

## VÁLASZT ADHAT-E A TERMÉSZETTUDOMÁNY A LAKHATÓ VILÁGOK REJTÉLYÉRE?

Bognár Gergely

fizika–filozófia–teológia tanár, Révai Miklós Gimnázium és Kollégium, Győr  
fizfilo@gmail.com

**Kulcsszavak:** antropikus elv, finomhangoltság, multiverzum, mindenség elmélete, fizika és metafizika

Az antropikus elv, más néven a világegyetem finomhangoltsága Brandon Carter (1974) cikke óta egyre több kérdést vet fel a fizikusok, filozófusok és teológusok körében egyaránt. Ez az elv röviden megfogalmazva azt jelenti, hogy ha kicsit is megváltozna a fizikai törvényeinkben szereplő állandók értéke, miközben a törvények változatlan formájúak maradnak, egy olyan világegyetemet kapnánk, amelyben az élet elképzelhetetlen.

Nem kell fizikusnak lenni ahhoz, hogy a problémát gyorsan megértsük. Elegendő középiskolás tanulmányainkból néhány ködös emléket felidézni. A Newton által leírt gravitációs törvényben szerepel egy állandó, amelyet nem egyszerűséggel gravitációs állandónak nevezünk. Ez szabja meg, hogy két adott tömegű test között egy bizonyos távolságban milyen mértékű gravitációs vonzóerő lép fel. Eljátszva a gondolattal, hogy mi lenne, ha ezen állandó picit nagyobb vagy picit kisebb lenne, akkor nemcsak azt kapnánk, hogy adott fizikai felépítésünk mellett magasabbra nőhetnénk itt a Földön, vagy éppen alacsonyabbak lennénk, hiszen az kevésbé vagy jobban vonzana bennünket, hanem egy olyan világ tárulna a szemünk elé, amelyben nem alakulhatna ki az élet. Világunk az ősrobbanás pillanatában keletkezett, az ezt követő néhány másodperc több szempontból is kritikusan mondható. A kezdet kezdetén hatalmas tömeg rendkívül sűrűn helyezkedett el, és ez roppant erős gravitációt eredményezett. Nagyon kicsin múltott, hogy világunk nem omlott össze egy apró ponttá, a gravitáció nem húzta vissza. A robbanás képes volt legyőzni ezt a gravitációt, ezért világunk nem csak a másodperc néhány tört részéig létezik. Ha a gravitáció gyengébb lett volna, a robbanás még jobban szétvetette volna világunk „anyagát”, és nem alakultak volna ki apróbb sűrűsödések, amelyeket galaxisoknak, csillagoknak és bolygóknak nevezünk, s végül mi sem lehetnénk itt. A gravitációs állandó akár kisebb, akár nagyobb, abban a világban nem lehetne élet. A gravitációs állandó azon tartománya, mely az élet számára alkalmas világot ír le, meglehetősen szűknek mondható.

Hasonló helyzettel szembesülünk, ha a többi fizikai állandó értékeit kezdjük gondolatban változtatni. A mikrorészecskék – elektron, proton, neutron – tömege érzékenyen érinti a csillagokban lejátszódó folyamatokat. Az élet szempontjából nélkülözhetetlen néhány elem, például a szén, az oxigén, a nitrogén, mind csillagokban keletkezik. Az is fontos, hogy legyenek olyan csillagok, amelyek milliárd évekig stabilan sugároznak, hogy a körülöttük keringő bolygókon esély legyen az élet kialakulására. Könnyen el tudunk képzelni olyan világot, amelyben nincsenek csillagok, vagy azok nem állítanak elő szenet, esetleg néhány tízezer év alatt befejezik életciklusukat, de ezekben a világokban élet soha nem jöhetne létre. Tisztelt Olvasómat nem akarom további részletekkel untatni, ezért nem írok részletesen a kozmológiai állandóról, fénysebességről, a tér háromdimenziós voltáról és egyéb fizikai paramétereikről. Remélem, ez a néhány egyszerű példa rávilágít arra, hogy világunk nagyon finoman az életre hangolt. Mindez egy nagy talány, amelyre kielégítő választ nem találunk. A fizikusok körében két magyarázat is elterjedt, amelyek sokak szerint megoldást jelenthetnek a felvázolt problémára. A továbbiakban ezen két megoldást ismertetve kimutatom, hogy a valódi antropikus kérdésre nem adnak választ.

