

Ajánlott irodalom

- 1] Leon Sterling: The Art of Prolog , MIT, 1981.
- 2] Márkus Zsuzsanna: Prologban programozni könnyű, Novotrade.1988.
- 3] Makány György: Programozási nyelvek: Prologika. Mikrológia, 1989.

Soós Anna

A FIRKA jelen számától egy új cikk-sorozatot indítunk, amelyben a csillagászat iránt érdeklődők minél szélesebb táborának kívánunk információt szolgáltatni. Annak érdekében, hogy a rovat a lehető leginkább megfeleljen olvasóink elvárásának, ízlésének, szívesen fogadunk a tartalommal kapcsolatban minden megjegyzést, tanácsot, hozzájárulást, azaz a rovat nyitott az olvasóktól származó ötletek számára is.

Kozmológia

I. rész

A *kozmológia* – csillagászati értelemben – magában foglalja a Világegyetemnek mint összefüggő egységnek a térbeli és időbeli felépítésére vonatkozó elméleteket. A csillagászok megfigyelések segítségével információkat gyűjtenek az Univerzum belátható részéről, műszereink hatókörébe eső kozmikus környezetünkről, a Metagalaxisról. A kozmológia, mint az elméleti asztrofizika része, a különböző természettudományos ismeretek segítségével, valamint a gyűjtött megfigyelési anyagra támaszkodva, világmodelleket készít. A világmodellek – a megfigyelhető összes égitestekre vonatkozó modellek – a „világot”, a csillagászati értelemben vett egész kozmoszt ábrázolják.

Természettudományos ismereteink fejlődésével fokozatosan alakult az ember világról alkotott képe, általánosan elfogadott világmodellje. Így az adott korokban megdöntetlennek tűnő elméleteket újabb és újabb örökérvényűnek gondolt elméletek követték és követnek. Ezen elméletek annál inkább kedveltek, minél szélesebb körben érvényesek és mindaddig elfogadottak, amíg nem kerülnek ellentmondásba a megfigyeléssel. Az Univerzumból gyűjtött ismeretek bővülésével és a természettudományos felfedezésekkel az egyes elméletek túlhaladottakká válnak, nem képesek bizonyos jelenségek magyarázatára, ellentmondásokat eredményeznek az észleltekkel. Ilyenkor újabb modellek kidolgozására van szükség, amely modellek esetleg sajátos esetként magukba foglalhatják a régieket.

Az ókori első elképzelések az Univerzum szerkezetével kapcsolatban – amelyek a Nap, Föld, Hold, a bolygók és az állócsillagok mozgását próbálták magyarázni, ezeket rendszerbe foglalni – az első kozmológiai modelleknek tekinthetők, ezért ismertetőnk ezt a számbavételével kezdjük.

Az ókor kozmológiája

A Világegyetem szerkezetével és természetével foglalkozó tudomány, a kozmológia ősi eredetű. Az embereket az ősi idők óta érdekelte, hogy miből és hogyan állt össze az Univerzum. Az ókori kezdetleges világvégkép vagy teljesen rossz, vagy legalábbis nagyon tökéletlen volt, így az ókori kozmológia is teljesen hasznavehetetlen lett. Mindamelllett az ókoriak javára írható, hogy kitartóan feljegyezték az égitestek megfigyelt mozgását, s hosszú évszázadok során óriási adathalmazt gyűjtöttek össze róla. A megfigyelések legnagyobb részét asztrológiai célok érdekében végezték, de eredményeik végül is igen nagy hatással voltak a tudományos gondolkodás fejlődésére.

A babiloniak világvégképe

A kozmológusok feladata, hogy megmagyarázzák az Univerzumot. Az ókori kozmológusoknak ez két okból sem sikerült, egyrészt mert félreértették a dolgokat, másrészt mert előítéleteik rabjai voltak. Hogy az ókori civilizációkban kialakult felfogást megértsük, vizsgáljuk meg részletesebben, mit hittek Babilónia népei mintegy három évezreddel ezelőtt.

Az alapvető csillagászati ismeretekkel szinte kizárólag csak a beavatott asztrológus papok rendelkeztek, ők szerkesztették és ellenőrizték a naptárakat, ők szabták meg az égitestek tiszteletére rendezett szertartások menetét. Ismereteiket szigorúan titokban tartották, így aztán a tudatlan tömegek világvégképének „alapja” sokkal inkább a mitológia, mint a tudományos megfigyelés volt. A népi hiedelemnek megfelelően a víz volt mindennek a forrása. A szárazföld az óceánból keletkezett, amit az is bizonyított, hogy minden földet tengerek vesznek körül. Az óceánokon túl a napisten legeltette jószágait. Úgy gondolták, hogy az ég szilárd anyagból levő boltozat, amely fenntartja a „felső vizeket”, s hogy az istenek lakóhelye is e vizek felet van.

