

A NAP GYERMEKEI

ANDRÉ BRAHIC

A NAP GYERMEKEI

Eredetünk története

Typotex Kiadó
Budapest
2001

Drága szüleim emlékének

Tartalom



Előszó 1

Teremtés vagy örökkévalóság? Fizika vagy metafizika?, 2 — Nehézségek, 5
— A Naprendszer, az idő gyermeke, 6 — Fejlődés és sokszínűség, 7 — A
Naprendszer felderítése, 8 — Ismerd meg bolygódat, 9 — A kék sarokban:
a józan ész, 11

1. Fejezet Mesék és legendák
Az ősi mítoszoktól a mai kutatásokig 13

Eredetmítoszok, 14 — Csillagászat az ókorban, 19 — Az arab csillagá-
szat, 25 — Min civakodtak a középkorban?, 28 — A reneszánsz, 30 — A
kozmozgóniai elméletek – Descartes-tól Laplace-ig, 32

Első rész Az égbolt régészei

- 2. Fejezet** Sétafika a Naprendszerben
Hogyan fedeztük fel bolygónk szomszédait? 41
- A bolygók, 44 — A Föld-típusú bolygók, 47 — Az óriásbolygók, 50 —
A holdak, 55 — Az üstökösök, 63 — A kisbolygók, 65 — A por és a
meteoritok, 66 — A bolygók gyűrűi, 67 — A távolságskálák, 69
- 3. Fejezet** Az égbolt évgyűrűi
Avagy a kormeghatározás módszerei és eredményei 75
- Tér és idő, 76 — A Föld és a Nap korának megmérésére tett első próbál-
kozások, 77 — A kormeghatározás módszerei, 78 — A radioaktivitás és a
kormeghatározás módszerei, 78 — Meteorit-bombázás és kráteresedés, 81
— A Nap és a csillagok kora, 88 — Mióta áll a világegyetem?, 90 — A
 kozmikus naptár , 91
- 4. Fejezet** A ködök anyaga
Atomok, molekulák és más építőkövek 95
- A Nap, a Föld és az emberi test összetétele, 96 — Az anyag állapotai, 97
— Hogyan tákoljunk össze atomokat?, 99 — A nagy bumm és az ősi
 nukleoszintézis rövid története, 103 — A csillagok élete és az anyag kör-
 forgása, 106 — Nukleoszintézis a csillagok belsejében és a szupernóva-
 robbanásokban, 108 — A csillagközi anyag, 110 — Megmarad-e az
 anyag?, 114 — Mik potyognak az égből?, 115 — Hol találunk meteor-
 itokat?, 116 — Hány kaptafára készülnek a meteoritok?, 118 — A meteor-
 itok története, 119 — Honnan származnak a meteoritok?, 120 — Miről
 árulkodnak a meteoritok?, 122 — Az Allende-meteorit, 123 — A meteor-
 itokban található szerves vegyületek, 124 — Amit még tisztázni kell, 125
— A bolygóközi por és a meteorok, 126 — A kisbolygók, 127 — Az üstö-
 kösök, 129 — A Naprendszer kémiai összetétele, 130 — Az óriásbolygók
 légköre, 132
- 5. Fejezet** Az égitestek tánca
Lassú keringő egy lapos világban 135
- A bolygók korongja, 136 — Korongok szerte a Világegyetemben, 137 —
Az óriásbolygók síkbeli holdrendszere, 139 — A bolygók gyűrűi, 139 —
Galaktikus korongok, 140 — Akkréciós korongok, 141 — A β Pictoris
 csillag korongja, 142 — A csillagok körüli korongok, 143 — Koron-
 gok és nyálábok a születőben lévő csillagok körül, 144 — Lapos világban

élünk, 145 — A Nap kimért forgása, 146 — A bolygók forgása, 147 — Mozgás és perturbáció, 148 — Gyűrűk és gyűrűívek, 150

6. Fejezet Távoli csillagok, távoli bolygók és más nyomok
A csillagok szülőszobái, a Naprendszeren túli bolygók és néhány zsákutca 155

