

Idő, irreverzibilitás, rend és evolúció

Megjegyzések az evolúció kapcsán

A közelmúltban az Iskolakultúra hasábjain többen nyilatkoztak az evolúcióval kapcsolatosan, (1) valamint a Szerkesztőség eljuttatta hozzám Jeszenszky Ferencnek e tárgyban írt hozzászólását.

Ezek az írások készítették arra, hogy az alábbi gondolatsort megfogalmazzam.

Előjáróban

Mindenek előtt – a könnyebb érthetőség kedvéért – szükségesnek tartom, hogy néhány előzetes, általános jellegű megjegyzést tegyek.

1. Az evolúciót a továbbiakban elsődlegesen biológiai *elméleteknek* tekintem. Ezzel nem kívánom kizárni annak lehetőségét, hogy bizonyos más tudományágak esetén (pl. a paleontológiában, avagy a fizikai kozmológiában) is, analóg jellegű, evolúciós elméletek megfogalmazódhatnak és érvényesnek bizonyulnak.

2. Mint minden más (természet)tudományos elmélet, az evolúció is csak (!) arra jó, hogy a jelenségek viszonylag széles körét egyszerű feltevésekből kiindulva képes levezetni, s ebben az értelemben azokra megfelelő magyarázatot adni.

3. Az ilyen értelemben vett „magyarázatok” megfelelő, korlátozott érvényességi körrel rendelkeznek. Ennek megfelelően a hívő tapasztalásra reflektáló, azt fogalmi készletbe, „elméletté” formáló teológia kijelentéseit illetően nem tekinthető illetékesnek.

4. Természetesen jogosult ugyanakkor például a filozófia, illetve a teológia az evolúció által felvetett kérdésekre való reflexió megtételére. Előbbi az által, hogy egyrészt az (evolúció)elmélet belső, logikai ellentmondás-mentességét, konzisztenciáját vizsgálja, másrészt pedig az által, hogy más tudományok ugyanazon tárgyra vonatkozó meglátásait megkísérli az elméletben felhasznált fogalmak tartalmával összhangba hozni, illetve az esetleges ellentmondásokra rámutatni. A teológiai reflexió pedig felhasználhatja a hitbéli tapasztalás leírása során az evolúcióelméletben felhasznált fogalmi készletet (nyelvtant). Az utóbbi esetben azonban lényeges annak hangsúlyozása, hogy egy adott szó, fogalom – éppen a „szövegkörnyezet”, az „értelmezési mező” megváltozása révén – más jelentéstartalommal fordulhat elő a teológiai megközelítésben, mint az eredeti elméletben.

A továbbiakban egyrészt filozófiai reflexió (2) formájában kívánunk bizonyos tudományágak belső összefüggéseire, illetve vélt ellentmondásainak feloldási lehetőségeire rámutatni. Ezt követően pedig néhány teológiai jellegű megfontolást teszünk.

1. Idő és egyensúlyi termodinamika

Hétköznapi tapasztalat szerint múlt és jövő nem cserélhető fel: ifjúságunk nem tér vissza, valamennyien öregsünk. A megélt idő egyetlen irányt tüntet ki, és ezzel a természet alapvető aszimmetriájára utal. Az „időirány”, vagy ahogyan a múlt századtól kezdődően a fizikusok szívesen mondják, az „időnyíl” alapvető jelentőségű. A termodinamika keretében mind-ez matematikai és fizikai pontosságú megfogalmazást nyert az entrópia fogalmának segítségével. Elterjedt vélemény, iskolai oktatásban is meghonosított értelmezés szerint az entrópia

statisztikusan a rend(ez)etlenség mértéke, például valamely zárt edényben levő gázmolekulákra vonatkoztatva. Ebben az értelemben a 2. főtétel azt mondja, hogy a rend(ez)etlenség spontán növekedése, vagyis a rendezett rendszerek elbomlása nagyobb valószínűségű, mint az ezzel ellentétes folyamat. Ez a megfogalmazás nyilvánvaló módon ellentétes azzal, amely szerint (akár kozmikus) evolúció is megvalósulhat, vagyis egyszerűbb, kisebb rendezettségű rendszerekből egyre összetettebb, nagyobb rendezettségűek jöhetnek létre. Hogy a kérdést jobban megvizsgálhassuk, érdemes néhány tudománytörténeti adalékot szemügyre venni.

A fentebbi problémákör első megfogalmazásai a hőtán, a termodinamika keretében jöttek létre. A 2. főtétel szerint a hő valamely zárt rendszerben úgy oszlik el, hogy bizonyos állapotjelző („entrópia”) soha sem csökkenhet, hanem növekszik vagy állandó marad. Az entrópiát a rend(ez)etlenség mértékéként értelmezve ez azt jelenti, hogy egy jól rendezett állapot alacsonyabb entrópiájú, mint egy kaotikus. Egy csésze kávé spontán módon szobahőmérsékletre hűl le. Ugyanakkor az önmagától, spontán módon bekövetkező, környezethez képest való felmelegedés folyamatát eddig még nem figyelték meg. A hő addig „folyik”, míg mindenütt egyenletesen el nem oszlik, vagyis amíg hőmérsékletkülönbség van a rendszeren belül. Csak termikus egyensúly végállapotában érhető el egyfajta „időcsúc”.