### ÉLETBARÁT TERMÉSZETTÖRVÉNY

Elcsodálkozunk azon, hogy a fizikai állandók értéke miért olyan, hogy világunkban megjelenhet az élet, miért vannak ezek a paraméterek rendkívül pontosan beállítva, az életre hangolva. Hasonlóan elcsodálkoznánk azon is, ha olyan fizikai törvényre bukkannánk, mely kifejezetten az életet írja le. Egy fizikai törvény, amellyel hogy távoli csillagok vagy a mikrovilág jelenségeit is megmagyarázza, előírja, hogy az élet megjelenhet az univerzumban. Ha felfedeznénk egy ilyen törvényt, ugyanolyan kérdéseket tennénk fel, mint az állandók életre hangolt értéke kapcsán.

Számtalan fizikai állandót ismerünk: fénysebesség, törésmutató, radioaktív izotópok felezési ideje, elektromos ellenállás stb. Közülük a legtöbb levezethető magasabb rendű törvényekből, de ezen törvényekben is találunk állandókat, amelyeket nem tudunk külön elméletekből származtatni. Sokak szerint csak jelenlegi tudásunk hiányosságából fakad, hogy valamennyi fizikai állandót még nem tudjuk egyetlen nagy törvényből levezetni. Elképzelhető, hogy van egy természettörvény, amely pontosan „beállítja” a fizikai paraméterek értékét. Az állandók nem a véletlen vagy valamiféle külső hatás következtében veszik fel életbarát értéküket, hanem egy fizikai törvény állítja be azokat. Ha rábukkannánk egy ilyen elméletre, többé nem kellene csodálkozva állni az életre „beállított” fizikai paraméterek előtt. Csodálkozásunk mégsem múlna el! Többé nem a paraméterek rejtélye bővölne el, hanem az a fizikai törvény, amely életbaráttá alakítja univerzumunkat.

A kérdés az lenne, hogy miért olyan az a törvény, hogy az állandók értékét az életre hangolja. Egy nagy elmélet, amelyből levezethetők a fizikai konstansok, akár léteznek, akár nem, nem ad választ világunk életbarát voltára. Nem mondja meg, hogy miért olyan a világ, hogy benne az élet kialakulhasson. Az életbarát természettörvény legalább akkora talány, mint a kozmológiai állandók precízen beállított értéke.

### UNIVERZUMOK SOKASÁGA

A mindent leíró elméleten túl a fizikusok körében egyre népszerűbb magyarázat a finomhangoltság problémájára az ún. párhuzamos világok sokasága, azaz a multiverzum-elmélet. A mi univerzumunkon túl, pontosabban vele egyidejűleg végtelen sok univerzum létezik. Mindegyikben más és más a fizikai paraméterek értéke, a végtelen sok között nem kell csodálkozni azon, hogy van olyan, amelyben az állandók az életre kedvező értéket vesznek fel. Természetes számunkra, hogy a nagyvárosok forgalmas utcáin sétálva nem botlunk halakba, hiszen azok csak ott élhetnek, ahol a feltételek számukra kedvezőek. A multiverzumban is csak ott van élet, ahol a feltételek adottak. A párhuzamos világok elméletét első hallásra talán a sci-fi világába számívnánk. Am egyetlenegy elméletet sem szabad világnézetünk vagy tudományos előítéleteink miatt elvetni. Tény, hogy ha egy elmélet kiállja a tudományosság kritériumait, akkor a kozmológusok ma még szűk, de egyre népesebb tábora komolyan veszi azt.

Sokak az igazolhatóság hiánya miatt fordulnak el a multiverzum-elmélettől, mondván, kísérleti úton soha nem igazolható a párhuzamos világok léte. Jelenlegi tudásunk szerint részben igazat kell adnunk a kételkedőknek. Közvetlen kísérleti igazolásra nem számíthatunk a multiverzum-elmélet kapcsán, de egy elméletet nem csak közvetlenül lehet igazolni, közvetett úton is bizonyítást nyerhet. Ha a multiverzum-elmélet segítségével értelmezhető, netán megjósolható olyan jelenség, amely a mi világunkban mérhető, az elmélet közvetetten igazolást nyerhet. Bár amíg ez nem történik meg, nem tudhatjuk, hogy az elszabadult fantázia egy újabb szüleményével vagy tudományos elmélettel állunk-e szemben. Lépünk tovább ezen a csekélynek nem mondható nehézségen, és figyelmünket fordítsuk a kozmológiai állandók és a multiverzumok kapcsolatára.