Minden reggel, napkeltekor a látóhatár keleti részén kinyíló ajtón előbújik a Nap, le-
rója égi útját, majd napnyugtakor a nyugati horizonton egy hasonló ajtón eltűnik. A Holdat, a bolygókat és a csillagokat élőlényeknek tekintették, s úgy vélték, hogy azok kijelölt útvonalainak vándorolnak. A Földet üregesnek gondolták, s azt hitték, hogy hatalmas tartóoszlopokon nyugszik. Azt képelték, bolygónk belseje a holtak birodalma, ahová az elhunytak lelke egy kapun át nyugatról juthat be. A kozmológia azért lehetett ilyen egyszerű, mert igen kevés tényt kellett megmagyaráznia.

Ezek az ősi elképzelések széles körben elterjedtek. Minden bizonnyal igen nagy befolyással voltak a *Biblia* későbbi szerzőire is, mert művükben számos olyan részletre bukkanhatunk, amelyek nagyon hasonlítanak a babiloniak világvégmodelljének egyes jellegzetességeihez.

Az egyiptomi világvégkép

Az egyiptomiak hasonlóan képelték el a Világmindenséget. Az Univerzum számukra hatalmas doboz volt, amelynek alapját a Föld alkotta. Tetejét enyhén boltozatosnak képelték, s azt hitték, hogy lámpácskák lógnak le róla, míg néhány másikat istenek hordoznak körbe. Ré napisten, aki naponta újjászületik a keleti égen, hajón szeli át az égboltot. Az egyiptomiak a Tejútról azt vallották, hogy az az égi Nílus, amely a lelkek és a halottak birodalmán folyik keresztül.

A hindu világvégkép

A hinduk hite szerint a teremtőerő szimbóluma egy teknősbéka, amely egy hatalmas kígyón áll, és az örökkévalóságot jelképezi. A teknőc hátán álló elefántok tartják a harmadik világot, amelyben a felső rész az istenek birodalma, a középső a Föld és az alsó a pokol. A három világot a háromszög, a teremtés szimbóluma kapcsolja egybe.

A korai görög filozófusok elképzelései

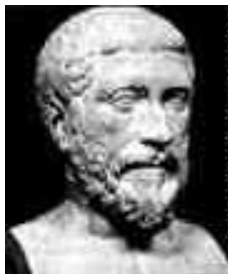


Az első korai görög természetfilozófus, akinek feljegyzései ránk maradtak, *milétoszi Thalész* (kb. i.e. 624–548). Ő a Földet lapos, vízen úszó korongnak gondolta. Bár felismerte az égbolt görbültségét, semmit sem mondott a csillagok, vagy a bolygók mozgásáról.

Thalész kortársa, *Anaximandrosz* (i. E. 611–546) szerint a Föld az űrben szabadon lebegő henger. Ismeretlen úton arra a következtetésre jutott, hogy a henger magassága a kör lap átmérőjének egyharmadával egyenlő. A szabadon lebegő Föld gondolata óriási haladást jelentett a korábbi elgondolásokkal szemben, amelyek mindaddig ragaszkodtak ahhoz, hogy bolygónknak valamin nyugodni kell. Az állítása bizonyítására felhozott érvek némelyike ma sem teljesen érvénytelen. Minthogy a Föld a Világegyetem középpontjában van, mondotta, semmi sem készítheti arra, hogy megváltoztassa ezt a pozícióját, s éppen ezért nincs is szüksége semmiféle tartószerkezetre. Úgy tűnik, ő ismerte fel elsőként, hogy az égbolt gömb alakú, amely úgy borul a Föld légkörére, mint egy fa koronája.

Xenophanész (kb. i. e. 570–500) – az éleai filozófiai irányzat alapítója – csillagászati elképzelései jóval kezdetlegesebbek, mint az elődöké. Hívei a Földet például végtelen kiterjedésű síknak képzelték, és azt hitték, hogy az égitegek kialszanak a nyugati égen, s minden reggel újra kigyulladnak a keletin.

Püthagorasz (kb. i. e. 580–500) kozmológiája határozott előrelépést jelentett, mint-hogy legalábbis részben megfigyeléseken alapult. Valószínűleg már ő is, de tanítványai biztosan felismerték, hogy a Föld gömb alakú. E felfedezést annak köszönheték, hogy ebben az időben a hajósok minden addiginál merészebb és sokkal távolibb utazásokra vállalkoztak. Ahogy Afrika nyugati partjai mentén dél felé haladtak, megfigyelhették, amint az északi csillagok lehanyatlottak a látóhatáron, miközben az égbolt déli részén addig soha nem látott, új csillagok tűntek fel.