Figyelemreméltó, hogy ez a hétköznapi tapasztalatból annyira közismert „időirány” fizikai szempontból milyen nehezen vált érthetővé, fizikai fogalmakkal megfog(almaz)hatóvá. Ennek egyik oka nyilvánvalóan a newtoni mechanika nagymértékű elterjedésében és szemléletalkító hatásában keresendő. A *Newton* által megfogalmazott, középiskolából ismert három axióma nyomán az irreverzibilitás, az időbeni aszimmetria ténye nem magyarázható. (3) A 19. század hatvanas éveiben *Rudolf Clausius* bevezette a hő „átalakulási értékét”, amelynek spontán növekedése jellemzi zárt rendszerekben az irreverzibilis, vagyis időben megfordíthatatlan folyamatokat. (4) Az „energia” mintájára (amely a görög „ergon” = mű, munka szó továbbképzéséből ered) alkotta meg az „entrópia” szót, amely a görög „troposz”-ból (=fordulat, változás) (5) származtatható. Valamely rendszer és környezetének együttes entrópiaváltozása a környezet és rendszer entrópiaváltozásának összege. Ebben az értelemben a 2. főtétel azt követeli meg, hogy magának a rendszernek az entrópiája növekedjék, illetve állandó maradjon. Utóbbi esetben termikus egyensúlyról beszélünk. A termodinamika kezdetben fenomenológiai elmélet volt, amelynek segítségével a hőmennyiségnek a makroszkopikus testen való eloszlása írható le.

Ludwig Boltzmann javaslata volt, hogy statisztikus-mechanikai alapon próbáljunk meg a termodinamika által leírt jelenségekre magyarázatot adni. Elképzelése szerint a testek makroszkopikusan jellemző mennyiségeit a molekulák közötti ütközések mechanikájára vezethetjük vissza. (6) Általánosságban tehát ez a statisztikus mechanika valamely makroállapotot (pl. a helytől függő sűrűséget, nyomást, hőmérsékletet stb.) a hozzá tartozó ún. mikroállapotokkal jellemzi. Ezért azt mondjuk, hogy valamely makroállapotot egy bizonyos (általában jó nagy) W számú mikroállapot valósít meg. Ha valamely makroállapotot W mikroállapot valósít meg, akkor a makroállapot entrópiáját az $S = k \ln W$ összefüggés definiálja, ahol \ln a természetes alapú logaritmust, k pedig az ún. Boltzmann-féle állandót jelenti. Ilyen módon *Boltzmann* szerint valamely rendszer entrópiája annak a valószínűségnek a mértéke, amely szerint a molekulák úgy csoportosíthatók, hogy a rendszer valóban a megfigyelt (mért) makroállapotban található.

Tudománytörténetileg fontos megjegyezni, hogy *Lord Kelvin* és *J. Loschmidt* (1875) közvetlenül a mechanikai időszimmetriát figyelembe véve nem tudta elfogadni Boltzmann megfogalmazását. Érvelésük szerint ugyanis nem lehetséges a mechanikai mozgásegyenletekből kiindulva, azokra alapozva az irreverzibilis, időben megfordíthatatlan folyamatokat magyarázni, hiszen a newtoni mechanika nem tud számot adni erről, megoldásai időben fordítva is érvényesek, szakzsargonban fogalmazva: invariánsak az időre vonatkoztatva. Boltzmann válaszában hangsúlyozta, hogy elmélete nem pusztán a mechanikán alapul, hanem egy extrém módon valószínűtlen kezdeti feltétel feltételezését is megköveteli. E szerint a nem egyenletes eloszlások egyenletesekbe mennek át. Mindenesetre nagyon-

nagyon sok azonos eloszlás ugyanolyan eloszlásba megy át, vagyis a legtöbb esetben a mikroszkopikus jellegű mozgások időben fordított irányú lefolyása egy egyenletes eloszláson mit sem változtat. A 2. főtétele tehát nagyon *nagy valószínűséggel* érvényes, de egyáltalán *nem abszolút bizonyossággal*. Az irreverzibilis folyamatok ezek alapján csak gyakoriak vagy valószínűek, míg ellentétes irányú lefolyásuk ritka és valószínűtlen.

A 2. főtétele tehát megenged bizonyos jellegű ingadozásokat, eltéréseket, „*fluktuációkat*”. Ennek kísérleti bizonyítékát Boltzmann már nem érte meg. 1905-ben *A. Einstein* megmutatta, hogy a természetben valóban előfordulnak olyan jellegű fluktuációk, amelyek a 2. főtétele valószínűségi trendjének lokális áttöréseiből fakadnak. (7) Egy, a botanikusok által már rég megfigyelt jelenségnek, az ún. Brown-mozgásnak az elméleti magyarázatáról van szó: folyadékon a virágpór (avagy más kisméretű részecskék) rendszertelen cikk-cakk mozgást végeznek, jóllehet a legvalószínűbb az lenne, ha a részecskék egymáshoz való ütközéseiket tökéletesen kompenzálnak.

Egy másik ellenvetést hangsúlyozott *H. Poincaré* és *E. Zermelo* (1896) a Boltzmann-elmélettel szemben. Számításaik szerint valamely, véges sok szabadsági fokú mechanikai rendszer minden egyes állapotának bizonyos idő elteltével (jó közelítéssel) vissza kell térnie. (8) Ennek megfelelően valamennyi állapot bizonyos idő elteltével – legalábbis közelítőleg – ismét megvalósul. Ebből következik, hogy az az időnyíl, amely az entrópia növekedéséhez kapcsolódik, nem létezik. Boltzmann ellenvetésében arra utal, hogy a szabadsági fokok növekedésével ezek a „*visszatérési idők*” rendkívül nagyok lesznek.