Csillag nem lehet akármiből, 156 — A csillagok kialakulása, 157 — A csillagközi anyag felaprózódása, 158 — Mi indítja meg a csillagképződést?, 159 — Mi állja útját a globulák összehúzódásának?, 160 — A csillagok szülőszobái, 161 — Infravörös csillagászat, 162 — Az Orion-köd, 163 — A molekulafelhők, 165 — Mi történik a születés előtt?, 166 — A születések története, 167 — Az anyagsugarak és a korongok, 168 — Csillag születik, 169 — A β Pictoris és a csillagokat övező korongok, 172 — Távoli bolygók?, 172 — A Naprendszeren túli bolygók felfedezése, 173 — Félrevezető nyomok – avagy a kóbor apácák megtévesztése, 177 — A Bode–Titius-„törvény” , 179

Második rész Eredetünk története

7. Fejezet Hogyan nem alakult ki Naprendszerünk?
Avagy a téves elképzelések sírkertje 187

Descartes követői, 188 — Buffon követői, 189 — Az akkréciós elméletek, 194 — Kant és Laplace követői, 195 — Az óriás protobolygók elmélete, 195 — Bolygókezdemények egymás hegyén-hátán, 200

8. Fejezet Az első pillanatok forgatókönyve
Köd előttem, bolygó utánam 203

A Galaxis kialakulásától az első csillaggenerációk letűnéséig, 205 — Hol volt, hol nem volt... ott, ahol a spirálfarkú galaktikus malac túr... létrejött egy nebula, 207 — Csillagköd születik, 209 — Napunk pislákolni kezd, 210 — A Föld-típusú bolygók kialakulásának öt fő állomása, 212 — A gázkorong, 214 — A szemcsékből álló korong, 214 — A bolygókezdemények korongja, 215 — A bolygóembriók korongja, 217 — A bolygók korongja, 218 — Az óriásbolygók kialakulása, 220 — Mi volt előbb: a Jupiter vagy a Föld?, 221 — Egyenlősdí, vagy a nagy hal megeszi a kicsit?, 222 — Az ősi Föld, 226 — Rend és káosz, 228

9. Fejezet A Hold és a kisebb égitestek kialakulása
Avagy hogyan keletkeztek a kisbolygók, a holdak és az üstökösök? 229

Kísérőnk, a Hold, 230 — Madárlátta holdközvet Apollo puttyonyában, 231 — A Hold pályájának története, 232 — A Hold eredete, 233 — A Hold – a Föld lánya?, 235 — A Hold – a Föld befogott kísérője?, 236 — A Hold – a Föld húga?, 237 — A Hold – egy mesteri balegyenes szülötte?, 237 — A Föld–Hold páros pályafutása, 238 — A holdak eredete, 239 — A bolygók gyűrűinek eredete, 241 — A kisbolygók eredete, 241 — Az Edgeworth–Kuiper-öv, 242 — Az üstökösök eredete, 242

Harmadik rész A történet folytatása

10. Fejezet A Föld fejlődése és az élet kialakulása 251

A Föld-gép, 252 — A fejlődés mozgatórugói, 254 — A szilárd Föld megolvadása és differenciálódása, 256 — A kontinensek vándorlása és a tengerfenék mozgása, 257 — A kőzetek körforgása, 259 — A Föld-típusú bolygók légköre, 261 — Honnan fúj a szél?, 264 — A légkörök eredete, avagy a nagy böff, 265 — A légkörök fejlődése, 269 — A víz körforgása, 272 — Az éghajlat változása, 272 — Mi is az, hogy élet?, 274 — A földi élet, 278 — Mit oszt a világűr, áldást vagy átkot?, 280 — Cidrizzünk-e az üstökösöktől?, 281

11. Fejezet Egyedül vagyunk?
Távoli lakott bolygók nyomában 283

Távoli lakott világok, 284 — A repülő csészealjokról és más démonokról, 284 — Élet a Naprendszerben, 285 — Más életformák?, 286 — Merre kutassunk?, 287 — Lakható zónák, 289 — Bolygók a Naprendszeren túl?, 291 — Hogyan fedezzünk fel új Földeket?, 293 — Intelligens élet a Tejútrendszerben?, 294 — Hegyezzük a fülünket, 294 — Utazás és kommunikáció, 295

12. Fejezet A jövő
Mit hoz? 301

A Föld jövője, 301 — A Nap jövője, 303 — Szupernóva-robbanás – pusztulás vagy teremtés?, 305 — A Tejútrendszer jövője, 306 — Az Univerzum jövője, 307

A kék sarokban: a józan ész	311
Szószedet	319
Táblázatok	323
Függelék	331
Ítélet, 331 — A tanok megtagadása, 331	
Köszönetnyilvánítás	333

Előszó



„Süssön bár mégoly szépen a nap,
Egyszer csak le kell mennie.”

