

RÉGI ÉS ÚJ KOZMOGÓNIÁK

Az EMBEREK KÉPZELETÉT már a legrégebb idők óta mindig izgatta és foglalkoztatta az a kérdés, hogy hogyan keletkezett, miképpen lett a Föld, a Nap, a számtalan csillag, mely a világtérben szétszórva csillagrendszereket, halmozokat alkot, mi a genezise az egész univerzumnak. A naiv képzelődés nem rettent vissza a kérdés nagyszerűségétől. Csak amint a tudományos vizsgálódás mindig több anyagot szolgáltatott ahhoz, hogy egyik vagy másik problémára valamilyen közelítő vagy valószínű feleletet, megoldást találjunk, merültek fel folyton újabb kérdések, nehézségek, tornyosultak a kutatók elé nehéz akadályok, vagy pedig újabb felfedezések; tudományosan pozitív, biztos eredmények halomra döntöttek elméleteket, melyeket sokan sokáig tetszetősnek és elfogadhatónak találtak.

A naiv szemlélet előtt a legcsodálatosabb természeti jelenség is valami magától értetődőnek látszhatik. A nehézségek rendszeresen csak akkor kezdenek kiderülni, mikor valamely jelenség törvényszerűségét pontos mérések, számítások alapján kezdjük okszerűen kutatni. Mikor Huyghens 1655-ben először ismerte fel primitív távcsövével, hogy a Saturnus bolygót szabadon lebegő gyűrű veszi körül, ezen a tényen senki sem akadt fenn, senkinek a csodálkozását ki nem váltotta. A kérdésre akkor lettek figyelmesek a természet jelenségeit érdeklődéssel kísérők, mikor a nagy Laplace azt kezdte kutatni mechanikai alapon, hogyan lehet az, hogy ily óriási gyűrűrendszer szabadon lebeg a hatalmas bolygó körül? Szilárdan összefüggő anyagból van-e, vagy pedig folyékony ez a gyűrű? S mikor kimutatta, hogy sem szilárd, sem folyékony nem lehet, a rejtély még csak növekedett s további sok évtizedekig tartó kutatásokra ösztönözte a csillagászokat, kik végre a matematika és a fizika fegyvereivel fölvértezten lettek úrrá a nehézségek felett.

Azonban nem minden felmerülő kozmikus problémánál sikerül ily aránylag gyorsan és biztosan a révbejutás. Minél komplikáltabb, merészebb vagy magasabbrendű a probléma, annál nehezebb, fáradtságosabb és több időt követelő kell hogy legyen a megoldás munkája is. A világ, a kozmosz, az univerzum keletkezésének és elmúlásának, kezdetének és végének problémája a legnagyobb, leghatalmasabb minden kérdések között, melyeknek megfejtését az exakt kutatás maga elé tűzhetette. Sok jeles tudós sokféle módon igyekezett a megoldáshoz hozzáférközni. A hipotézisépítők valóságos paradicsoma ez a térré-

mim, amelyet exaktabb módszerekkel csak újabb időben sikerült részben megközelíteni.

Mint sok más merész probléma felvetését, úgy a kozmogóniainak tudományos formában való felvetését a görögöknek köszönjük. Platon mondatja Timaioszszal, a pythagoraszai tanok jeles ismerőjével a következőket: „Az ég megalakulása előtt az anyag különféle erőknek volt alávetve. Minthogy részeinek egyike sem lehetett egyensúlyban s mivel minden oldalról szabálytalanul volt hatásoknak kitéve, azért mindezek az erők mozgásba hozták az anyagot. A mozgatott részek némelyike egy irányban, másika más irányba tolódva egymástól elszakadtak“ Platonnak ez a naiv és romantikus kozmogóniája teljesen magán hordja az akkori asztronómiai és geometriai ismeretek mértékét s ebben megegyezik minden utána következő oly kozmogóniával, mely tudományos színezetre igényt tart ugyan, de kellő alapjai hiányzanak. A vállalkozás nagysága fordított arányban áll az ismeretek mennyiségével. Platon és utána több mint kétezer évvel Kant még megengedhették maguknak, hogy az egész világegyetem keletkezésének megmagyarázását megkíséreljék. Aki nem ismeri egész terjedelmükben a valamely problémában rejlő nehézségeket, könnyen elsiklik mellettük és tévutakra kerül, vagy pedig naivul olyan megfejtéseket ad, melyeket semmivel sem lehet indokolni. Laplace sokkal szerényebben már csak a Naprendszer történelmét akarta vázolni, ma pedig igen jól ismerjük azokat az óriási nehézségeket, melyek nem egy nagy csillag, hanem csak például egy kicsiny mellékbolygó fejlődésmenetének kikutatása alkalmával élénk tornyosulnak, ha az exakt tudomány korlátaihoz ragaszkodunk és nem a pusztá képzelődés csalóka álmegejtéseivel játszadozunk.