Boltzmann nyomán összességében a mechanika törvényeinek időbeli megfordíthatósága és a valóságban tapasztalható irreverzibilitás alapján kétféle lehetséges álláspont képzelhető el:

1. a világ egy rendkívüli valószínűtlen kezdeti állapotból keletkezett;
2. ha a világ elegendően nagy, akkor valahol az egyensúlyi eloszlástól való eltérések is léteznek.

Az ilyen erős eltérések keletkezése és eloszlása során a folyamat lefolyása egyértelmű és időnyílként jelenik meg.

A Boltzmann-féle fluktuációs hipotézis abból indul ki, hogy az egész Univerzum termikus egyensúlyban, azaz maximálisan rendezetlen állapotban van. Ebben a világegyetemben az *entrópia lokális fluktuációi* feltételezhetők, vagyis létezhetnek olyan téridőbeli területek, ahol a rend fennállhat. Boltzmann szerint az Univerzumban a kétféle időirány tökéletesen szimmetrikusnak tekinthető, vagyis egyáltalán nem létezik objektív módon kitüntetett időirány, hanem csak a mindenkori egyedi világban érezzük azt ilyennek. Egyfajta magyarázatot hozott ezeknek a problémáknak egyik-másikára (nem valamennyire!) a *T.* és *P. Ehrenfest* által felállított ún. „*urnamodell*”, amely bizonyos értelemben képes volt az irreverzibilitás szemléltetésére. (9)

Abból a tényből, hogy mi emberek egyfajta időtudattal rendelkezünk, Boltzmann kö-

Abból a tényből, hogy mi emberek egyfajta időtudattal rendelkezünk, Boltzmann követően arra a következtetésre jutottak, hogy az általunk lakott (és ismert) Univerzum egész területe még nagyon messze van az egyensúlyi állapottól. Vagyis az élet egyfajta elméletére alapot szolgáltató alkalmas fizikai elmélet nem lehet az egyensúlyi termodinamika területe, hanem a nem-egyensúlyi termodinamika kell, hogy legyen. Jóllehet a termodinamikának ez az ága a 19. században alig-alig fejlődött, mégis magának Boltzmannnak zseniális ötletei voltak a termodinamika és a biológia területének összekapcsolási lehetőségeit illetően.

vetően arra a következtetésre jutottak, hogy az általunk lakott (és ismert) Univerzum egész területe még nagyon messze van az egyensúlyi állapottól. Vagyis az élet egyfajta elméletére alapot szolgáltató alkalmas fizikai elmélet nem lehet az egyensúlyi termodinamika területe, hanem a nem-egyensúlyi termodinamika kell, hogy legyen. Jóllehet a termodinamikának ez az ága a 19. században alig-alig fejlődött, mégis magának Boltzmannnak zseniális ötletei voltak a termodinamika és a biológia területének összekapcsolási lehetőségeit illetően. Ezekben elsőként került megfogalmazásra az idő aszimmetriája (1. 2. főtétel) és az élet evolúciója közötti összefüggés.

2. Idő és nem-egyensúlyi termodinamika

Valamely rendszer környezetével termodinamikai egyensúlyban van, ha a makroszkopikus és kollektív tulajdonságai (pl. nyomás, hőmérséklet, vagyis azok, amelyek a rendszer egészét leírják) a környezetükkel tökéletesen megegyeznek. Példaként tekinthetünk két vízszintes, párhuzamos lemez közé elhelyezett folyadékra. A folyadék magára hagyva termodinamikai egyensúlyra törekszik, azaz olyan homogén állapotba, amelyben statisztikailag a molekulák, illetve a folyadék részecskéi nem különböztethetők meg. Ez tökéletes szimmetriájú rendszer-állapot, amelyben semmiféle makroszkopikus változás nem következik be, ha a környezethez viszonyítva semmiféle hőmérséklet-különbség nincs.

Zavar akkor lép fel, amikor a lemezek egyikét melegítjük úgy, hogy a felső és alsó lemez között hőmérséklet-különbség keletkezik. Kis különbségérték esetén a rendszer magától értetődő módon visszatér egyensúlyi állapotába. Ha azonban a hőmérséklet-különbséget tovább növeljük és az egyensúlyi állapottól messzire „hajtjuk”, akkor hirtelen a folyadékban új, makroszkopikus formák tűnnek fel, vagyis a folyadék kis szabályos „sejtekbe” rendeződik, amelyekben a folyadékra forognak („*Bénard-féle konvekció*”) (10). A jelenség oka egyfajta fel- és lefelé történő áramlás, amelyet a részecskék különböző sűrűséget előidéző eloszlása hoz létre. Ez a sűrűségbeli „egyenlenség” a lemezek között meglévő hőmérséklet-különbség eredménye. Itt igazi szimmetriatöréssel állunk szemben, minthogy a folyadék az ún. konvekciós sejtekben váltakozva balra vagy jobbra forog és ezzel mindenkor egyetlen irányt tüntet ki.

Ilyenfajta nem-egyensúlyi állapotok a természetben nagyon gyakran előfordulnak. Egyetlen példaként a bioszférát említhetjük, amely a Föld és Nap sugárzási kiegyenlítésre törekvése révén egyfajta energiaáramban helyezkedik el. Komplex rendszerek a termikus egyensúlyi állapottól távol spontán módon új formákat és tulajdonságokat hoznak létre. (11) Valamely komplex rendszer állapotának időbeli dinamikáját nem-lineáris differenciál-, illetve differenciaegyenletek írják le az ún. kontrollparaméterek függvényében. Ezek egy része vezet az ún. „káosz”-jelenségekre. Mondandónk szempontjából ezek – akár csak felszínes módon történő – tárgyalásától eltekintünk.