FERDINAND RAIMUND

Középpütt egy irdatlan tűzgömb... Körülötte kilenc pöttöm golyóbis lejt táncot: az egyik kőből, a másik jégből, a harmadik vízből, a negyedik gázból lett gyúrva... A táncparkettől nagyon messze újabb tűzgömbök pislákolnak, és talán ezek körül is ropják páran... Az első társulatot aligha kell bemutatnunk: a Napról, a Földről és szomszédairól van szó. De hogy a távoli pódiumokon mi a szereposztás, csak kíváncsian találgathatjuk. Ám még a mi színpadunk kulisszái mögött is számtalan rejtély lappang. Hogyan alakul ki egy bolygórendszer? Milyen folyamat festette kékre Földünk arcát és hogyan sarjadt ki rajta az élet? A többi bolygó felszínén miért nincsenek meg az élet kialakulásához szükséges feltételek? Milyen felvonások mentek le az eddig eltelt négy és félmilliárd év alatt?

Miből lettünk? Eredetünk kérdése ősidők óta foglalkoztatja az emberiséget. Dunát lehetne rekeszteni az évezredek során kialakult mítoszokkal, melyek a világ keletkezését, az istenek születését és a törzsek eredetét egyaránt magyarázzák. A kérdés a régi, de a megközelítés új: napjainkban ugyanezek a problémák állnak a tudományos kutatások homlokterében. Az idők kezdete óta rágódunk azon a kérdésen, hogy világunk folyamatos változások eredményeként jött-e létre, vagy a semmiből pattant elő egy szép napon. És ha csiribí-csiribá született, akkor hogyan és miből? A múltba nem láthatunk bele, bölcselkedtek a szkeptikusok, ám a XX. században tett felfedezések alaposan rájuk cáfoltak: végre-valahára fellebbent a fátyol sok-sok ősi rejtélyről!

Évezredekken át a képzelet szálfáira építgette az emberiség a világot. Ám néhány emberöltővel ezelőtt gyökeres változás következett be: a megfigyelé-

sekhez használt nagy pontosságú műszerek megnyitották az utat a valódi világ felfedezéséhez. Ebből a páratlan intellektuális kalandból rengeteget tanultunk. Először is: a természet leleményességének az egész emberiség találmányossága sem érhet a nyomába; másodsor: a megfigyelések szabta korlátoknak köszönhetően ma már sok mindent tudunk arról, hogyan *nem* alakult a világ története. Az ősi mítoszokat és a hajdani kozmogóniai elméleteket, bármilyen tetszetősek is, törölhetjük a tudományos igazság letéteményeseinek sorából. Ám ez nem jelenti azt, hogy őseink igyekezetéből csupán légváarak építésére futotta. Csak az ő tapogatózásai nyomán haladva juthattunk el mai fogalmainkhoz. Az ő útkeresésük nélkül semmi esélyünk nem lenne eredetünk rejtélyének megfejtésére, hiszen a modern tudomány őseink elképzeléseinek és dogmáinak kritikus elemzéséből nőtt ki.

Akárcsak az anyjuk szoknyája körül sertepertélő gyerekek, a bolygók is egyfolytában ott sündörögnek a Nap körül. A Nap természetes gyerekei ők? Vagy örökbefogadott csemeték? Vagy inkább csak kishúgok? Vagy mi a szöszők? Könyvünkben úgy próbálunk meg napjaink csillagászati megfigyeléseivel egybecsengő választ adni ezekre a kérdésekre, hogy a bizonyosságok mellett részletesen kitérünk a vitatott vagy mindeddig tisztázatlan pontokra is. Annyit előre is elárulhatunk, hogy a Nap sokkal inkább testvére, mint anyja a bolygóknak, közös szüleik pedig a régen letűnt csillagok.