„Kozmosz“ pedig világegyetemet jelent és kozmogónia a világegyetem keletkezését. Mai csillagászati, fizikai és matematikai ismereteink mellett még szó sem lehet ennek az óriási probléma-komplexumnak a megoldásáról. Igényeinket fokozatosan le kell szállítanunk, amint a növekvő nehézségekkel megismerkedünk. Így a merészebb, de bizonytalanabb világkeletkezési elméletekről áttérünk a Naprendszer formálására s az egyes csillag némileg biztosabb alapokon nyugvó fejlődéstörténetére.

Nem ismeretlen, hogy látszólag még sokkal egyszerűbb, vagy legalább is kisebbméretű jelenségek, minők például a hegyek képződése a Földön, vagy pedig a kráterek keletkezése a Holdon, még mindig nem találtak kielégítő magyarázatot, dacára a fizikai tudományok óriási haladásának. Ily körülmények között kétségesnek látszik, hogy a nagyobbszabású kozmogóniai problémák kecsegtetnek-e a megoldhatóság némi reménységével. De számos fizikai problémával is úgy vagyunk, hogy míg a nagy tömegjelenségeket egész pontosan tudjuk követni és megmagyarázni, addig az abban szerepet játszó egyes részecskék viselkedéséről vajmi keveset tudunk, például a gázok hőokozta állapotváltozásainál, elektromos jelenségeknél, folyadékok mozgásánál, szilárd testek rugalmas alakváltozásainál s így tovább. Ez érthető, ha mindezeket a jelenségeket statisztikai szempontból ítéljük meg, amely felfogás újabb mindinkább tért hódít. Így a tulajdonképpeni koz-

mogóniai problémák is nagyobb valószínűséggel lesznek megközelíthetők, mint esetleg a különféle nagyobb számú, de ellenőrizhetetlen erők hatásától származó részletjelenségek.

A világ keletkezésének kérdése, mint közelebb fekvő és könnyebben megközelíthetőnek látszó természetszerűen elsőnek kínálkozott a kutató emberi észnek. De éppen olyan érdekes és izgató a világrendszer, a kozmosz jövőjének kérdése is, a vég problémája. Minden idők örök vágya volt bepillantást vethetni a jövőbe s amint az emberi sorsok ismeretlen jövőjéről szeretnők lerántani a fátyolt, úgy a tudást szomjazó emberi ész a Föld, a Nap, a miriádnyi csillagok és csillagrendszerek, az egész univerzum jövőjét kívánja megismerni. Itt talán szembeötlőbb, hogy ha a jelen állapotról a távoli jövőre akarunk következtetéseket vonni, úgy az exakt tudományok fegyvereivel vértetetlen kell a probléma elé államink. A hipotézisek számának lehetősége kisebb. Úgy látszik, mintha itt biztosabb eredményeket érhetnénk el, ellentétben azzal, amit az emberi történekekről tudunk. Míg ezeknél a múlt ismerete és kikutatása biztosabb és a jövőről sejtelmeknél egyebet alig kockáztathatunk meg, addig az égitesteknél a múlt kiderítése a nehezebbnek látszó feladat.

