

VÉGES VAGY VÉGTELEN VILÁG?

A „Sky and Telescope” című amerikai csillagászati folyóirat 1949. jún.-i számának hátsó fedőlapján egy spirális ködfolt fényképe látható. A Palomar-hegyen levő új 5 m-es tükrű távcsővel készült ez a felvétel a Göncöl-szekér egyik ködfoltjáról. 3 millió fényév távolságra van ez tőlünk — fénye tehát 3 millió év alatt ér el hozzánk — és teljes fényesség, egyenlő 300 millió Nap fényerejével. Az az érdekessége, hogy formájában és szerkezetében hasonló a Tejút-rendszerünkhöz, amelynek egyik csillaga Napunk is bolygóival, köztük a Földdel. Ha tehát ennek a távoli csillagvilágnak — jelzése M 81 — egyik csillagáról a Palomar-hegyihez hasonló távcsővel néznénk a mi Tejútunkra, ez is a maga több milliárd csillagával csak egy ilyen eléggé elmosódott spirális alakú kis ködfolt gyanánt mutatkoznék. A Napunk külön nem látszanék, hanem összeolvadna fénye a Tejút többi csillagaival, és még kevésbé lehetne külön meglátni a Földünket. Egyszerűen elveszne a megfigyelő szemei elől. Ez már valami képet ad a világ nagyságáról és a mi kicsinységünkről. Pedig az M 81 ködfolt 3 millió fényéves távolsága még nem is túlságosan nagy. Az új távcsővel készült felvételek közt van olyan ködfolt képe is, amelyik 1000 millió fényévre van tőlünk, tehát kerekén 1000 millió évvel ezelőtt indult el az a fénysugár, amelyet a távcső most a szemünkbe, illetőleg a fényképező lemezre terel. És ez még nem a legszélső határ. Ha a távcső most folyamatban levő átcsiszolása véget ér, még távolabbi ködfoltot is megláthatunk segítségével. Felmerül a kérdés, hol van ekkor ennek a csillagvilágnak a határa, vagy van-e egyáltalán határa? Véges a világ vagy végtelen?

Ezt a kérdést vetette fel Chwolson, a világhírű orosz fizikus szellemes vitairatában.¹ „Két válasz gondolható — mondja —, de mindegyiket bajos elfogadni. Véges, azaz a szó szokott értelmében korlátozott, behatárolt világ, nyilvánvaló lehetetlenség, értelmetlenség. A végtelenség pedig itt üres szó, amelynek nincs pozitív tartalma.” Ha egy kicsit gondolkozunk a dolgon, megértjük Chwolson nehézségeit.

Ha véges világról beszélünk, a közönséges felfogás szerint úgy kell elgondolnunk, hogy amint mindig jobban távolodunk a kiindulási helyünktől, egyszerre csak a határra érkezünk; a világ végére, ahol az egyszeri obsitos szerint akár le is lógathatjuk a lábunkat. De mit jelent, hogy itt vége van a világnak? Nem tudnánk itt tovább nyújtani a kezünk, vagy egy ugrást tenni kifelé? Mi zárja le itt a világot? Nyilván semmi értelmes dolgot sem tudunk elképzelni a világ ilyen korlátozottságán. Azt még csak elgondolhatnók, hogy pl. távolodásunk közben eljutotunk az utolsó csillagig, de hogy ezen túl ne is mozoghasson tovább az anyag, tehát hogy a világ mint anyagot befogadó, lehetséges tér is megszűnjön, azt nem is tudjuk elgondolni.

¹ Hegel, Haeckel, Kossuth und das Zwölfte Gebot. Braunschweig, 1908. 22. 1.