Püthagorasz maga is rendkívül sokat utazott, és e jelenségek egyikét-másikat bizonyára maga is megfigyelte. Ugyanakkor sokat változtatott a Világegyetem matematikai „modelljén” is, amely ebben az időben még majdnem teljesen misztikus elképzeléseket tükrözött. Abból kiindulva, hogy az égbolt gömb alakú, arra a következtetésre jutott, hogy a Földnek is ilyennek kell lennie. Sem ő, sem pedig tanítványai nem támogatták azonban azt a felfogást, hogy e gömbölyű Föld forog.

Püthagorasz iskolájának köszönhetjük a Naprendszer egy meglehetősen újszerű kozmológiai modelljét. A tízet „tökéletes szám”-nak tartották, mert az első négy szám összege épp ennyit adott. Igen ám, de csupán kilenc égitestet találtak, a Napot, a Földet, a Holdat, az öt bolygót (Merkúr, Vénusz, Mars, Jupiter, Szaturnusz) és az állócsillagokat. Ezért aztán, hogy a tökéletes szimmetria iránti igényüket kielégítsék, kijelentették, hogy még egy bolygónak kell léteznie, s el is nevezték azt „Antikton”-nak vagy Ellenföldnek. Elképzelésük szerint e tíz égitest, tehát a Nap is, egy középponti tűz körül kering, amelyet csak azért nem láthatunk, mert az Ellenföld mindig eltakarja szemünk elől. Ennek a kozmológiai modellnek, amely inkább filozófiai elvekre épült, semmint megfigyelésekre, volt egy igen figyelemreméltó tulajdonsága. Az emberiség történetében először kockáztatta meg azt a kijelentést valaki, hogy a Föld is csak egy az égitestek közül, amely kijelölt pályán kering, ha egyelőre még nem is a Nap körül, de legalább egy központi tűz körül.

Anaxagorasz

I. e. 467-ben hatalmas meteor hullott le Görögországban. Ez a távoli világból érkezett tüzes jövevény nagy hatással volt *Anaxagoraszra* (kb. i. e. 500–428), a filozófusra. Felismerte a vasdarab Földön kívüli eredetét, és úgy vélte, hogy a Naptól szakadt ki. Ennek az okoskodásnak a továbbfolytatásával arra a következtetésre jutott, hogy a Nap hatalmas olvadt vastömeg, amely valamivel nagyobb, mint a Görögország déli részén fekvő Peloponnészosz-félsziget. Véleménye szerint a Hold is hasonló méretű, de felszínén síkságok és völgyek találhatóak, s az égítést fénye csupán a napsugarak tükröződésének következménye. A Földet laposnak tartotta.

Anaxagorasz honfitársainak válasza a filozófus kozmológiai modelljére gyors és erőszakos volt. Eretnekséggel vádolták, amiért elutasította azt az általános elképzelést, hogy az égítetek istenségek. Barátjának, *Periklész*nek ékesszólása megmentette ugyan a halálos ítélettől, de el kellett hagynia Athént, és száműzetésben halt meg.

Platón

Bár *Platón* (i. e. 427–347) hírnevét filozófiai írásainak köszönheti, csillagászati kérdésekről is sokat beszélt. Számára a csillagok élőlények voltak, de a Világmindenséget, amelyet a Naprendszerrel szemléltetett, öröknek tekintette. Csatlakozott a geometriai felfogáshoz, és a különböző bolygók mozgásának magyarázatára egy mechanikus rendszert ajánlott. Kiterjesztette és finomította *Püthagorasz*nak azt az elgondolását, amely a bolygók távolságát és mozgását a görög zene hangzatainak megfelelő zeneszférákkal magyarázta.



Platón csillagászati érveinek jó része homályos és kitalált. Érdekes módon viszont az égítetek látszólagos napi mozgását a Föld tengely körüli mozgásának tulajdonította. Sőt, mint arról *Plutarkhosz* és mások is beszámoltak, idős korában „megbánta, hogy a Földnek adta a központi helyet az Univerzumban, ami pedig nem is az övé”. Ez utóbbi állítás valószínűleg azzal magyarázható, hogy *Platón* a heliocentrikus elméletről kezdett gondolkodni, vagy – ami sokkal valószínűbb – hajlott arra, hogy elfogadja a pitagoreusok feltevését a középponti tűzről.