Ma már nem helyezkedhetünk Arisztotelész álláspontjára, ki szerint kozmogónia nincs is, mert „az ég örökkévaló, sem nem növekszik, sem nem fogy, nem öregszik és mentes minden változástól“. A nagy görög filozófus idejében a fegyvertelen emberi szemnek az ég a tökéletes változhatatlanság képét nyújtotta, de a teleszkópok olyan égi jelenségekkel ismertettek meg bennünket, melyeket a régiek nem is sejtettek. Új csillagok tűnnek fel az égen hirtelen növekvő fényességgel s lassanként ismét eltűnnek a felfegyverzetlen szem számára. A modern csillagászat megtanított arra, hogyan mérjük meg a legtávolabbi csillagok vagy ködfoltok tőlünk való távolságát. Ezekből a mérésekből kiderült, hogy míg némely csillagtól néhány év alatt érkezik hozzánk a tőle kiindult fény, addig némely ködfolttól többszáz ezer, vagy sokmillió évre van szüksége, hogy a Földre jusson, azaz eszerint az égitesteket történetük különböző időpontjaiban észleljük. Míg némelyiket úgy látjuk, mint amüyen öt vagy tíz vagy száz év előtt volt, addig más égitestről a például száz ezer évvel ezelőtt kiindult fény érkezik most szemünkhöz. A szabad szemmel is észrevehető ismert Andromeda-ködfolt 900.000 fényévnnyire van tőlünk s olyan ködfoltot is ismerünk, melynek távolsága 150 millió fényév. Amint a geológiai tények tanúsága szerint Földünk felületének kétségtelenül megvolt a maga történelme, úgy az említett csillagászati jelenségek azt bizonyítják, hogy az összes égitesteknek is van történelmük. Ezt bizonyítják a Napnak vagy a Jupiternek felületén végbemenő, közvedenül észlelhető nagy változások is. Tudományosan tehát teljesen indokolt az a törekvésünk, hogy az égitestek vagy égitestek egész csoportjainak, halmazainak fejlődésébe betekintést nyerhessünk, hogy visszafelé rekonstruálni próbáljuk történetük menetét s egyúttal következtetéseket vonjunk le jövő alakulásuk lehetőségeire is.

De amint teljesen kilátástalan volna, ha a kozmosz történetét a jövő végtelenül távol való időpontjáig akarnók előre vázolni, éppúgy

nem vállalkozhatok a komoly tudomány arra, hogy ellenkező irányban, a múltba visszafelé a kezdet kezdetéig érjen. Minden kozmogóniának közös jellemző vonása, hogy az égitesteknek valamilyen önkényesen választott, lehetőleg valószínűnek látszó kezdeti állapotából induljon ki, mely a jelenlegitől többé-kevésbé különbözik s azután megkísérli abból a feltételezett kezdeti állapotból a jelenlegi alakulatot levezetni. Az imént romantikusnak nevezett kozmogóniák ezt meglehetősen önkényesen, a jól megalapozott fizikai törvények negligálásával vagy teljes nem-ismerésével érik el. A régebbi kor filozófusainál ez érthető, mert nem rendelkeztek mai fejlettebb exakt ismereteinkkel. Ez azonban nem zárja ki azt, hogy náluk is helyes, vagy nagy horderejű meglátásokkal ne találkozunk. Így T. Lucretius Cams ismert filozófiai költeményében, a „De rerum natura“-ban meglepő kijelentésekkel találkozunk az anyag atomos szerkezetéről meg a világegyetem terjedelméről, de kozmogóniája csak teljesen határozatlan kijelentéseket tartalmaz, akár Ovidius kedves versei a Metamorfózisokban.

Komolyabb értelemben vett kozmogóniák csak az asztronómiai, fizikai és matematikai ismeretek fokozatos fejlődésével voltak lehetségesek. Ezen tudományok nagy megalapítói: Copernicus, Galilei, Kepler nem írtak a világok keletkezéséről. Descartes, a jeles matematikus és filozófus merész elméjével ebbe a területbe is behatolt. Szerinte az anyag és a benne létező mozgások mennyisége kezdettől fogva meg volt adva változhatatlanul. Az anyag, éppúgy mint a tér, amelyet elfoglal, folytonos és az első mozgások impulzusai következtében több részre válik szét. Ezek a részek egymásra hatnak és végül három különböző osztályra oszlanak. A legdurvább részek, melyeknek mozgásmennyisége csekély, összeverődnek és a bolygókat, meg az üstökösöket alkotják. Más anyagrészek sűrűlódás folytán elvesztették érdes felületüket és legömbölyödtek. Ezekből lettek a folyadékok, melyeknek mozgása gyorsabb, könnyebb és bizonyos szabályosságra törekszik, amennyiben köralakúvá válik, hasonlóan a folyóvizetknél észlelhető örvényekhez. A részecskék harmadik félesége rendkívül finom. Ezek az első fajta nagy részekről csiszolódnak le sűrűlódásuk közben; a tűznek alkotják az alapélemét, mozgásuk sokkal sebesebb, minden irányban rezegnek és főleg az előbb említett örvények közepén halmozódtak fel és ily módon létesítették a Napot és a többi állócsillagokat. A második fajta részecskék a levegőhöz, a harmadik fajtájúak a fizika éterjéhez hasonlítanak, melyek a bolygókat alkotó szilárd részek közé és minden-hová behatolnak. Az éterrészecskék mozgásának tulajdonítandó a fény és a hő, amelyeket a földi anyagokon, a Napon és a csillagokon észlelhetünk.

