriájának hibái — amelyekkel a bolygók mozgását akarta megmagyarázni — ne tűntek volna fel neki.



Valódi reneszánsz egyéniségként Kopernikusz nem volt éppen szűk látókörű tudós. Heliocentrikus elmélete, amelyet a *De revolutionibus orbium coelestium* (Az égi pályák körforgásáról, 1543) című munkájában tett köz-

zé, és amely mint az első ilyen típusú elmélet az újkorban igen nagy feltűnést keltett, többet köszönhet a metafizikának, mint a megbízható tényanyagnak. Kopernikusz számára az volt a

tét, hogy a világegyetem olyan modelljét találja meg, amely a bolygóállásokra pontosabb előrejelzést tesz lehetővé, mint a ptolemaioszi modell. Ugyanakkor spirituális kinyilatkoztatások után is kutatott, ezért azt is érvként hozta fel, hogy például a fényt adó Nap közelebb van a tökéletességhez — és így Istenhez is —, mint a Föld. (Ez az érv még egyszer felbukkan a német Johannes Keplernél (1571—1630), Kopernikusz legjelentősebb követőjénél.) És Arisztotelész is rajta hagyta a nyomát Kopernikusz elméletén. A nagy görög filozófus ugyanis — helytelenül — azt feltételezte, hogy a bolygók pályája tökéletes kör. Kopernikusz modellje tehát nem vezetett lényegesen jobb eredményre, mint Ptolemaioszé.

A forradalom azonban megkezdődött. A geocentrikus elmélet követői — például Vcho Brahe (1546—1601) dán csillagász — a ptolemaioszi elmélet finomításával vágtak vissza, míg a heliocentrikus elmélet követői — például Brahe asszisztense, Kepler — megpróbálták egyszerűsíteni és jobbá tenni a kopernikuszi rendszert. Roppant nagy volt a tét, mert ha Kopernikusznak igaza van, és a Föld csak egy bolygó a többi között, akkor Arisztotelész éterelmélete és így az arisztotelészi tudomány nagy része is hamisnak bizonyul. Ha Kopernikusznak van igaza, akkor a világegyetem szédítően nagyobb, mint ahogy addig feltételezték, mert a korábbi számítások a Föld területét vették figyelembe, míg az újabbak a Föld keringési pályáján alapultak. Az ember és világa így a bolygók összességében még jelentéktelenebbnek bizonyulna, mint ahogy addig a középkori tudósok és teológusok feltételezték.

Ami a megfigyelt jelenségeket — a kor nyelvhasználatában: „a jelenségek megőrzését” — illeti, sem Kopernikusz, sem Kepler nem tudott jobb elméletet kínálni

Týcho Brahénál. Tisztán matematikai szempontból az esélyek egyenlőek voltak. Annak bizonyítására, hogy a világegyetem ugyanabból az anyagból áll, mint a Föld, és ezért ugyanazoknak a természeti törvényeknek engedelmeskedik, csak Isaac Newton, a nagy angol fizikus művei szolgáltak. Ekkor derült ki, hogy Kepler az égitestek mozgásával kapcsolatban több olyan törvényt is felfedezett, amely tökéletes összhangban áll Newtonnak a szabadesésről szóló törvényével

(lásd Newton törvényei, 118. oldal). És jóllehet ez sem a heliocentrikus csillagászat, sem a newtoni mechanika számára nem volt perdöntő bizonyíték, mindkét elmélet helyzetét rendkívüli mértékben erősítette. Az ég így már visszavonhatatlanul a földi megfigyelésekre támaszkodott.