Első hallásra megdöbbenőnek tűnhet, hogy a végtelen nem feltétlenül fedi le a végtelent. A jobb megértés kedvéért nézzünk egy példát! Végtelen sok egész szám van: 1, 2, 3, 4... és végtelen sok páros szám van: 2, 4, 6... Szembetűnő, hogy a végtelen sok páros szám nem képes lefedni a végtelen sok egész számot. Hasonló a helyzet a multiverzum és a fizikai állandók terén. A világok sokaságát felfoghatjuk az egész számoknak, mindegyikhez rendelhetünk egy számot, míg a fizikai állandók tört alakokat is ölthetnek. Az egész számok halmaza, az univer-

zumok sokasága hiába végtelen, nem képes lefedni a racionális számok halmazát, amely egyben a fizikai paraméterek halmaza is. Elképzelhetnénk úgy is, mintha egy végtelen hosszú szalagra, melyen az egész számokat jelöltük, puskából végtelen sok golyót lövünk, és sorban mindig csak az egész számokra célzunk. Lyuk lesz az 1, 2, 3... számok helyén, de a köztes tartományok sértetlenek maradnak. A párhuzamos világok hívei a halmazelméleti problémát úgy igyekeznek kiküszöbölni, hogy feltételezik, az állandóknak nemcsak diszkrét értékei életbarátok, hanem van vagy vannak életbarát „sávok”. Az előbbi képzeletbeli szalagon vannak olyan életre hangolt „tartományok”, amelyek átívelnek egész számot vagy számokat, így a puskagolyó eltalálhat életbarát tartományokat. Ma még nagyon keveset tudunk arról, hogy az állandók mely értékei eredményeznek lakható világokat, a halmazelméleti ellenvetés megoldása mégis elfogadhatónak tűnik, bár gyenge lábakon áll.

Paul Davies méltán bestsellerré vált *A megbundázott Világegyetem* című könyvében (2008) a multiverzum-elmélet ellen mutat be egy meglehetősen merész gondolatmenetet. A számtalan világ között kell lennie olyanoknak is, amelyben az intelligencia oly magas szintet ért el, hogy képes párhuzamos világokat létrehozni, és bennük a fizikai állandókat az életre hangolva beállítani. Sokkal valószínűbb, hogy valóságos kísérletek helyett, amelyek nyilván sok energiabefektetést igényelnek, számítógépes szimulációkat készítenek, vagy legalábbis ezek száma jóval magasabb a valós kísérleteknél. Szuperszámítógépeken futó virtuális világokból akár a mi videojátékainkhoz hasonló tömegcikkeket is készíthetnek. Végeredményben ezért a multiverzumban a virtuális világok száma magasabb a valódinál. Egy véletlenszerűen kiválasztott lakható világ valószínűleg virtuális valóság. Következésképpen valószínűbb, hogy mi is egy szimulált világban élünk. Ha ez igaz, mi a garancia arra, hogy a szimuláció pontosan másolja le a fizika törvényeit. Mi van, ha a kísérlet egy más világról szól, vagy a videojáték a fantázia szüleménye, s mi egy ilyenben élünk? Ha a fizika törvényei hamisak, hamis a multiverzum-elmélet is, nincsenek párhuzamos világok, következésképpen nem élhetünk szimulált világban, és ismét a kiindulópontoz érünk vissza. Paul Davies meglehetősen fantáziadús ötlete rávilágít a párhuzamos világok elméletének hibáira. Nem szeretnék a virtuális világok útvesztőiben bolyongani, mindössze arra szeretném felhívni a figyelmet, hogy a multiverzum-elmélet nagyon súlyos problémákat hordoz. Lehet hogy több kérdést vet fel, mint amennyit megoldani képes.