3. Idő, irreverzibilitás és önszerveződés

A dinamikai rendszerek nem-lineáris időbeli fejlődése vezethet új rendezett struktúrák önszerveződéséhez is. Ennek nyomán sok olyan jelenség, amelyeket hagyományosan az élő szervezetek, organizmusok irreducibilis (tovább vissza nem vezethető) tulajdonságaként szokás emlegetni, már fizikai és kémiai síkon megragadható és ebben az értelemben magyarázható lesz. A termikus egyensúlyi állapottól távol az által keletkeznek új rendezett állapotok, hogy bizonyos külső kontrollparaméterek (hőmérséklet, energiabevitel) annyira megváltoznak, hogy a régi állapot instabillá válik és új állapotba csap át. Ezek a *fázisátmeneteket* az egyensúlyi állapotok szimmetriatöréseiként értelmezhetjük. Kritikus értékek mellett spontán módon makroszkopikusan rendezett struktúrák keletkeznek, amelyek a

mikroszkopikus rendszerrészecskék kollektív (szinenergetikus) együttműködése révén fennmaradnak. A rend keletkezése tehát egyáltalán nem valószínűtlen és esetleges valami, hanem meghatározott mellékfeltételek teljesülése esetén *törvényszerűen* bekövetkezik. Az ilyen fázisátmenetek egyik legismertebb példája a *lézerfény*, amely a kezdetben rendezetlen fotonok spontán ódon bekövetkező rendeződése nyomán jött létre akkor, ha a lézerrendszer külső energiabevitele egy bizonyos nagyságú kritikus értéket elér. (12) A meteorológiában a *felhőmintázatok* spontán keletkezése ugyancsak fázisátmenetként írható le, amely bizonyos kritikus hőmérsékleti és egyéb környezeti tényezők nyomán lép fel. Hasonló jelenségként értelmezhető a kémiában bizonyos folyadékminták létrejötte (ún. disszipatív struktúrák esetén). A kozmológiai modellek szintén számos szép példával szolgálnak a spontán ódon bekövetkező önszerveződésre – természetesen távol a termikus egyensúlyi állapotól.

Pusztán érdekességként megemlíjtük, hogy *I. Prigogine* és munkatársai elméletükben a fentiek alapján kétféle időt különböztetnek meg: egy „belső” és egy „külső”. Előbbi felelős az irreverzibilitásért és matematikailag operátorként lép fel, míg utóbbi gyakorlatilag a mechanikából (és kvantummechanikából) ismert paraméter. (13)

4. Idő és élet: Darwin-féle evolúcióelmélet

A termodinamika időfogalma az életjelenségek tárgyalása során közvetlen alkalmazást nyer. A *Darwin* és *Spencer* által megfogalmazott evolúcióelméletben első alkalommal kapcsolódik össze a növekedés és az élet a komplexitás fejlődésével. *Az élet fejlődése* a komplex, disszipatív rendszerek *irreverzibilis időbeli fejlődéseként* mutatkozik meg, amelyet a *nem-egyensúlyi termodinamika* keretében *szimmetriatörésként* értelmezhetünk. Ebben rejlik az élet időnyilának a gyökere.

A történelem során szinte mindig is az idő és élet egymással szoros összefüggésben került tárgyalásra. Az arisztotelészi hagyomány különbséget tett az idő mint mozgás, valamint az idő mint keletkezés és elmúlás között. A biológiában először *A. v. Haller* 1744-ben használta az „*evolúció*” kifejezést, de elsődlegesen az úgynevezett „preformációs elmélet” keretében. Itt elsődlegesen abból indultak ki, hogy a kifejlett szervezet struktúrái már a petesejtben, illetve a hímivarsejtben megvannak és valamennyi későbbi fejlődési fázisban pusztán egyfajta kibontakozás figyelhető meg. Ez az elmélet versengett az ún. „epigenetikus”-sal, amely azt állította, hogy az összetettebb struktúrák létrejötte nem elve adott, hanem csak később, egyfajta „*creatio ex nihilo*” („semmitől való teremtés”) révén válik lehetővé.

Az embrionális fejlődésről folytatott vita még javában tartott akkor, amikor *Darwin* 1859-ben megjelentette az *Origin of Species by Natural Selection* (A fajok eredete természetes kiválasztódás révén) című művét. (14) Hogy az „embriológiai vitához” kapcsolódó félreértéseket elkerülje, könyvében kerüli az „evolúció” szó használatát. *Darwin* alapvető tézise: új fajok a régiekből keletkeznek. Ezt a fajta „evolúció”-értelmezést használta már 1832-ben *C. Lyell* kövületekről írott értekezésében. Az evolúció fogalmának valamennyi élőlényre vonatkozó általánosítását elsődlegesen *H. Spencer* munkássága hozta meg, aki számára az evolúció az egyre nagyobb összetettség, komplexitás felé való haladást jelenti. (15)

A biológiai fajoknak a természetes kiválasztódás révén történő fejlődéséről szóló darwini tan látszólag fölöslegessé teszi az élő természet célirányos (teleologikus) erőinek feltételezését. A századforduló környékén *L. Boltzmann* az élet egy olyan redukcionista képét vázolta fel, amely az evolúcióelméleten, a termodinamikán és a 19. század végének egyéb, akkor ismert fizikai és kémiai elméletein alapult. Az általa alkotott kép sok vonásában megfelel a ma általánosan elfogadott tudományos álláspontnak. Hogyan lehetséges, hogy az a természet, amely a termodinamika 2. főtételének statisztikus értelmezése szerint a rend(et)lenségre, halálra és pusztulásra programozottnak tűnik, újra és újra, egyre összetettebb, egyre komplexebb, rendezettebb élő rendszerek felé tart?