Descartes szerint folytonos közegben az anyag ősi mozgásai a körmozgás felé törekszenek. Éppen ezért a Nap és a csillagok közül keletkezett örvényeknek állandóknak és szabályosoknak kell lenniök. A második fajta elemből álló örvények köralakú mozgásra kényszerítik a durva részekből összeverődött bolygókat, amelyek közül másodrangú örvények keletkezhetnek. Ezek más égitesteket ragadnak magukkal, követve a bolygót a Nap körüli útjában: ezek a holdak. Jupiter négy első holdját akkortájt fedezte fel Galilei. Descartes-nak ez az elmélete

élénk hatással volt kortársaira. Első ízben látszottak tisztára mechanikai hatásokra visszavezetve a bolygók és holdjaik mozgásai, valamint a súlyos testek törekvése a Föld középpontja felé. A közös ok a kozmikus anyagban létező örvények. Huyghens fényelmélete és Leibniz elmélete a bolygók mozgásáról Descartes eszméire támaszkodik. Descartes maga a fénytörésre, a meteorokra és a szivárványra alkalmazta. Valamely elmélet értékét azok a tények szabják meg, melyek az elméletet megerősítik. Descartes idejében ily tények még alig voltak ismeretesek, annyira, hogy Descartes maga életének hátralévő részét ily kísérleti tények felkutatására akarta szentelni.

Descartes kozmogóniájában figyelemreméltó, hogy a bolygók keletkezését durva, nagyobb, meteorszerű részek összeverődésére, halmozására vezeti vissza. Ezzel előfutárja lett a modern Chamberlin-Moulton-féle ú. n. planetezimális kozmogóniai elméletnek, mely teljesen analóg módon igyekszik a Nap és a bolygók formálódását megmagyarázni. Ha valaki éppen akarná, akkor ezt az elméletet Platon kozmogóniájából is kiolvashatná.

Descartes idejében még nem is sejtették, hogy az üstökösök valóban nem egyebek meteorok halmazánál. A tapasztalat azt mutatta, hogy az üstökösöket alkotó meteorok idők folyamán széjjelszóródnak, dacára annak, hogy az üstökös magjában az őt alkotó meteorok aránylag igen közel vannak egymáshoz. Ellenben azt észleljük, hogy például a Földre számos meteor esik, melyek a Föld tömegét állandóan növelik. Ebből az látszik következni, hogy meteorösszeverődés csak ott jön létre, hol egy nagyobb tömeg már jelen van. De pontosabb feleletet csak a szigorú matematikai vizsgálat fog adhatni. Descartes kozmogóniája egyébként éppen olyan határozatlan és elmosódott, mint mindazok a kozmogóniák, melyek nem támaszkodnak megfigyelt és számításokkal igazolt tényekre. Ezért a Descartes-féle örvények csakhamar feledésbe merültek Newton fizikájának diadalmas előretörésével.

Newtonnál az örvények helyébe az általános gravitáció törvénye lép, melyet a legpontosabb csillagászati és fizikai mérések számtalanszor igazoltak. Ez a törvény megadta annak a lehetőségét, hogy nemcsak pontosan nyomon követhessük az égitestek mozgását, hanem hogy évekre vagy évtizedekre előre kiszámíthassunk csillagászati jelenségeket, vagy hogy kiszámíthassuk, minő alakokat vehetnek fel az égitestek, minő változásokon mehetnek át ezek az alakok s így tovább. Nyilvánvaló, hogy a Newton-féle törvény segítségével az égitestek mozgását visszafelé a múltba is lehet követni és így önként adódik az exakt, tudományos kozmogónia gondolatának lehetősége. Hogy azonban a gravitációs törvény maga nem elegendő kozmogónia felépítésére, az már abból is kiviláglik, hogy az égitestek fejlődésmenetében a hőfolyamatok éppen olyan fontos szerepet játszanak.

