

ben közelítik meg az abszolút tér jelentését az alábbiak: térkép fokbeosztása, futballpálya, üres hordó, felparcellázott síkság, kottavonalak, Descartes-féle koordináta-rendszer?

9) Newton III. axiómája értelmében ugyanakkora erővel húzza a ló a kocsit, mint a kocsi a lovat. Hogyan lehet, hogy mégis elindulnak? Miért lesz más az eredmény egy tükörsima jégfelületen?

10) A Föld közelítőleg körpályán kering a Nap körül. Mekkora a kerületi sebessége, ha a Nap-Föld távolság 150 millió km, és a Nap tömege $2 \cdot 10^{30}$ kg?

BOTH MÁRIA – CSORBA F. LÁSZLÓ

A világ rendszeréről

I. Arról, hogy az eget folyékonyak. Ezt írja Arkhimédész az Arenariumban, Arisztotelész a De coelo II könyvében, Plutarkhosz a De placitis philos III könyvében, és Numa Pompiliusnál is megtalálható

A filozófusok az ősidőkben azt tartották, hogy az állócsillagok a világ legtávolabbi részében helyezkednek el mozdulatlanul, alattuk a bolygók róják köreiket pályáikon a Nap körül, a Föld hasonlóképpen éves, saját tengelye körül pedig napi forgást végez, s hogy a Nap, az Univerzum gyújtópontja, mindenek középpontjában nyugszik. Így vélekedtek ugyanis a pitagoreusok, majd Philolaosz, számoszi Arisztarkhosz, érett korában Platón, s aki mindannyiuknál korábban élt, Anaximandrosz is. A rómaiak királya, a bölcs Numa Pompilius pedig a kerek világ szimbólumaként, melynek a Nap tüze ég a középpontjában, kör alakú Vesta-templomot emelt, és elrendelte, hogy közepében örökkön égő tüzet tápláljanak. Valószínű továbbá, hogy a régi egyiptomi csillagászok is e felfogást tanították és terjesztették. Mert láthatólag tőlük és a velük szomszédos népektől származott a görögökhöz, ehhez az inkább filológiára, mint filozófiára hajlamos néphez a legősibb és legromlatlanabb filozófia, a Vesta-kultusz pedig ugyancsak az egyiptomiak bölcsességéről tanúskodik, mivel ők szokták korábban a tömeg felfogását meghaladó titkos tanaikat a szent rítusok és hieroglifák álarcába rejteni. Csak később tanították azután a görögök: Anaxagorász, Démokritosz és mások, hogy a Föld áll a Világ középpontjában mozdulatlanul, és hogy a csillagok körülötte nyugati irányban szabad térben keringenek: az egyik gyorsabban, a másik lassabban. A szilárd pályák gondolatát pedig csak Eudoxosz, Kalliposz és Arisztotelész vezette be, midőn a régi filozófia már hanyatlásnak indult, és a görög magyarázatok lassanként túlsúlyra jutottak. Az üstökösök létezése azonban nehezen egyeztethető össze a szilárd pályákkal. Az üstökösöket, amelyeket sokan az égitestek közé számítottak, a csillagászatban felettébb járatos káldeusok olyan bolygócsillagoknak tartották, amelyek rendkívül excentrikus pályájuk alsó pontjára leszállván, keringésenként egyszer, a fordulóban válnak számunkra láthatóvá. A szilárd pályák hipotézise szerint azonban ezeknek szükségképpen a Hold alatti régióban a helyük: amint tehát ezeket az asztronómusok újabb megfigyelései visszahelyezték a Hold fölötti szférákba, a szilárd pályák menten széttörték és kiűzték az éterből.

A szabad térben végzett körmozgás elve

Azt azonban nem tudom, hogy a régiek hogyan magyarázták meg, hogy a bilincseiktől ily módon megszabadított és szabad térbe helyezett bolygók miért nem végtelen, egyenes vonalú utat futnak be, miért szabályosan, pályákon keringenek. Úgy vélem azonban,

* Részlet a Both Mária – Csorba F. László válogatta Tudománytörténet I. szöveggyűjteményből (Gondolat, 1993), amely megjelenését a PSzM Projekt tette lehetővé.