A kozmosz finomhangoltságának magyarázatára létezik egy különös multiverzum-elmélet, mely a fizika törvényeit ötvözi a darwini evolúciós elmélettel. Nem sok biztosat tudunk a fekete lyukak belsejében lejátszódó folyamatokról, ennek ellenére rengeteg elmélet igyekszik leírni azokat. Lee Smolin (1997) szerint minden egyes fekete lyuk keletkezésekor a tér-idő szerkezetében egy „buborék” jön létre, amely egy új ősrobbanás formájában párhuzamos világot hoz létre. A ki-

alakuló új világban, „csecsemő univerzumban” a kozmológiai állandók enyhén mutálódnak az „anya univerzumhoz” képest. Idővel azon világok fognak „elszaporodni”, amelyekben több fekete lyuk keletkezik. A természetes szelekcióhoz hasonló mechanizmus révén a feketelyuk-barát univerzumok száma megnő a multiverzumban. Lee Smolin úgy véli, hogy a fekete lyukak keletkezésére alkalmas univerzumok alkalmasak az élet kialakulására. A fekete lyukak kialakulásának feltételei olyan világot eredményeznek, amelyben létrejöhet az élet. A fekete lyukat szülő univerzumok „mellékhatása”, hogy életbarátak is.

Lee Smolin evolúciós ötlete jelenleg nem több tudományos fantáziánál, sem kísérleti bizonyíték, sem széles körű elfogadottság nem áll mögötte, és nem is egészen átgondolt. A világunkban fellelhető fekete lyukak kozmikus léptékben is nagy és jelentős objektumnak mondhatók. Elképzelhetnénk olyan világokat is, amelyekben egészen parányi fekete lyukak léteznek, a mikrorészecskék tartományába eső kvantumfizikai szintű apró fekete lyukak. Egy ilyen világban nyilván nem alakulhatna ki élet, de a fekete lyukak száma több nagyságrenddel magasabb lehetne. A természetes szelekciót követve ezen világoknak kellene „elszaporodniuk”, és nem a nagy fekete lyukakat tartalmazó életbarát univerzumoknak. Ha e parányinak nem mondható figyelmetlenségtől el is tekintünk, még mindig megmarad a kérdés: a fekete lyukak miért eredményeznek mellékhatásként életbarát univerzumokat?

A multiverzum-elmélet és az antropikus kérdésre általa szolgáltatott válasz jelenlegi tudásunk szerint oly sok kérdéssel terhelt, hogy nem tekinthetjük kielégítő magyarázatnak. Ha a jövőben sikerülne az elméletet ellentmondásoktól mentes formában megfogalmazni, akkor sem oldódna meg az a talány, amelyet eddig antropikus kérdésként emlegettem. A párhuzamos világok elmélete valójában nem más, mint egy változata azon természettörvénynek, amelyből az állandók értéke levezethető. A háttérben fizikai törvények húzódnak meg, amelyek nem közvetlenül hangolják életre a kozmosz állandóit, hanem megengedik, hogy azok univerzumról univerzumra változzanak. Kellően sok világ kialakulásához teremtik meg a feltételeket, hogy legyenek olyanok, amelyekben az élet kialakulhat. A multiverzum-elmélet nem csinál mást, csak jó mélyre ássa az antropikus kérdést, hogy az ne legyen olyan szembetűnő, mint az élénk táruló „finoman hangolt” életbarát állandók rejtélye.

Világunk lakhatóságának rejtélye lehet szembetűnő vagy kevésbé szembetűnő, egy biztos, mindenképpen jelen van! A Carter-cikkben (1974) feltárt finomhangoltság problémája rávilágít arra, hogy a fizika nem képes minden problémát megoldani. Ha tetszik, ha nem, e csodálatos tudomány is korlátozott. Ha mélyen a felszín alá nézünk észrevehetjük, hogy a természettudományoknak a mindenséget, a létet, az embert érintő kérdésekre adott válaszai éppoly lábakon állnak, mint a metafizikáé.

## IRODALOM

- Carter, Brandon (1974): Large Number Coincidences and Anthropic Principle Cosmology. In: Longair, Malcolm (ed.): *Confrontation of Cosmological Theories with Observational Data: Proceedings of the Symposium, Krakow, Poland, September 10–12, 1973*. Dordrecht: Reidel, 291–298. <http://adsabs.harvard.edu/full/1974IAUS...63..291C>
- Dávid Gyula (1990): A lakható Világegyetem: avagy nyomozás egy kozmikus összeesküvés ügyében. *Természet Világa*. 7, 297–305.
- Davies, Paul (2008): *A megbundázott Világegyetem*. Budapest: Akkord Kiadó
- Smolin, Lee (1997): *The Life of the Cosmos*. New York–Oxford: Oxford University Press