Azonban Newton a kozmogóniai problémát föl sem veti, sőt azt mondhatnók egyenesen kizárja, ő a Naprendszerben való meglevő állapotnak állandóságát vizsgálja, a Naprendszer stabilitását, ahogy mondani szokták. Ezt a stabilitást ő Isten időnkénti beavatkozásának tulajdonítja. Szerinte a Nap, bolygók és üstökösök csodálatos elrendezése csak valamely mindenható és értelmes Lény műve lehet. Laplace

az „Exposition du Systeme du monde“ című könyvében ehhez megjegyzi: „Nem lehetséges-e, hogy maga a bolygóknak ez az elrendezése a mozgás törvényeinek legyen a következménye és a legfőbb intelligencia, melyet Newton segítségül hív, nem tehet-e függővé valamely általánosabb tüeneménytől? Ilyenek a mi véleményünk szerint a tér végtelenségében szétszórt ködszerű tömegek halmazai. Ha végigtekintünk az emberi szellem haladásának és tévedéseinek történetén, úgy azt látjuk, hogy a végső okokat mindig messzebbre sikerült visszazsorítani. Azok az okok, melyeket Newton a Naprendszer határszélére tolt, az ő idejében még a légkörben székelték és az időjárás jelenségek magyarázatára szolgáltak; a tudós szemében tehát nem egyebek, mint a valószínű okok felől való tudatlanságunk kifejezései.“ Newtonnal ellentétben Laplace tehát a kozmogóniát nemcsak lehetségesnek, hanem egyenesen tudományos szükségletnek mondja.

De már 41 évvel az „Exposition“ első megjelenése előtt Kant, a jeles német filozófus egy kozmogóniai hipotézist tett közzé „Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels“ című művében, mely az első nagyszabású és merész számyalású kísérlet az egész világegyetem fejlődésmenetének, történetének megállapítására. Nagy érdeme Kantnak, hogy homályos szavakba burkolt kijelentések helyett részletesen igyekszik feltárni a kozmosz keletkezésének egyes fázisait. Azonban következtetéseit nem tudja Newton matematikai módszerével megtámasztani, bár könyvének címében ezt látszik ígérni s így ő is inkább csak tisztán fenomenológiai leírásra kénytelen szorítkozni. A világegyetem szerkezetéről való érdekes nézeteit ebben a művében fejti ki, melyekhez hasonlókat nem sokkal utóbb Lambert német matematikus is nyilvánított.

Sokszor olvassuk a „Kant-Laplace-féle kozmogónia“ kifejezést. Ez az elnevezés helytelen. Már a cél koncepciójában elvi eltérés van a kétféle hipotézis között. Kant az egész világegyetem keletkezésének magyarázatát kísérli meg, Laplace pedig sokkal szerényebben, csupán a Naprendszer kozmogóniáját akarja megalkotni. Kant művének megjelenése előtt öt évvel az angol Wright „Theory of the universe“ címen megjelent könyvében szintén foglalkozik a világegyetem szerkezetével és fejlődésével. Úgy látszik, hogy ez a munka és Buifon kozmogóniai megjegyzései serkentették Kantot behatóbb saját kutatásokra.

Kant abból indul ki, hogy a Nap körül keringő bolygók mind közel ugyanahhoz a síkhoz és ugyanabban a keringésirányban végzik mozgásukat. Ezért fölteszi, hogy a Nap és a bolygók összes anyaga valamikor a térben szét volt szórva. Mint minden kozmogóniai elmélet, ő is kénytelen valamely a jelenlegitől különböző állapotot feltételezni s ebből a mai alakulatot levezetni. A kezdeti egyformaságból igyekszik a differenciáltságra következtetni. Itt rejlik Kant kozmogóniájának egyik nagy gyöngéje. A bolygók egyirányú keringésének kérdését már Arisztotelész vetette fel. Azért, feleli 6, keringenek mind jobbról balra, mert a kétféle mozgás közül ez a nemesebb, az előkelőbb vagy tökéletesebb. Kant rejtett formában a Descartes-féle örvényeket szerepelteti, melyeket már Newton megcáfolt és elvetett. A mozgás

irányát Elánt nem tudja mechanikailag indokolni. Hacsak nem tételezünk fel olyan Maxwell-féle démonokat, melyek a térben szétszórt anyagrészeket mind egy irányba hajtják, a Kant-féle feltevésből ilyen egyirányúság nem következik.