Először röviden felidézünk a régi teremtésmítoszokat, majd ismertetjük a Földre és a többi bolygóra vonatkozó legfőbb tudnivalókat. Ezt követően felvázoljuk, hogyan alakulnak ki egymás után az atomok, a galaxisok, majd a csillagok, és végül megpróbáljuk elmesélni eredetünk igaz történetét. A történet kétségkívül foghíjas. Számtalan buktatót is rejt. Néhány fejezetét nem értjük még elég jól. Ám eredetünk kutatása a tudomány és a tudatlanság közti szűnni nem akaró harc egyik legfontosabb csatamezeje, és ebben a harcban nem szabad meghátrálnunk.

Teremtés vagy örökkévalóság? Fizika vagy metafizika?

Öröktől fogva létezik a Föld, a Nap, az égbolt és a csillagok, vagy csiribí-csiribá jöttek létre? Mindig is létezni fognak, vagy csiribá-csiribí? Évezredek óta tűnődik ezen a kérdésen az ember, bármely földrésről tekintsen is fel az égre. A kezdet és vég nélküli örökkévaló világ gondolatát Arisztotelész vetette fel és védelmezte az i.e. IV. században. Az évszázadokkal később megjelenő kereszténység ezzel szemben igen erőteljesen a világ Isten általi teremtése mellett foglalt állást.¹ A kezdetek kezdetének kérdése évszázadokon át hevesen tomboló vihart kavart, mely a XIII. század folyamán a végletekig elfajult az

¹Fontos azonban hangsúlyoznunk, hogy a kereszténység kialakulásakor Arisztotelész munkái nem voltak közismertek. (A ford.)

akkori világ tudományos középpontjában álló párizsi egyetem katedráin. Évszázadoknak kellett eltelnie, míg Kopernikusz vagy Darwin elmélete kapcsán ugyanilyen vérbő vita hozta lázba a tudósokat.

Eredetünk kutatása az egyik legnagyobb horderejű tudományos kérdés, mégis a metafizika sokkal előbb csapott le rá, mint a fizika. Nem volt olyan vallás vagy a teljesség igényével fellépő világnézet, mely ne állt volna elő egy tereméstörténettel. Kétségtelen, hogy erről a töről fakad az évszázadokon át tomboló vallási fanatizmus és szellemi intolerancia, azonban a kérdés tisztázására irányuló kutatás kiválóan példázza az emberi génusz nagyságát. A XX. század végére már itt-ott sikerült bepillanttanunk az eredetünk titkát rejtő lepel alá, de a vita még távolról sincs lezárva!

Eredetünk kutatása távolról sem csupán a kíváncsi tudósok életbevágó következmények nélküli vesszőparipája. A kérdés olyannyira heves viták forrása volt, hogy a „helyes elmélettel” szembehelyezkedőkre nem egy esetben felkoncolás, máglyahalál vagy akasztófa várt. Figyelemre méltó tény azonban, hogy a teljes világ magyarázatát zászlójára tűző összes világnézet számára igen fontos volt, hogy elfogadtassa saját eredettörténetét, még ha ennek érdekében esetenként erőszakhoz kellett is folyamodnia. És ez nem csak a különböző egyházakra áll. Az eredetünk kérdését feszegető ideológiai vitákban a történelem folyamán számtalanszor az adott kor gazdasági-társadalmi vitáinak gőze csapódott le. Azokban az időkben, amikor még Franciaország és Anglia volt a világ két vezető nagyhatalma, a bolygók keletkezésének eltérő elméleti magyarázata másfél évszázados vitát eredményezett a francia és az angol iskola között. 1945 és 1990 között ugyanezen a kérdésen az amerikai és a szovjet iskola képviselői kaptak hajba!