De mit jelent a másik lehetőség, hogy a világ a végtelenig terjed? Lusta elmék számára, akik nem hajlandók a dolgok mélyére tekinteni, ez nagyon kényelmes megoldás. „Megyek, megyek, és sehol sem állok meg, ez a végtelenség. Ha azonban például áttekintjük a fizika eljárásait, amikor tudományának módszereivel dolgozik, akár mozgástanról, elektromosságtanról, vagy atomelméletről van szó, mindig azt látjuk, hogy csak végesben fekvő anyagok gravitációs erejét, vagy véges felülettel körülzárható elektromos tömegek erőhatását stb. számítja. Formuláiban, amelyeket a matematikától kölcsönöz, használja ugyan néha a végtelent, úgy amint azt a matematika meghatározza (folyton nagyobbodó szám, folyton nagyobbodó távolság, stb.), de hogy határozott eredményhez jusson, ilyenkor mindig felteszi, hogy a távolság fokozatos növekedésével az anyag sűrűsége mindig a zérus felé tart. Végtelenben nem lehet véges mennyiségű anyag. Ha ez bekövetkeznék, nem tudna mit kezdeni a formuláival, semmi határozottat sem tudna mondani a fizikai jelenségek lefolyásáról. Még arról sem, hogy mekkora a kezemben tartott kö súlyja, vagy hogy ez hogyan mozog, ha elengedem, stb. A fizikus világa — mondja Chwolson (43. l.) — az összes megtapasztalható dolgokat magábazáró, behatárolt térrész, zárt világ, amelyet egy elgondolt véges felülettel körülzárhatunk. Ezen túlmenő, végtelen világnak a fizika, a természettudomány számára semmi pozitív tartalma sincs.

Chwolson azért veti fel ezeket a kérdéseket, mert Haeckellel vitázik, aki „Welträtsel” című munkájában beszél a világ végtelenségéről. „És hogyan oldja meg Haeckel ezt a világrejtélyt? — kérdezi Chwolson (23. l.). — Nagyon egyszerűen, nagyon röviden és valószínűen, nagyon kényelmes módon. Kijelenti, hogy a világmindenség végtelen és határtalan. És hol marad a tudományos vizsgálódás? Mindannak megbeszélése, amit pro és contra fel lehet hozni, mindannak a megcáfolása, amit a csillagászok a végtelenség ellen felhoztak?” Ezekről szó se esik, ezeket Haeckel fel sem veti, és az teszi könyvét Chwolson szerint tudománytalanná.

Chwolsonhoz hasonló helyzetben találjuk magunkat, amikor egy mai tanulmányban azt olvassuk: „A világegyetem térben határtalan és időben sincsen sem kezdete, sem vége.” De ugyanott egy szót sem hallunk ennek az állításnak a tudományos igazolásáról.

Előbb láttuk, mit szolt ehhez a kérdéshez Chwolson 1908-ban. De talán azóta változott a tudomány álláspontja? Mielőtt ezt vizsgálónk, nézzük előbb az időbeli végtelenséget, amelyikre szintén van utalás. Ezzel a kérdéssel tudniillik szintén foglalkozott Chwolson Haeckel tanárnak fizikai bírálatával kapcsolatban.

Vannak a világban folyamatok, amelyek könnyen, szinte természetesen, maguktól mennek végbe. Például a meleg egy forróbb testből magától átmeleg egy hidegebbbe, a cukordarab feloldódik a teában, a guruló golyó lassanként megáll a surlódás miatt, stb. Ezeket előre haladó változásoknak nevezhetjük. Az ellenkező irányú, hátrafelé való változások is, megvalósíthatók, de a tapasztalat szerint ez már nehezebben megy, s mindig szükség van valamilyen előbb felsorolt jelenségre, egy előre való változásra, hogy a hátrafelé való változás is megtörténhessék.