Az egyensúlyi termodinamika keretében az élet fejlődése „az entrópia árama elleni

úszásnak” (16) tűnik. Ez az „áram(lás)” bármiféle rendet megszüntet, szétrombol, ha valamilyen energia nem lép fel ellene. Egy másik lehetőség, amely a rendnek spontán, külső energiabevitel nélküli keletkezését eredményezné, ellene mondana a 2. főtételnek és „démoni” erők meglétét követelné.

Egy ilyesfajta démon elképzelése, aki (amely) valamely (zárt) rendszerben külső befolyás nélkül a 2. főtétel szerinti irreverzibilis entrópiánövekedésnek gátat vetne és ilyen módon ún. másodfajú „perpetuum mobile”-ként (örökmozgóként) léphetne fel, *J. C. Maxwell*re nyúlik vissza. (17) Egyik 1879-es írásában beszél *W. Thomson* (a későbbi *Lord Kelvin*) először „Maxwell rendező démonáról” („the Sorting Demon of Maxwell”), aki két egymással összekötött edényben a gyorsabb és lassúbb gázmolekulákat elválasztja egymástól, és ezzel a spontán felmelegedést és lehűlést képes a két edényben létrehozni. Jóllehet a Maxwell-féle démon esetén pusztán gondolat kísérletről van szó, mégis hosszú időn keresztül termodinamikai paradoxonként értelmezték. Ha azonban az ilyesfajta demónt nem valamiféle csodás lényeknek tekintjük, hanem figyelembe vesszük, hogy munkájuk végzéséhez egyfajta anyagcserére van szükségük, akkor az ehhez társuló entrópiatermelés az entrópiamérleget kiegyenlítené. A Maxwell-féle démon által végrehajtott rendteremtés energia-felhasználással jár együtt és nem tekinthető a 2. főtétel megsértésének.

Szigorú értelemben a termodinamika második főtétele élő folyamatokra nem alkalmazható. Élő rendszerek ugyanis nyílt rendszerek, amelyek a környezettel folytatott állandó anyag- és energiacsere folytán (metabolizmus) a termikus egyensúlytól messze esnek. A Boltzmann-féle statisztikus termodinamika viszont kimondottan egyensúlyi helyzetekre vonatkoztatva került kidolgozásra. *Élet* azonban nyilvánvalóan *a termikus egyensúlytól távol* valósul meg. A nem-egyensúlyi helyzetekre vonatkozó termodinamika matematikai és fizikai elmélete pusztán néhány esztendeje áll rendelkezésünkre – elsősorban *I. Prigogine*, *H. Haken* (18) és csoportjuk munkássága révén. Ez az elmélet a Maxwell-féle demónt mint rendteremtőt fölöslegessé teszi.

Nem-lineáris visszacsatolások olyan energia- és anyagáramlást engednek meg, hogy a funkcionális és strukturális rend felépülhessen és fennmaradjon. Ebben az összefüggésben *disszipatív és konzervatív önszerveződés eredményeként új struktúrák* lépnek fel. Ugyanakkor *irreverzibilis folyamatokként az evolúció belső idejét* reprezentálják. Ebben az értelemben az élet egyfajta időbeli szimmetriatörés következménye. (19)

E helyütt nem térünk ki a kozmológiai evolúció lehetőségének és a második főtételnek az összeegyeztethetőségére. (20) Az egész problémakör új jellegű megvilágításba kerül, ha a századunk közepén kialakult információelméletet (21) felhasználjuk megfontolásainkban. A gondolatmenet kiindulópontja az entrópia és a szintaktikai információ definíciójának azonossága. E szerint az entrópia potenciális információ, a negatív entrópia pedig aktuális információ. Megmutatható, hogy ebben az esetben *az evolúció* az alkalmas módon definiált *potenciális információ növekedéseként* értelmezhető, vagyis ténylegesen *az entrópia növekedéseként*. Ennek megfelelően a sokat tárgyalt nehézség az entrópiánövekedés és az evolúció összeegyeztethetőségét illetően eltűnik. „Az entrópiának a rend(ez)etlenség mértékeként való általános értelmezése semmi más, mint nyelvi és logikai hányavetiség (Schlamperei).” (22) E ponton talán érdemes lenne elgondolkodni azon, hogy a középiskolai fizikaoktatásban mennyire megalapozott az entrópiának mint a rend(ez)etlenség mértékének a hangsúlyozása, egyáltalán mint ilyennek az említése.

5. Evolúcióelmélet vagy teremtés-hit? – Teológiai reflexiók (23)

Az itt megfogalmazott kérdés a hit és természettudomány között a *Galilei*-féle vita óta fennálló nézetkülönbség feszültségi terében kultur- és szellemtörténeti szempontból rendkívüli jellegű. Erre utal az a nagymértékű érdeklődés is, amely az Iskolakultúrában megjelent írásokkal kapcsolatosan megnyilvánul. *Kopernikusz* heliocentrikus hipotézisét

már Luther és Melancthon is a „Bibliával nem összeegyeztethető”-nek nyilvánította. Amikor aztán hetven évvel később Galilei révén a kopernikuszi érvelés javított változata kezdett elterjedni, a pápa az új „rendszer” elítélésével válaszolt (1614), amely a hosszú évekig tartó Galilei-féle pert követően végül is az 1633-as római ítélettel fejeződött be.