Jóllehet eredetünk kutatása mindenekelőtt a csillagászok, a fizikusok, a kémikusok, a matematikusok, a geológusok, a geofizikusok és a biológusok feladata, a kérdés filozófiai és szociológiai vonatkozásai további szenvedélyes viták és éjszakába nyúló szajtépek forrásai. Persze a tudósoknak sem sikerült mindaddig közös nevezőre jutniuk, hiszen a probléma olyan sokféle megközelítést tesz lehetővé, hogy számos szerző tudomást sem vesz mások eredményeiről. Ha eredetünk kérdésére a szent könyvekben keressük a választ, inkább filozófusok, mint mérnökök eszmefuttatásaival akadunk össze, és bizony ezekben több a metafizika, mint fizika. Napjainkra azonban megváltozott a helyzet: az űrkutatási programok beindulásával a megfigyelési eszközök és az adatképzéskelési módszerek színvonala olyan hatalmas fejlődésen esett át, hogy tudásunk gyarapításának története újabb fordulóponthoz érkezett. A kísérleti megfigyelések és az elméleti modellek támasztotta korlátokat ma már senki sem hagyhatja figyelmen kívül!

Manapság magától értetődő tényként fogadjuk el azt, hogy a Föld, a Hold, a Nap és a számtalan csillag, akárcsak az összes többi égitest, egyszer csak megjelent az égen, és azóta folyamatosan fejlődik. Őseink azonban másképp vélekedtek. Sokan úgy hitték, hogy a csillagok öröktől fogva az égen ragyognak és örökkévalók. Másképp fogalmazva: a fejlődés, az evolúció gondolata idegen volt az emberiség számára. Úgy tartották, hogy egy felsőbb hatalom teremtette meg a világot egyszer s mindenkorra. Való igaz, hogy a kezdet, a fejlődés és

mindenekelőtt a vég fogalmát nehéz elfogadni. Éppen ezért tucatjával találunk olyan vallási szektákat és fundamentalista csoportokat, melyek mindmáig elutasítják az evolúció gondolatát. Még egy olyan fejlett technológiájú országban is, mint az Amerikai Egyesült Államok, a „kreacionisták” mindmáig ragaszkodnak az állat- és növényfajok teremtéséről szóló tanításokhoz.²

Az emberiség évezredek óta az eget jelölte meg az istenségek lakóhelyéül. Bármennyire hasonlítottak is azonban ezek az istenek az emberekre, életvitelük alapvetően más volt, hiszen nekik megadatott a halhatatlanság! (Ma már ezt sokan csak látszólagos előnynek neveznek, úgy érvelve, hogy aki örökké él, az egy idő után már nem tud tovább fejlődni.) Sokan azonban képtelenek voltak abban hinni, hogy az emberek csupán az isteni szeszély tehetetlen rabszolgái lennének. Kérdések hosszú sora fogalmazódott meg bennük: léteznek-e olyan törvényszerűségek, melyek a világegyetem történéseit irányítják? És ha igen, felfedezhetjük-e ezeket a minket körülvevő világ vizsgálata alapján?

A szigorú megszorításokat támasztó kísérleti eredmények hiányában semmi sem kötötte az elméletfabrikálók kezét, így az évszázadok folyamán a legváltozatosabb elképzelésekkel rukkoltak elő. Számos elmélet alapkövéül olyan feltevések szolgáltak, melyek már-már átlógtak a metafizika területére. Egy pillanatra sem téveszthetjük azonban szem elől azt, hogy ahol a tudomány szabja meg a törvényt, ott nincs üdvözülés a kísérleti eredmények érvényességi körén túl. Hány és hány, „papíron” csodálatos elmélet bukott meg egy-egy rusnya tényen! Lehetünk bármilyen elfogultak, a kísérleti eredmények előtt fejet kell hajtanunk. A tudomány tehát alázatosságra tanítja az embereket, legyen szó politikusokról, ügyvezető igazgatókról vagy Pityke őrmesterről. A való világ leírására hivatott összes elméletet bele kell tudnunk passzírozni a kísérleti korlátok alkotta öntőformába. A tiszta logika, az *a priori* ideák, a „nagy és szent könyvek” nem tettek túl nagy szolgálatot. A bizonyítékok szenvedélyes tagadása az eredetmítosz igazságába vetett hit fenntarthatósága érdekében hasonlóképpen rendszerint béklyónak bizonyult. Az *a priori* fogalmak kritikai elemzése, és még inkább ezeknek kísérleti eredményekkel történő összevetése tűnik ma az egyetlen járható útnak.