Eudoxosz

A filozófus *Eudoxosz* (kb. i. e. 408–355) új és fontos elvet vezetett be a csillagászatba. Világosan kimondta azt a tételt, hogy az égbolt azonos középpont körül elhelyezkedő, átlátszó kristálygömbökből áll, s hogy e gömbök különböző tengelyek körül forognak. A legegyszerűbb égítetek az állócsillagok. Mozgásukat úgy magyarázta, hogy „felerősítette” őket egy hatalmas gömbre, amely egy nap (24 sziderikus óra, vagy csillagóra) alatt egyenletesen körbefordul. A Nap kelet felé való látszólagos évi mozgása miatt egy sziderikus nap körülbelül 4 perccel rövidebb, mint egy szoláris vagy Nap-nap, s ez a kis különbség évente pontosan egy teljes napot tesz ki. *Eudoxosz*, hogy számot adjon a Nap mozgásáról, az állócsillagokéhoz hasonlóan 24 sziderikus óránként megforduló gömböt tételezett fel. Ebben egy másik gömb is volt, amelynek tengelye $23,5^\circ$ -os szöget zár be a külsővel. Úgy gondolta, hogy a Nap a belső gömb egyenlítőjére van erősítve, s azon lassan kelet felé mozog, méghozzá éppen évente téve meg egy teljes kört. Ennek következtében hol az egyenlítő felé, hol attól délre tűnik fel. *Eudoxosz* a csillagidő és a szoláris idő közötti különbségért a Napnak e lassú, keletre tartó mozgását tette felelőssé. Rendszerébe még egy gömböt beépített, amellyel a Hold mozgását magyarázta.

Míg a Nap és a Hold látszólagos mozgása viszonylag egyszerű, mindkettő szabályosan halad kelet felé, addig a bolygók mozgása jóval bonyolultabb, mivel azok időnként lassítanak, megállnak, majd visszafordulnak. A direkt és retrográd mozgások váltakozásának magyarázatára *Eudoxosz* továbbfejlesztette zseniális mechanikai rendszerét, több koncentrikus, eltérő forgástengelyű és szögsebességű gömböt használva. A teljes rendszer, amely modellezte a Nap, a Hold és a bolygók mozgását is, összesen 27 gömböt tartalmazott.

Az arisztotelészi világbép

Arisztotelész (i. e. 384–322), *Platón* tanítványa, korának szinte minden tudományágával elmélyülten foglalkozott, de kitűnt mind a politikában, mind a művészetek terén is.

Bár a csillagászatban viszonylag kisebb sikereket ért el, mint a természetfilozófia más ágaiban, mégis sikerült olyan képet festenie az Univerzumból, amely lényegében összhangban volt kora megfigyelési tényeivel. A Földet és az égitesteket gömbölyűnek tartotta. Kijelentette, hogy az égitestek mozgása egyenletesen fölfelé, illetve lefelé – azaz vagy a Föld középpontja felé, vagy attól el – irányul, vagy a Föld felszínével párhuzamos, azaz körpályán bekövetkező, esetleg e kettő kombinációja. Ez a felfogás kétségkívül igaz, hiszen bármilyen mozgás felbontható radiális és tangenciális összetevőkre.



Arisztotelész elfogadta és továbbfejlesztette *Eudoxosz* modelljét, amelyre újabb gömböket illesztett. Végül 55 gömbből álló modellt dolgozott ki.

Arisztotelész különösen nagy figyelmet szentelt a Világegyetem összetételének. *Platón*t követve elfogadta, hogy súlyuk sorrendjében az alábbi négy őselem létezik: a föld, a víz, a levegő és a tűz. A föld a víz mélyére süllyed, a légbuborékok annak tetején lebegnek, a tűz pedig felfelé száll a levegőben. A négy őselem természetes mozgásiránya felfelé vagy lefelé mutat. Éppen ezért ezeknek különbözniük kell a csillagoktól és az egyéb égitestektől, minthogy azok legszívesebben kör alakú

pályán mozognak. Véleménye szerint az égitestek egy ötödik fajta elemből, a tökéletes „lényeg”-ből (essentia vagy irodalmi néven quinta essentia) állnak.