A mechanikának egyik elemi törvénye szerint zárt rendszerben, amelyre külső erők nem hatnak, a szabadon mozgó egyes tömegek területi momentumai állandók. Ez kifejezésre jut pl. az ismeretes Kepler-féle második törvényben is. Ha tehát a területi momentum kezdetben zérus volt, úgy mindig is az marad. A bolygók összmomentuma zérustól különböző, tehát sohasem lehetett zérus. Kant pedig kifejezetten a nyugalom helyzetéből indul ki. Laplace ezt a hibát elkerülte, amennyiben kezdettől fogva forgómozgásban levőnek tételezte fel azt az izzó ködtömeget, melyből szerinte a Naprendszer keletkezett. Azonkívül Laplace csupán a Naprendszerre szorítkozott, míg Kant az egész Tejút-rendszer kozmogóniáját akarta megalkotni. Az üstökösök mozgásirányáról azt hiszi Kant, hogy a bolygókéval kell megegyeznie. Az ő korában ismert 19 retrogád pályát inkább optikai csalódnak hajlandó minősíteni. Ilyen kijelentést csak kuriózumnak lehet tekinteni, mert az exakt tudományokban a tényeket nem lehet valamely elmélet kedvéért megmásítani vagy éppen letagadni. Kant könyvének ez a leggyöngébb fejezete. Kant kétségtelenül magas szempontokból fogta fel a nagy problémát, melynek megoldására vállalkozott és nagy érdeme, hogy rámutatott az általános gravitáció fontosságára a kozmogóniai folyamatoknál. A tényleges alkalmazásoknál azonban tarthatatlan feltevésekből indult ki.

Egyik legismertebb kozmogóniai elmélet Laplace híressé vált elmélete, melyet a már említett „Exposition“-hoz csatolt egyik jegyzetben fejtett ki. Gauss Laplace-nak kozmogóniai feltevéseit a képzelet játékainak minősíti, melyeknek az asztronómiában való szereplését nem akarja megengedni és ugyanabba a kategóriába sorolja, mint saját gondolatait az égitestek lakóiról. Gauss talán kissé túlszigorúan ítélkezik a kozmogóniai feltevésekről, mikor egy sorba helyezi az égitestek lakóiról való spekulációkkal. Különben Laplace maga igen élesen és helyesen szögezi le a maga álláspontját, mikor saját elméletéről azt mondja, hogy ez az általa felsorolt tüneményekből nagy valószínűséggel látszik következni, de hogy azzal a bizalmatlansággal teszi közzé, mit mindaz kelt bennünk, ami nem a megfigyelésnek vagy a számításnak eredménye.

Nincs hely, hogy Laplace elméletét a Naprendszer keletkezéséről részletezzük. Izzó, korongszerű ködtömeget vesz fel kiindulásul, mely a Napot mint valami hatalmas atmoszféra körülveszi és mely a Naprendszer határáig terjed. A bolygók a gáztömegeből leváló gyűrűk összesűrűsödéséből keletkeznek.

Laplace óta számos kozmogóniát alkottak különböző gondolkodók, de alig van egy is, mely vele jelentőségben mérkőzhetik. Különösen Poincaré fejtette ki behatóbban matematikai alapon Laplace elméletét, melyről azt tartja, hogy némi módosításokkal még mindig a legelfogadhatóbb valamennyi kozmogóniai elmélet közül. Természetes, hogy a kritikai vizsgálat több ellenvetést hozott felszínre az

elmélettel szemben. Ilyenek pl. Jeans, Moulton és Chamberlin ellenvetései. A két utóbbi tudósnak ú. n. planetezimális elméletét már említettük. A Kant-féle elmülethez hasonló Du Ligondes elmülete, ki szintén az egész univerzumot betöltő ritka káoszól indul ki, de elkerüli a kezdeti mozdulatlanból származó hibát.