hogy éppen ennek megmagyarázására gondolták ki eredetileg a szilárd pályákat. Az újabb filozófusok, így Kepler és Descartes, az örvények létezésének posztulálásával, mások pedig, mint Borelli, Hooke és honfitársaink közül néhányan, vagy az impulzus, vagy a vonzás elvének segítségével akarják megmagyarázni. A mozgás törvénye szerint ugyanis bizonyos, hogy ehhez valamiféle erőhatásra van szükség. A mi szándékunk mármost ennek az erőnek a mennyiségét és tulajdonságait feltárni, és a mozgatott testekre kifejtett hatását matematikai módszerrel megvizsgálni: hogy pedig ne hipotetikusán határozzuk meg, hogy mifajta erő ez, mindig centripetális erőnek fogjuk nevezni azt az erőt, amely egy test középpontja felé irányul; vagyis a középpont neve után circumsolárisnak azt, amely a Nap felé irányul, circumterrestrálisnak azt, amely a Föld felé, circumioviálisnak azt, amelyik a Jupiter felé irányul, és hasonlóképpen a többit.

Arról, hogy az összes bolygó a Nap körül kering

A bolygók által kifejtett erőket összehasonlítván láttuk, hogy a circumsoláris erő valamennyinél több mint ezerszer nagyobb. Egy ilyen erő hatására pedig a Naprendszeren belül, sőt kívül levő valamennyi testnek szükségképpen egyenesen a Napba kellene zuhannia, hacsak valamely más mozgás el nem téríti őket. S ez alól még a Föld sem kivétel. A Hold bizonyos a bolygók fajtájából való, és ugyanazon vonzásoknak van kitéve, ugyanis a circumterrestrális erő tartja a pályáján. Hogy pedig a Föld és a Hold egyaránt a Nap felé vonzódik, azt fentebb már bizonyítottuk, és hasonlóképpen azt is, hogy az összes testek mindközönségesen a vonzás törvényének vannak alávetve. Ha mármost ezen testek valamelyikét megfosztanánk Nap körüli mozgásától, akkor (a LXXVI. tétel alapján) a Naptól való távolságából kiszámíthatjuk, hogy mennyi idő alatt zuhanna bele a napba: nevezetesen annyi idő alatt, mint a fele távolságban végzett keringés periódusidejének a fele, s ez az idő úgy aránylik a bolygó keringési idejéhez, mint 1 aránylik a 2 négyzetgyökének négyszeres szorzatához. Eszerint a Vénusz 40 nap alatt, a Jupiter 2 év és 1 hónap alatt, a Föld és a Hold együtt 66 nap és 19 óra alatt zuhanna bele a Napba. Mivelhogy pedig ez nem következik be, a testek szükségképpen más irányba mozognak, és hozzá nem akármilyen mozgással, mert a zuhanás megakadályozására eléggé nagy sebesség szükségeltetik. Ezen a ponton érvénybe lép tehát a bolygók késleltetett zuhanására vonatkozó érv. Ha ugyanis a circumsoláris erő nem a bolygók lassúbbodásának mértékében, négyzetes arányban csökkenne, akkor az eltérés hatására belezuhannának a Napba; példának okáért, ha valamely bolygó mozgása, a többi körülmény változatlan-sága mellett, kétszer lassúbbá válna, akkor a bolygó pályán tartásához a circumsoláris erő negyedrésze is elégséges lenne, s így a fennmaradó háromnegyed rész erő hatására belezuhanna a Napba. Ennélfogva a bolygók: a Szaturnusz, Jupiter, Mars, Vénusz és a Merkúr valójában nem lassulnak le a perigeumban, nem is válnak stacionáriussá, sem pedig visszafelé nem mozognak. Mindez csak látszólagos, azok az abszolút mozgások viszont, melyekkel pályáikon maradnak, mindig egyirányúak és közel egyenletesek. Hogy pedig e mozgásokat a Nap körül végzik, már bebizonyítottuk, s ebből az is következik, hogy a Nap mint az abszolút mozgások középpontja nyugalomban van, az pedig, hogy a Föld van nyugalomban, teljességgel téves feltevés, mert különben a bolygók a perigeumban valóban lelassulnának, megállnának, és visszafelé mozognának, s így mozgás hiányában belezuhannának a Napba. Továbbá: mivel a bolygók: a Vénusz, a Mars, a Jupiter és a többiek, a Naphoz húzott sugarakkal szabályos pályát írnak le, és a sugarak (az észlelhetőség határain belül) – mint megmutattuk – egyenlő idők alatt egyenlő területeket sűrolnak, ezért (a III. tétel és a LXV. tétel 3. korolláriuma alapján) levonhatjuk azt a következtetést, hogy a Napra nem hat észlelhető mozgatóerő, hacsak az nem, melynek hatására valamennyi bolygó egyformán, tömegével arányos mértékben párhuzamos egyenesek mentén mozog, vagyis amelynek következtében az egész rendszer egyenes vonalú haladó mozgást végez. Ha azonban az egész rendszer e translációját figyelmen kívül hagyjuk, a Nap a középpontban megközelítőleg nyugalomban lesz. Ha a Nap a Föld körül keringene, a többi bolygó pedig a Nap körül, akkor a Földnek igen nagy erővel kellene vonzania a Napot, s hozzá úgy, hogy a circumsoláris bolygókra ne fejtsen ki észre-