(24) A per során a firenzei tudós azon a véleményen volt, hogy a bibliai világkép nem tartozik a kinyilatkoztatás tanításához, valamint hogy az általa képviselt elmélet összeegyeztethető a Szentírás tanításával. Nyilvánvalóan a Galileit elítélők nem ismerték Szent Ágoston álláspontját. Szerinte ugyanis jóllehet a „szent szerzők” (a Szentírás szerzői) nagyjából-egészéből helyes természetismerettel rendelkeztek, de „az általuk szóló Szentlélek ezekre az üdvösség szempontjából haszontalan dolgokra nem akarta tanítani az embereket”.

(25) A manicheus Felix-szel zajló vitája során pedig kifejti, hogy Jézus nem azért ígérte meg övéinek a Szentlelket, hogy a Hold és Nap mozgásáról be tudjanak számolni, hogy matematikusok és természettudósok legyenek, hanem azért, hogy képesek legyenek az örömhír hirdetésére.

(26) Ezen felismerés azt a fajta, ma főként az Amerikai Egyesült Államokban ismét virágzó „fundamentalizmust” utasítja vissza, amely az iskolákban a természettudományosan megalapozott nézetek helyett is a világ keletkezéséről szóló bibliai üzenetet kívánja oktatni. Persze a természettudósok közül is sokan – főként a 19. században – megengedhetetlennek minősíthető határátlépést követtek el, amikor Ernst Haeckel (27) nézetét támogatták: ha evolúció – akkor nincs teremtés, ha teremtés, akkor nincs evolúció!

Két alapvető megjegyzés mindenképpen elengedhetetlennek látszik (28):

1. A hit a Biblia szerint vallási aktus, amely elsődlegesen nem valamely tárgyat

vagy tényállást állít elénk, hanem Istent az ember „örök Te”-jeként (M. Buber) (29). Ennek nem az a hétköznapi gyakorlatban szokásos „Azt hiszem, hogy...” kifejezés felel meg, hanem a ritkábban előforduló „Hiszek Neked” (30) megfogalmazás.

2. Az egyház a biblikus hagyományból a lényegesnek tartott hittartalmakat absztrahálta és az ún. „hitvallásokban” foglalta össze. Ebben nem a bibliai teremtéstörténet áll, hanem csupán annyi: „Isten a mennynek és földnek a teremtője.” Erre utal már önmagában az a tény is, hogy a Biblia két, logikai lépéseiben egymásnak ellentmondó teremtéstörténetet állít elénk. Talán fogalmazható ez a tény úgy is, hogy nem a miként-ről kíván felvilágosítást adni a Szentírás.

Végezetül hadd idézzünk valakit, aki a múlt században – a magyarok közül valószínű-

*„...eddigelé azt hittük, hogy a természet úgy került aki a teremtő kezéből, a minőnek ismerjük; a teremtőt oda állítottuk mint véges lényt, mint embert, minden egyes teremtmény élére! Nem istenibb-e, nem méltóbb-e istenhez azon feltevés: hogy a teremtő mindenható szelleme elidézte földünk, s a mindenütt ragyogó világok elemeit, hogy az elemeknek sajátosságokat adott, törvényeket szabott...; és elemekből és sajátosságaikból, a változhatatlan törvények korlátai közt megindult a földalakulás, felvirult a természet és haladott, és számlálhatatlan évezredek után oda fejlődött, hol jelenleg a természet, nagyszerűsége előbb leborulva, értelmes lények üdvözlik! E pályán kutassuk a természet titkait, ez úton keressünk meggyőződést, nyugalmat... A kezdetnek kezdete túlesik az emberi ész korlátain, haladjunk a meddig lehet, s ha a jövő titkai fel-felébrednek vágyó lelkünkben?... reméljük!
(...) Isten vélünk.”*

leg az elsők egyikeként – foglalkozott a darwini tanokkal. *Rónay Jácint* (1814. május 13.–1889. április 17.) bencésről van szó, aki 1872-től pozsonyi prépost, 1873-tól címzetes püspök volt, 1864-ben *Fajkeletkezés* címmel Darwin munkájának rövid kivonatos fordítását készíti. Tőle idézünk: „...eddigelét azt hittük, hogy a természet úgy került ki a teremtő kezéből, a minőnek ismerjük; a teremtőt oda állítottuk mint véges lényt, mint embert, minden egyes teremtmény élére! Nem istenibb-e, nem méltóbb-e istenhez azon feltevés: hogy a teremtő mindenható szelleme elidézte földünk, s a mindenütt ragyogó világok elemeit, hogy az elemeknek sajátosságokat adott, törvényeket szabott...; és elemekből és sajátosságaikból, a változhatatlan törvények korlátai közt megindult a földalakulás, felvirult a természet és haladott, és számlálhatatlan évezredek után oda fejlődött, hol jelenleg a természet, nagyszerűsége előbb leborulva, értelmek lények üdvözlők! E pályán kutassuk a természet titkait, ez úton keressünk meggyőződést, nyugalmat... A kezdetnek kezdete túlesik az emberi ész korlátain, haladjunk a meddig lehet, s ha a jövő titkai felébrednek vágyó lelkünkben?... reméljük! (...) Isten vélünk.” (31)