A Földünk gömb alakját azzal is alátámasztotta, hogy holdfogyatkozások alkalmával a Földnek égi kísérőjére eső árnyéka mindig görbe szegélyű. Meghatározta a Föld átmérőjét is, amelyre majdnem 20 000 km-t kapott, mintegy 50%-kal többet valóságos értékénél. Megvizsgálta azt a lehetőséget is, hogy bolygónk helyett a Napot helyezze a Világmindenség középpontjába, de el is vetette azt. Ha így volna, érvelt, a Föld keringésének tükröződnie kellene az állócsillagok látszólagos elmozdulásában. Indoklása hibátlan, csak egyetlen dolgot nem vett tekintetbe: a csillagok óriási távolságát, ami miatt az elmozdulás alig észrevehető, s csak a legpontosabb távcsövekkel mutatható ki – amilyenekkel természetesen *Arisztotelész* és kortársai nem rendelkeztek.

Arisztotelész bizonyára rájött, hogy a Hold kisebb a Földnél, s hogy ahhoz hasonlóan a Nap visszavert fényével tündököl. Kijelentette azt is, hogy egyes „csillagok” nagyobbak, mint a Föld, de nem világos, hogy ez az állócsillagokra vagy pedig a vándorlóakra, a bolygókra vonatkozott-e. Abból a tényből, hogy a Hold időnként elhalad a csillagok vagy a bolygók előtt, s elfedi azokat, arra következtetett, hogy az a legközelebbi égitest. Ugyanakkor, eléggé homályos és hibás indoklással a Napot is közelebbinek vélte, mint a bolygókat. A sarki fényről, a hullócsillagokról és az üstökösökről azt tartotta, hogy a Föld légkörének „kipárolgásai”, amelyek mozgásuk miatt tüzet fognak.

Arisztotelész filozófiája tudományos ismeretek és ügyes érvek, – amilyen például a jó és tökéletes Világegyetemről vallott nézete – sajátos elegye volt. Később, különösen a

középkorban, őt fogadták el a legfőbb tekintélynek. Ez elfedte érveinek és következtéseinek hiányosságait. Éppen e tekintélytisztelet volt a legfőbb oka, hogy a középkorban a tudomány fejlődése megállt.

Arisztotelész egyik kortársa, *Hérakleidész* (kb. i. e. 388–315) viszonylag modern nézeteket vallott a világról. Feltételezte, hogy végtelen kiterjedésű, s hogy a gömb alakú Föld forog tengelye körül. A bolygókról azt tartotta, hogy önálló világok, és hogy Földünkhöz hasonlóan légkörük van. Figyelembe véve, hogy sem a Merkúr, sem pedig a Vénusz nem távolodik el túlságosan a Naptól, arra a következtetésre jutott, hogy azok a Nap körül keringenek. Egy dolgot azonban ő sem mondott ki: azt, hogy a Nap van a bolygórendszer középpontjában.

Az ókori heliocentrikus rendszer

Szamoszi Arisztarkhosz (kb. i. e. 312–230) *Kopernikust* több mint 18 évszázaddal megelőzve, egy ténylegesen Nap-középpontú rendszert javasolt. Az ötlet már akkor sem volt teljesen eredeti, hiszen *Arisztotelész* csaknem egy évszázaddal korábban már megvizsgálta ezt a lehetőséget, csak a megfigyelési eredményekre hivatkozva elvetette. *Arisztarkhosz* jóval többet tett a természettudományok fejlődéséért, mint azt, hogy megalkotta kozmológiai modelljét. Logikus okfejtéssel és a geometria szigorúan következetes alkalmazásával elég jó közelítéssel állapította meg a Hold átmérőjét és távolságát. A Nap–Föld távolság meghatározására elvileg hibátlan eljárást dolgozott ki, de nagyon rossz eredményt kapott az elkerülhetetlen megfigyelési hibák következtében.

Szenkovits Ferenc

Csillagászati programok az internetről

A személyi számítógépek elterjedésével egyre több szoftverfejlesztő gondol a csillagászat iránt vonzódó alkalmazókra is. A számítógép kínálja lehetőségek a csillagászat terén szinte korlátlanok. Olyan számításokat, amelyek még a múlt század elején is napokig, vagy hetekig tartottak, a gép a másodperc töredékei alatt végzi. Így ma már minden gond nélkül megjeleníthető a képernyőn a csillagos ég aktuális, vagy bármilyen pillanatra óhajtott képe, nem beszélve arról az óriási mennyiségű információról, ami egy-egy kattintással azonnal lekérdezhető. A csillagászati programok java része sajnos ma már nem ingyenes, de ezen programok is rendelkeznek egy-egy olyan ismertető változattal, amellyel rövidebb-hosszabb ideig szabadon szórakozhatunk. Szerencsére még jó néhány egészen jó minőségű, „sokat tudó” program szabadon is hozzáférhető és terjeszthető. Sorozatunkat egy ilyen szabadon használható planetárium program bemutatásával kezdjük.