Például mondtuk, hogy a guruló golyó idővel magától megáll, vagyis mozgási energiája a surlódás következtében hőenergiává alakul. Ez előre való változás. Az ellenkező, hátrafelé történő változás, hogy a hőenergiából mozgási energia legyen, szintén megvalósítható, egy vasúti gőzmozdonyban, de csak akkor, ha egy másik, előre való változás is kíséri, tudniillik bizonyos hőmennyiség a forró kazánból a hidegebb környező levegőbe megy át. És ez a természet legáltalánosabb tapasztalati törvényének bizonyult, ami mindig érvényesül. A természet magától csak előre lép, ha mesterségesen visszafelé való lépésre kényszerítjük, akkor szükségképp előre is kell lépnie, még pedig nagyobbat, úgy hogy végeredményben mindig előre halad. „Nincs tehát semmi visszaút — mondja Chwolson (67. l.) — csak előre haladás van és mindenesetre egy végső nyugalom.” Ezt mondja ki a hőelmélet második főtétele, amelyet entrópia tételnek, vagy Carnot tételének is szoktak nevezni. Ez tehát Chwolson szavai szerint (68. l.) „arra tanít bennünket, hogy a világ organizmus, amely megszabott, pontosan meghatározható irányban fejlődik... Mozgás nélküli merevség jellemzi végállapotát, amelyhez a megfigyeléseink számára hozzáférhető világ folytonosan közeledik.” Ezt a végső állapotot még nem közelítettük meg, tehát csak véges idő múlhatott el a megindulás óta, s mindenesetre kellett kezdetnek lennie.

Az entrópia törvény miatt Chwolson tudománytalannak bélyegzi Haeckelnek azokat a fejtegetéseit, amelyekben a világ újra meg újra megismétlődő újjászületéséről beszél, ami lehetővé tenné, hogy a világ öröktől fogva és örökké létezhetnék. Ennek feltételezéséhez tehát hiányzik a tudományos alap.

Chwolson a tudós pontosságával és józanságával még a következőket fűzi az előbb elmondottakhoz: „Ez a második főtétel, ép úgy, mint az energia-törvény, a fizikus, a természettudós világára vonatkozik... Hogy vajon a fizikus tetszőlegesen nagy világára érvényes törvények a megfigyelés határain túl terjedő univerzumra is érvényesek-e, ez henyé kérdés. Nincs semmi jogunk, hogy ezt állítsuk, de még sokkal kevésbé lehet határozottan tagadni, épen mert a fizikus világának az univerzummá való tudománytalan kiterjesztése semmit se nyújt nekünk, ami a tagadás logikus igazolására alapot szolgáltatathatna.”

Chwolson tehát 1908-ban nem talált olyan tudományos tényeket és törvényeket, amelyek azt igazolnák, hogy a világ térben vagy időben végtelen. Elismerten alapos fizikai tudása biztosíték arra, hogy okfejtéseit szakszempontról senki sem vonhatta akkor kétségbe. De felmerülhet a kérdés: talán azóta fejlődött olyan irányba a tudomány, hogy beigazolódtott, hogy Chwolsonnak nem volt igaza. Vizsgáljuk meg ezt a lehetőséget.

Először a világ térbeli végességével foglalkozunk. Ha a tudomány eredményeit akarjuk bíróul felhasználni, először is nyilvánvaló, hogy közvetlen tapasztalati adatok sohasem mutathatják a világ végtelenségét. Hiszen mindaz, amit megfigyelhetünk, bizonyos, hogy véges távolságra van tőlünk. Tehát csak elméleti eredmények igazolhatják esetleg, hogy a világ végtelen. 1908 óta csakugyan kifejlődött a fizika egy új ága, amely a világ térbeli kiterjedésével is foglalkozik. Ez az általános rela-

tivitás elmélete, amelyet Einstein állított fel. E szerint a tér szerkezetét a benne levő anyag határozza meg és 1917-ben Einstein arra az eredményre jutott, hogy a tér határtalan, de véges. Ez látszólag ellentmondó kijelentés, de a két dimenziós felületek vizsgálata megmutatja, hogy a paradoxon feloldható. Például a gömbfelület is határtalan, de véges. Határtalan, mert ha mindig egy irányba haladok, például a Föld dél-köre mentén, sohasem érek el a Föld határához, de az is igaz, hogy egyszer csak visszaérek a kiinduló helyemre. Hasonló Einstein szerint a tér szerkezete is, de három dimenzióban. Ezt elképzelni nem tudjuk, de a matematikus ezeken a viszonyokon is uralkodni tud. Azt kapjuk eredményül, hogyha a mindenségben állandóan egy irányba haladunk kifelé, sohasem érünk el ennek a világnak a határához, hanem egyszer csak visszaérkezünk a kiindulási helyünkre. Talán 10—20 milliárd év múlva, ha a fény sebességével tudnánk utazni. Ez annyit is jelent, hogy a fizikusnak Chwolson által emlegetett világa összeesik az univerzummal, tehát például az entrópia törvény az utóbbiban is érvényes.