Érdekes új szempontokat vezetett be a kozmogóniai vizsgálatokba G. H. Darwin, mikor kimutatta az árapály-tünelmények fontosságát. Míg az amerikai See úgy gondolja, hogy a bolygók a világtérből kerültek a Nap közelébe, amelyeket ez mintegy magához láncolt, a Hold pedig hasonló módon szegődött a Föld öröktársává, addig Darwin szerint a Hold a Földdel valamikor egyetlen tömeget alkotott, melyről az árkeltő erők következtében szakadt le. Darwin számításai nemcsak a Hold múltbeli történetét engedik nyomon követni, hanem rávilágítanak annak jövő sorsára és egyben a mi Földünkére is.

A múlt század közepe óta a hőtan nagy lépésekkel haladt előre. Robert Mayer kiderítette azt az összefüggést, mely a hő és a mechanikai energia között fennáll. Kutatásait a Napra mint energiaforrásra alkalmazta. Azt kérdezte, honnét pótolja a Nap azt az óriási hőmennyiséget, melyet sok millió év óta oly pazarul sugároz szét a világtérbe. A feleletet a Napra hulló nagyszámú meteorban vélte megtalálni. Azonban Helmholtz kimutatta ennek a forrásnak az elégtelenségét és egy újabb energiaforrásra mutatott rá. Ez az égítetek összehúzódása következtében keletkező hő. De ez csak addig fedí a kisugárzás által a világtérbe szóródó hőenergiát, míg a Nap gázalakú. Amint ez az állapot megszűnik, feltartóztatatlanul bekövetkezik a fokozatos kihűlés. Lord Kelvin kiszámította, hogy az összehúzódás folytán keletkező hőmennyiség legfőljebb 50 millió évre fedí a Nap energiaszükségletét, holott a geológiai jelenségek ennél sokszorta nagyobb időtartamot tesznek szükségessé. A kozmogónia ilyenformán új problémák és feladatok megfejtését kellett hogy keresse. Honnét meríti a Nap és a világtérben szétszórt számtalan világító égítet a sugárzáshoz szükséges energiát és meddig tart ez a sugárzóképeség? Másszóval, mekkora egy csillag élettartama? Két új energiaforrást fedezett fel a modern fizikai kutatás, mely egészen új mederbe terelte a kozmogóniát. Az egyik az intraatomos energia, melyre a radioaktivitás jelenségei vezettek, a másik az anyag átalakulása sugárzó energiává. A sugárzás nemcsak energiavesztéséget jelent, hanem anyagvesztéséget is. A Nap, miközben hőt és fényt sugároz ki, tömegeből is veszít. Ha ez a folyamat elég hosszú ideig tart, úgy a Nap és a többi csillag összes anyaga átváltoznék sugárzássá, mely időtlen időig terjedne a világtérben. Ez volna a kozmosz végső sorsa és megvalósulna a Hérakleitosz-féle nézet, mely szerint az egész természet nem más, mint egyetlen folytonos áramlás. Azonban az anyagnak ez a sugárzássá, rezgő, hullámzó mozgássá való teljes átváltozása még nincsen egész bizonyossággal kimutatva.

Lehetséges, hogy a világvége más formában is bekövetkezik. Lord Kelvin és Clausius mutatták ki, hogy az energiaátalakulásoknál hő folyton veszendőbe megy azért, hogy alacsonyabb hőmérsékletre kerülve többé nem alakítható át munkává. Az energiának ez a degra-

dálása feltartóztathatatlanul folyik és következménye az, hogy az egész mindenségben mindenütt ugyanaz a hőmérséklet áll elő és következőleg minden hőkicserélődés, minden mozgás megszűnik. Ez az univerzum hőhalála. Hogy ez mennyi évmilliárdok múlva következik be, arra nincsen támpontunk. Schopenhauer úgy véli, hogy a világ vége akkor áll be, mikor az utolsó gondolkodó agy eltűnik a Föld színéről. Nincs többé, miben tükröződjék a világtér története, s így emberi értelemben a világ maga sincs többé. Ez a szellemes paradoxon jóval előbb válhatik valóvá, mint a Clausius-féle hőhalál, az entrópia törvényének ez a kérélhetetlen következménye. A Nap folytonos kihülése következtében a Föld nem kapja többé azt a melegmennyiséget és fényt, mely az életfolyamatok lehetőségéhez szükséges. Örökös jéggel borított, kicsiny sötét égitestként fog keringeni a kihűlt, sötét Nap körül, mely maga is láthatatlanul vegyül el az ég többi csillagmiriádjai közé.