vehető hatást (ami azonban teljességgel ellenkezik az LXV. tétel korolláriumával). Tegyük hozzá még, hogy bár eddig a legtöbben a Földet helyezték – részeinek gravitációja miatt – az Univerzum legmélyebb pontjára, a Napot a földi gravitációnál ezerszer nagyobb centripetális ereje miatt sokkal több joggal illeti meg ez a hely, és a Nap tekintendő a bolygórendszer középpontjának is. Ily módon azután a rendszer felépítése is teljesebben és pontosabban átlátható.

ISAAC NEWTON

Fordította: Fehér Márta

Megjelent: Magyar Helikon, 1977

A Vénusz

A régi idők Vénusza

Az összes bolygó közül a legtündöklőbb a Vénusz. Tizenötször fényesebb, mint a legragyogóbb csillag, a Szíriusz. Derült, Hold nélküli éjszakákon fénye árnyékokat vet és ezüstös nyoma tükröződik a víz felszínén. Elragadó szépsége miatt már az i. e. 3. évezredben a szerelem istenségét tisztelték benne.

Az ókorban a Merkúrhoz hasonlóan a Vénusznak is két nevet adtak azt gondolván, hogy az „esti csillag” és a „hajnali csillag” két különböző égitest. A Vénusz ugyanis a Földről nézve hol a Nap előtt, hol pedig a Nap mögött jár. Később rájöttek, hogy ez egy és ugyanaz a két dolog, így kapta az „Esthajnalcsillag” nevet.

Először maga Galilei fordította távcsövét a Vénuszra, s rögtön jelentős felfedezést tett: megfigyelte a Vénusz fázisait (1. ábra). Ez erős bizonyíték volt a heliocentrikus világkép mellett. A távcső fejlődésével egyre többet tanulmányozták a ragyogó égitestet. Már a legrégebbi észlelők is rájöttek, hogy valószínűleg csupán a légkör sűrű felhőrétegeit látják.

A későbbi időkben megbecsülték a Vénusz tömegét, sűrűségét, átmérőjét. Mivel a Földhöz igen hasonló értékeket kaptak, „egyértelművé” vált, hogy a Vénusz bolygónkhoz hasonló világ, tengerekkel, folyókkal, erdőkkel és virágokkal. Már 1727-ben elkészült a térképe, amelynek valószínűleg a távcső optikai hibái adták a fő vonásait. A térkép hitelességében sokan kételkedtek és tovább folytak a megfigyelések. A Vénusz azonban kiábrándító célpont volt: semmit nem mutatott meg magából. Sűrű felhőrétegeibe burkolózva rejtőzött. „Lefátyolozott bolygónak” nevezték el (2. ábra). A XIX. század végén már remek teleszkópok készültek, de ezekkel is pusztán sima, egyenletesen csillogó biliárdgolyónak tűnt az égitest. Mivel felszíni alakzatok makacsul továbbra sem bukkantak elő, képtelenség volt meghatározni a Vénusz tengelyforgásának idejét.

Az elkeseredett csillagászok újra fantáziálni kezdtek, de most már „tudományos alapokon”. A XX. század első felében ugyanis végig arról folyt a vita, hogy miféle összetétele van a bolygó légkörének, s ez hogyan hat az éghajlatára. A két legszélsőségesebb vélemény mocsarakra, illetve sivatagokra szavazott, attól függően, mennyi víz van a Vénusz felhőiben, ha vízfelhők egyáltalán (3. ábra).

Megdöbbenő eredmények

1956-ban rádiócsillagászok tanulmányozták a Vénusz sugárzását. Olyan eredményeket kaptak, amelyek több száz Celsius-fokos felszíni hőmérsékletről árulkodtak. Világossá vált, hogy nemhogy mocsarak, de egyetlen csepp víz sincs a Vénusz felszínén.