Ezek a bizarr gondolatok felkeltették a tudósok érdeklődését, s többen is kezdtek a problémával foglalkozni. De Litter holland csillagász kissé módosította Einstein gondolatmenetét s matematikailag egy olyan világ szerkezetét tárta fel, amely véges, de állandóan nagyobbodik. Tágul, mint egy nagyobbodó szappanbuborék. Ez azért is érdekes volt, mert akkoriban kezdett az amerikai csillagászok figyelmé ráterelődni arra a jelenségre, hogy a spirális ködfoltok közül egyik-másik nagy sebességgel távolodik tőlünk. Különösen Hubble foglalkozott ezekkel, és az évek múlásával mindig több és több ködfoltnál sikerült megállapítani, hogy távolodik tőlünk, sőt még az is kiderült, hogy a távolodás sebessége annál nagyobb, minél távolabb van tőlünk a ködfolt. Ez jó összhangban van de Sitter elméletével, de igaz az is, hogy ő úgy jutott Einsteintől eltérő eredményére, hogy világa belsejét anyagtól mentesnek tekintette.

Hubble tapasztalati eredményeit felhasználva, Tolman amerikai fizikus látott hozzá egy új, megfelelő elmélet felállításához. Ez 1929-ben sikerült is neki, de kiderült, hogy Friedman, a zseniális orosz matematikus már hét évvel korábban eljutott ezekhez az eredményekhez. Ezt Tolman is készségesen elismerte, amikor Friedman cikkére felhívták a figyelmét. 1927-ben Lemaitre belga fizikus dolgozott ki részletesebben egy hasonló elméletet.² Eredménye szerint 10.000 millió évvel ezelőtt az egész mindenség egy óriási atomba volt egyesítve. Ez akkor felrobbant, részei szétrepültek, és ez a szétfutás tart még most is. Ez az oka annak, hogy azok a spirális ködfoltok, amelyek 240 millió fényév távolságra vannak tőlünk, másodpercenként már 40.000 km-es sebességgel távolodnak, amint ezt Hubble tapasztalati eredményei mutatják. Így a világ-mindenség véges, de folytonosan tágul.

Mindez természetesen nem tekinthető végleges eredménynek. Kétség merült fel még arra vonatkozólag is, hogy csakugyan távolodnak-e tőlünk a ködfoltok, vagy pedig a megfigyelt jelenséget más, egyelőre

² V. ö. *Jean Abelé: A Világegyetem eredete és fejlődése. Vigilia, 1949. július.*

mindenesetre teljesen ismeretlen ok idézi elő. A vizsgálódások még tovább folynak. Összefoglalóul idézzük Paul Labérenne szavait, aki a dialektikus materializmus alapján foglalkozik a mindenség kérdéseivel.³ Az entrópia elv (Carnot tétele) bizonyító erejét vizsgálva a következőket mondja: „Említsünk meg először is egy ellenvetést, amelyet már régóta felhoztak a termodinamika második elvének ezzel a rendszeres kiterjesztésével szemben. Még ha el is fogadjuk — mondjuk —, hogy ez az érv érvényes minden időben és minden helyen, lényegében azt is fel kell tételezni, hogy egy szigetelt rendszerrel, egy jól elzárt szobafélével van dolgunk, márpedig a világegyetem végtelen, azért lehetetlen azt állítani, hogy a Carnot-elvet alkalmazni lehet rá. Nem vesszük át ezt az ellenvetést. Jelenleg ugyanis a relativitás elmélete arra készítette a tudósok többségét, hogy a világegyetemet végesnek (amellett azonban határtalannak) tekintsék.” Ezzel fejtegetéseinknek ezt a részét be is fejezzük.