Jegyzet

- (1) Vö. SZENTPÉTERY PÉTER: „*Hol voltál...?*” *Miért nem fogadom el az evolúciót.* Iskolakultúra, 1996. 10. sz., 103–110. old.; valamint SZABOLCSI KARDOS MIHÁLY: *Gondolatok az evolúcióról. Szentpétery Péter írásához.* Iskolakultúra, 1996. 10. sz., 111–120. old.
- (2) Ez a megfogalmazás önmagában tautológia, hiszen az ókori görög hagyományokból kiinduló filozófia alapvető feladatát a szókrautészi visszakerdezésben lehetjük meg: megértettem-e, hogy mit mondtam? „...a filozófia utólagos és ugyanakkor mégis mindenkor már *elvé* meglévő. Utólagosan veti fel a tudomány vagy valamely uralkodó vélemény által adott válaszok értelmének a kérdését, amelyek ezekhez a válaszokhoz vezettek.” – VON WEIZSÄCKER, C. F.: *Der Mensch in seiner Geschichte.* Carl Hanser Verlag, München–Wien 1991, 177. old.; a kötet ismertetést l. Mérleg, 1992. 2. sz., 195–199. old.; vö. még VON WEIZSÄCKER, C. F.: *Zeit und Wissen.* Carl Hanser Verlag, München–Wien 1992, 523. old.
- (3) Az irreverzibilitásnak a fizikai keretei közötti tárgyalására vonatkozóan l. STRAUB, DIETER: *Eine Geschichte des Glasperlenspiels. Irreversibilität in der Physik: Irritationen und Folgen.* Birkhäuser Verlag, Basel–Boston–Berlin 1990.
- (4) SCHNEIDER, I.: *Rudolph Clausius' Beitrag zur Einführung wahrscheinlichkeitstheoretischer Methoden in der Physik der Gase nach 1856.* Archive for History of Exact Sciences 14 (1974–75), 237–261. old.
- (5) A görög szó gazdag jelentésvilágából itt csak a szóképzésre vonatkozót emeltük ki, amely a „trepő” (trepein) igei változatból eredeztethető.
- (6) Vö. BOLTZMANN, L.: *Über die mechanische Bedeutung des Zweiten Hauptsatzes der Wärmetheorie* (1866); uő.: *Wissenschaftliche Abhandlungen.* (kiadta: Hasenöhr, F., Leipzig 1909; reprint: New York 1968, 9–33. old.
- (7) EINSTEIN, A.: *Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen.* Annalen der Physik 17 (1905), 549–560. old.
- (8) POINCARÉ, H.: *Sur les tentatives d'explication mécanique des principes de la thermodynamique.* Comptes rendus de l'Académie des sciences 108 (1889), 550–553; illetve ZERMELO, E.: *Über einen Satz der Dynamik und die mechanische Wärmetheorie.* Annalen der Physik 57 (1896), 485ssk.
- (9) EHRENFEST, P és T.: *Zur Theorie der Entropiezunahme in der statistischen Mechanik von Gibbs.* Wien, Berichte 115 (1906), 89ssk. Vö.: VON WEIZSÄCKER, C. F.: *Aufbau der Physik.* Carl Hanser Verlag, München–Wien 1985, 128ssk. old.
- (10) A jelenség részletesebb elemzését l. KÜPPERS, G.: *Selbstorganisation: Selektion durch Schliessung.* Megjelent: *Chaos und Ordnung. Formen der Selbstorganisation in Natur und Gesellschaft.* Szerk.: KRÜPPERS, G. Philipp Reclam jun., Stuttgart 1996, 122–148. old., a témával kapcsolatosan bővebb szakirodalom a könyv 148. oldalán található.
- (11) A geometriai ábrázolás, valamint matematikai részleteket illetően l. PRIGOGINE, I.: *Introducion to Non-Equilibrium Statistical Physics,* München 1966; HAKEN, H.: *Synergetics. Nonequilibrium Transitions and Self-Organisation in Physics, Chemistry and Biology.* Berlin–Heidelberg–New Yrok 1978; NICOLIS, G.–PRIGOGINE, I.: *Die Erforschung des Komplexen,* München 1987, 109ssk; MAINZER, K.: *Thinking in Complexity, The Complex Dynamics of Matter, Mind, and Mankind.* Berlin–Heidelberg–NewYork 1994.
- (12) Vö. HAKEN, H.: *Laser Theory.* Megjelent: *Encyclopedia of Physics XXV/2c,* Berlin–Heidelberg–New York 1970.
- (13) Vö. PRIGOGINE, I.: *Vom Sein zum Werden. Zeit und Komplexität in den Naturwissenschaften.* München 1979, főként 240ssk.; a Prigogine-féle teljes elmélet egyik közérthetőnek szánt, előadások formájában közre-

adott megfogalmazása PRIGOGINE, I.: *Die Gesetze des Chaos. Aus dem Französischen von Friedrich Griese*. Campus Verlag, Frankfurt–New York 1995; a francia eredeti címe: *Les lois de chaos* (a némettel egyidejűleg jelent meg).