Eredetünk kutatásának több évszázados története éppúgy az előítéletek, a hosszú megtorpanások, a kísérleti eredmények égető hiányából fakadó zsákutcák története, mint a lenyűgöző felfedezéseké. Ahogy Paul Valéry mondta: „ahol a metafizika uralkodik, ott nincs helye a fizikának, és vice versa.”

²A kreacionizmus térhódításának egyik legszomorúbb jele az, hogy az Egyesült Államok számos államában a középiskolás diákok megválaszthatják, milyen szemléletben kívánják tanulni a növény- és állatfajok kialakulását: a Darwin-féle vagy a kreacionista megközelítésben. A tudománytalan illetve áltudományos gondolkodás térnyeréséről Carl Sagan *Korok és démonok* című könyvét ajánljuk az érdeklődő olvasó figyelmébe (Typotex kiadó, 1999). (A ford.)

Nehézségek

Eredetünk kutatása egy hatalmas kirakós játékra emlékeztet, melyben, hogy még izgalmasabb legyen, nem árulták el, mit ábrázol a kép, de még azt sem, hogy hány darabból áll. Rengeteg darabka örökre elveszett, néhány meg más játékokból keveredett ide. Azt sem tudjuk például, hogy melyik darabok hordozzák az eredetünkkel, és melyek az ebből induló fejlődéssel kapcsolatos információkat. Jóllehet az utóbbi években sok-sok kiegészítő darabka került elő, még nem tudjuk, hová is tegyük ezeket. Az összkép kicsit tisztább lett, de még mindig rengeteg a fehér folt.

Az első nehézséget az jelenti, hogy a Naprendszer az egyetlen rendelkezésünkre álló bolygórendszer. Igen valószínűtlen, esetleg egyedülálló helyen élnénk? Naprendszerünk torzszülött volna? Vagy egy teljesen szokványos rendszer lenne, amilyenből Galaxisunkban tizenkettő egy tucat? További bolygórendszerek felfedezése lehetővé tenné, hogy csokorba szedjük a közös vonásokat, illetve azokat a véletlen egybeeséseket, melyekért a speciális kezdeti feltételek felelősek. Jelenlegi helyzetünk ugyanolyan kecses, mint azé a szociológusé, aki egyetlen ember vizsgálatából próbálja levezetni a társadalmi élet általános szabályait. Mely vonások jellemzőek az egész népességre? Melyek csak az egyes egyedekre? A kék szem vagy a két láb?

A második nehézség onnan ered, hogy sokszor nehezebb a múlt, mint a jövő irányába tapogatózni. Úgy tűnik, a jelenlegi állapotot több különböző kezdeti feltételből is le lehet vezetni, a múlt felgöngyölítése tehát ma még nem egyértelmű. Olyan ez, mint amikor az ember kinéz az ablakon, ssss ... most húzott el egy ejtőernyős, tik-tak-tik-placcs, most ért földet. Ennyiből nem lehet megállapítani, hogy háromezer vagy ötszáz méter magasságban ugrott-e ki a repülőgépből! A Naprendszerrel is hasonló a helyzet: sok különböző kezdeti feltétel képzelhető el, melyek ugyanazokhoz a jelenleg megfigyelhető adatokhoz vezetnek.

Az űrkutatási programok és a modern megfigyelési módszerek hatalmas mennyiségű adatot zúdítottak a nyakunkba, azonban mindeddig nem sikerült tisztázni azt, hogy ezek közül melyek kapcsolódnak a Naprendszer kialakulásának kérdéséhez. Ám az utóbbi két évtizedben összegyűjtött információk végtelennek tetsző sorából annyit már bizonyosan sikerült leszűrni, hogy a kérdéskör lényegesen összetettebb, mint eredetileg feltételeztük. A vizsgált objektumok és mechanizmusok lenyűgöző sokrétűsége tárult elénk. Rájöttünk, hogy a Természet mindig sokkal gazdagabb, mint ahogy azt előre elképzeljük! A Természet leleményessége messze túlszárnyalja a legkiválóbb csillagászok, elméleti fizikusok vagy filozófusok képzelőerejét!