Áttérünk most a másik nagy kérdésre: van-e az újabb tudománynak olyan eredménye, ami a világ örökkévalóságát igazolja? Elsősorban azt kell néznünk, hogy mi a mostani felfogás az entrópia tételről, amely a világ egyirányú fejlődését kívánja. Idézzük a kvantumelmélet világhírű megalapítójának, a termodinamika talán leghívatottabb művelőjének, Plancknak szavait: „Gondoljunk el bármiféle (nem nagyon kicsiny) fizikai alakulatot, tehát bármiféle testet akármilyen elektromos térben, s a test legyen kifelé elzárva, hogy energiája állandó maradjon. Akkor ezen az alakulaton belül bizonyos tűnemények jászódnak le, amelyeknek lefolyása egyértelműen meg van szabva, ha meghatározott kezdőállapotból indulunk ki. Eközben a következőt vesszük észre. Ameddig csak a mechanika és az elektrodinamika törvényeit tekintjük érvényesnek, a tűneményeknek soha sem lesz végük és jellegüket örökre megtartják; sőt be lehet bizonyítani, hogy minden olyan állapot, amelyik egyszer már megvalósult, az idők folyamán, ha nem is abszolút pontosan, de minden megkívánható közelítéssel tetszőleges, sokszor visszatér. Mihelyt azonban valahogy a hő is szerephez jut — akár a test melege, akár sugárzó hő — a folyamat végül is — esetleg folyton csökkenő sebességgel (asszimptotikusan) — egy meghatározott végállapothoz közeledik, amelyben minden mozgásbeli és hőváltozás, legalább is véges nagyságú méreteknben megszűnik.”

Szakembernek pontosságra törekvő, nagyon óvatos fogalmazása ez, de nyilván újra csak azt mondja, hogy a világ jelenségei csak egy irányban játszódhatnak le, és egy végső nyugalmi állapothoz közelednek. Ezt a tapasztalat szerint még nem közelítettük meg, tehát a világ jelenségei, erői nem működhetnek öröktől fogva.

De más oldalról is közeledhetünk a kérdéshez. Boltzmann, a tragikus végű zseniális osztrák fizikus meglátta, hogy mi az entrópia tétel igazi gyökere. Egy példa megvilágítja elgondolásait. Készítsünk egy kis vasgolyót, amely kereken 1000 billió atomból áll. (Súlya kb. tizedrésze a grammnak.) Éjtsük ezt le 1 méter magasból agyagos talajra, ahol nem ugrál, hanem mindjárt megnyugszik. Esése közben van a golyónak moz-

3 A világok keletkezése. Szikra kiadás. Budapest, 1949. 168. l.

4 Theorie der Wärme. Leipzig, 1930. 2. l.

gási energiája. Amikor megállt, ez eltűnik, de helyébe egy kis meleg keletkezik. Munka alakult át tehát hővé, a régebbi beszédmódunk szerint ez előre való változás, amely magától bekövetkezik. Mi lenne ennek az ellenkezője? A keletkezett melegnek kellene eltűnnie, s ennek fejében a golyónak vissza kellene menni 1 méter magasságba. Ez már magától sohasem következik be. Miért nem? Boltzmann a következő magyarázatot adja. Amikor a golyócska lefelé esik, mind az 1000 billió atom, amelyekből áll, egyforma sebességgel, egy irányban mozog. Mi történik, amikor a golyó leért. Hő keletkezik. Ez annyit jelent, hogy az atomok most is mozognak, de össze-vissza, teljesen rendszertelenül, mert a hő nem más, mint az atomok rendezetlen rezgő mozgása. Mi kellene tehát ahhoz, hogy a golyó magától felemelkedjék 1 méter magasra? Az 1000 billió atom mindegyikének véletlenül egyszerre egyforma sebességgel, egy irányba kellene megindulnia. Ez nem lehetetlen, csak valószínűtlen, de hogy milyen nagy mértékben, azt Borel, francia fizikus szemléletes példával világította meg.