(14) Érdemes lenne részletesen kitérni a darwini elmélet keletkezésére. Dr. Jeszenszky állításával („A tudománytörténet tanúsága szerint az evolúció »elmélete« nem úgy jött létre, ahogyan a tudományos elméletek általában létre szoktak jönni: vagyis nem egy olyan gondolati sémaként, amely egységes képbe foglalja össze és megmagyarázza a tapasztalati tényeket...”) ellentétben közismert, hogy több esztendő tapasztalati anyaggyűjtés (többek között utazások révén) és „éresi folyamat” eredményeként tette közzé Darwin munkáját. A részletekre vonatkozóan két mértékadónak számító tudománytörténeti monográfiára hivatkozunk: COHEN, I. BERNHARD: *Revolution in Science*. The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge–London 1985 (német fordítása: *Revolutionen in der Naturwissenschaft*. Suhrkamp Verlag, Frankfurt am Main 1994) elsődlegesen a 16. és 17. fejezet; valamint SERRES, MICHEL: *Éléments d'histoire des sciences*. Bordas, Paris 1989 (németül: *Elemente einer Geschichte der Wissenschaften*. Suhrkamp Verlag, Frankfurt am Main 1994): a kötet 13. fejezeteként a természetkutatók utazásainak leírását találjuk, amely egyúttal a Linné-féle megfigyelésektől a darwini evolúcióig terjedő szakaszt is ábrázolja. Közismert, hogy Darwin 1831 decemberében szállt a Beagle fedélzetére és útjáról 1836 októberében tért vissza. Útja során módja volt a legkülönbözőbb megfigyelésekre. Elmélete már a negyvenes évek elején kialakult. Erre utal többek között az a levél, amelyet 1844. július 5-én feleségének írt, amelyben rendelkezik arról, hogy mi történjen felfedezésével, ha meghalna.

(15) SPENCER, H.: *Structure, Function and Evolution*. Kiadta: Adrenski, S. London 1971.

(16) K. Mainzer megfogalmazása. L. MAINZER, K.: *Zeit: Von der Urzeit zur Computerzeit*. Verlag C. H. Beck, München 1995, 90. old.

(17) Vö. THOMPSON, W.: *The Sorting Demon of Maxwell*. (1879). Megjelent: uő.: *Mathematical and Physical Papers I–VI.*, Cambridge 1882–1911, V, 21–23. old.

(18) Az egyensúlyi állapotoktól távoli termodinamikus önszerveződésre vonatkozó fizikai elmélet alapjait kapcsolatban I. a fentebb már megadott irodalom (11. és 13. jegyzet) mellett: HAKEN, H.: *Erfolgsgelheimnisse der Natur*. Frankfurt a M. 1988; HAKEN, H.–WUNDERLIN, A.: *Die Selbststrukturierung der Materie*. Braunschweig 1991; NICOLIS, G.–PRIGOGINE, I.: *Die Erforschung des Komplexen*. München 1987.

(19) *Die Frage nach dem Leben*. Kiadta: FISCHER, E. P.–MAINZER, K. München–Zürich 1990.

(20) Pusztán utalunk néhány, immár magyarul is hozzáférhető munkára, amelyek a probléma bizonyos mértékű, ha nem is kimerítő tárgyalását nyújtják: HAWKING, S.: *Az idő rövid története*. Mecenás, Bp. 1989, főként 147–156. old.; BARROW, J. D.: *A világegyetem eredete*. Kulturtrade Kiadó, Bp. 1994, főként 31–46. old.; DAVIES, P.: *Az utolsó három perc*. Kulturtrade Kiadó, Bp. 1994, főként 20–21. old. Ezek a munkák azonban nem igazán foglalkoznak az entrópia információelmélet alapján történő értelmezési lehetőségével, illetve annak a kozmológiában betöltött szerepével.

(21) Vö.: SHANNON, C. E.–WEAVER, W.: *The mathematical theory of communication*. Urbana, Ill., 1949.

(22) Vö. VON WEIZSÄCKER, C. F.: *Aufbau der Physik*. Carl Hanser Verlag, München 1985, 165. old., a téma teljeskörű, matematikai elemzése uo. 174–189. old.; valamint uő.: *Der Mensch in seiner Geschichte*. Carl Hanser Verlag, München 1991, 98–102. old.

(23) Vö. BALOGH V. SZ.: *Bibliai teremtéstörténet és fizikai kozmológia*. Műhely, 1994. 1. sz., 25–31. old.

(24) Galileo Galileit (1564–1642) a dominikánus Caccini már 1614-ben megvádolta, az 1616-os első tárgyalás ítélete után, mivel nyakasan kitarított heliocentrikus nézetei mellett, 1633-ban ismét elítélték. Az egyház csak a közelmúltban – II. János Pál pápa révén – vonta vissza nyilvánosan ítéletét.

(25) *De genesi ad litteram* II.9, vö. 19–21. fejezet

(26) *Contra Felicem* 1, 10.

(27) Ernst Hückel (1834–1919) a darwini származáselmélet németországi úttörője volt. Fő műve *Welträtse* címmel először 1899-ben jelent meg, számos kiadást ért meg és sok ember szekularizált „bibliájává” vált.

(28) Vö. DEISSLER, A.: *Biblische Schöpfungsgeschichte und physikalische Kosmogonie*. = AUDRETSCH, J.–MAINZER, K.: *Vom Anfang der Welt*. Beck, München 1989, 176–187. old.

(29) Vö. BUBER, MARTIN: *En és Te*. Európa Kiadó, Bp. 1991 (ebből részletek olvashatók a Műhely 1990. 5. számában); valamint BUBER, MARTIN: *A próféták hite*. Atlantisz Kiadó, Bp. 1991; a Buber-életmű recenzió formájában adott méltatása: SÖVEGES DÁVID: *Martin Buber két könyve*. Műhely, 1993. 1. sz., 55–57. old.; fenti állításunk illusztrálásául egy szép megfogalmazás Bubernél: „A viszonyok vonalainak meghosszabbításai az örök Te-ben metszik egymást.”

(30) Vö. a klasszikus skolasztikus megkülönböztetéssel, amely különbséget tesz a *fides quae* és a *fides qua* között.

(31) RÓNAY JÁCINT: *Naplótörödek II*. 123–127. old.; idézi: Máthé Romuáld: *Rónay Jácint*. Műhely, 1993. 3. sz., 42–47. old.