Gondoljuk el, hogy egymillió majmot megtanítanak az írógép kezelésére, s ezek egy éven át irástudatlan munkafelügyelők vezetésével kopogtatnak. A teleírt lapokat a felügyelők összegyűjtik és találomra kötetekbe egyesítik. El lehet-e képzelni, hogy az így kapott pár millió kötet betűről-betűre megegyezék a British Múzeum könyvtárával? Ez se lehetetlen, csak valószínűtlen. Kezdődjék ugyanis pl. a könyvtár első kötete ezzel a szóval: Ember. Nincs semmi természettörvény, amelyik megakadályozná, hogy ezt az első kötetet lekopogtató majom először az E betűt üsse le, azután az m-et, majd a b-t, stb. Ugyanígy a következő szavaknál is. Csak nem valószínű, hogy ez megtörténjék, s a valószínűség annál kisebb, minél inkább növekedik a szavak száma.

Borel azt is kiszámította, mennyi ideig kellene várni, amíg új meg új próbálkozás után véletlenül egyetlen kötet pontosan megegyeznék a mintájával. Eredménye szerint a szükséges évek leírásához 150.000 számjegy kellene, ez pedig olyan nagy szám, amely maga megtöltene egy könyvet. Ezzel szemben a csillagászok többségének véleménye szerint az egész csillagvilág talán csak 10 milliárd éves. Ennek a számnak a leírásához a könyv egy sora sem kellene.

Az entrópia tételnek tehát Boltzmann szerint az a gyökere, hogy a világ fejlődésében mindig a valószínű állapotok felé tart, még pedig azért, mert igen nagyszámú atomból áll. Amíg a tér ritkán elszórt, különálló, kis számú részecskéjéről van szó, addig Boltzmann szerint lehet kibúvó, de amint véges testekre megyünk át — pedig ez szükséges, ha a világot akarjuk megmagyarázni — Boltzmann tétele ép úgy kívánja az egyirányú fejlődést, tehát a kezdetet is, mint a régi entrópia törvény. Ázért mondja Eddington a mindenség fejlődéséről beszélve: „A kezdet legyőzhetetlen nehézségeket nyújt, ha csak mindnyájan meg nem egyezünk abban, hogy azt nyiltan természetfölöttinek nyilvánítsuk.”

Szembenéztünk azzal a kérdéssel, kívánja-e a tudomány, hogy a mindenséget öröktől fogva létezőnek és a térben is végtelennek gondoljuk? A válasz tagadó volt. Különbösen is a végtelen fogalmában igen

sok a rejtély. A matematikában pontosabban tudjuk definiálni, s mégis a modern halmazelméleti kutatások azt mutatják, hogy sok paradoxon rejtőzik benne. Például az egész egyenlő a részével, sőt az egész végtelen sok vele egyenlő részre bontható, stb. Hogy pedig az anyagi világ végtelensége mit jelentene, arra még kevésbé tudunk határozott választ adni. Szavak ezek, amelyek mögül hiányzik a határozott, pontos fogalom. Pedig e nélkül a tudomány meg se indulhat. Ezért a természettudomány nem is adhat végleges választ a végtelenséget érintő kérdésekben. Csak irányt jelölhet meg, amelyen a gondolkodó ember próbál tovaháladni. Amint az előzőkben láttuk, a természettudományoknak ez az útjelzője térben és időben véges világ felé mutat.

FORRÓ MÁGLYA

Parázsba markol, késbe nyúl,
ki kendőt köt szemére,
kardhegybe fut és megvakul,
szikrázva hull a vére.
Ki zúzta szét az értelem
öklét? Ki tépte széjjel,
hogy hasztalan viaskodjék
a lázadó igével?

A veritéknek rádsimul
hús, álmok-szötte inge
s már nem szökelsz ruhátlanul
virágos rétjeinkre.
Magadból hajtasz új rügyet,
magad teremsz gyümölcsöt,
magadnak alkotsz házat is;
mint föld alatt a hörcsög.

Húnyd le szemed, hogy látni tudj,
töld be füled, hogy hallhass,
befelé nyílik minden út,
ki fél, csak az hatalmas
A halált is megízleli,
mielőtt sírba szállna
s az életet szeplőtlenül
hozza világra álma.

Kulcs nélkül is kinyitja mind
a hajnalok kalitját:
madár repül, szárnytolla ring,
a bolygók megvakítják.
Mert nem lehet büntetlenül
illő világba szállni,
azúr mezőkön szántani
és csillagot kaszálni.