Fizikai Szemle

MAGYAR FIZIKAI FOLYÓIRAT

A Mathematikai és Természettudományi Értesítőt az Akadémia 1882-ben indította
A Mathematikai és Physikai Lapokat Eötvös Loránd 1891-ben alapította

LVIII. évfolyam 10. szám 2008. október

AZ ANTROPIKUS ELVRŐL

Hraskó Péter
PTE Elméleti Fizika Tanszék

Az *antropikus elv*et nagyon sok változatban fogalmazták már meg, de a lényeget tekintve ezek mind két alapforma változatai. A *gyenge antropikus elv* abban foglalható össze, hogy az élet létezése feltételeket ró az Univerzum fejlődését leíró modellekre. Az *erős antropikus elv* pedig azt állítja, hogy ezek a feltételek olyan szűk tűréshatárok közé szorítják a különböző fizikai állandók (finomszerkezeti állandó, nukleontömeg stb.) értékét, hogy egy ilyen Univerzum semmiképpen sem lehet a „véletlen” terméke, hanem csakis valamilyen „intelligens tervezés” eredményeként jöhetett létre, amelynek célja az élet feltételeinek a biztosítása volt. Elég nyilvánvaló, hogy a gyenge elv ugyan igaz, de lapos közhely, amellyel nem érdemes foglalkozni. Az erős elv azonban rejtett érvelési hibát (körkörösséget) tartalmaz, és ezt érdemes feltárni.[1]

Jelöljük **H**-val azt a hipotézist, hogy a világ intelligens tervezés eredménye, **B**-vel pedig a bizonyítékok halmazát, vagyis a fizikai állandók konkrét értékeit (a mérési hibáikkal együtt). Ezeket ugyan csak erős fenntartással lehet „bizonyítéknak” tekinteni, mert a kozmológiáról és az életről még túl keveset tudunk ahhoz, hogy bizonyosan megállapíthassuk: A fizikai állandóknak csakis a ma ismert értéke mellett lehetséges az élet létrejötte a Világegyetemben. Tegyük azonban félre a fenntartásainkat és tekintsük **B**-t a **H** bizonyítékának.

Az erős antropikus elv két premisszából indul ki. Az első az, hogy ha a Világegyetem nem intelligens tervezettség következményeként jött létre, akkor nagyon valószínűtlen, hogy a fizikai paraméterek pont olyanok, amilyeneknek megismertük őket. Matematikailag ezt a $val(X\,|\,Y)$ függvény segítségével fejezhetjük ki, amely X valószínűségével egyenlő az Y feltétel teljesülése mellett:

$$val(\mathbf{B}\,|\,\overline{\mathbf{H}}) \ll 1. \tag{1}$$

A $\overline{\mathbf{H}}$ szimbólum itt a **H** ellentétét jelenti, vagyis azt a hipotézist, hogy a világ nem valamilyen intelligens tervezettség eredménye.

A második premissza az, hogy intelligens tervezettség esetén viszont szükségképpen a ma ismert paraméterekkel rendelkező világ jött létre, hiszen a tervezés célja az élet feltételeinek a biztosítása volt. Matematikailag ezt a

$$val(\mathbf{B}\,|\,\mathbf{H}) = 1 \tag{2}$$

képlet fejezi hűen ki. Alább a képleteinkben az (1) és a (2) valószínűségnek csak a hányadosa lép majd fel, ezért a két premisszát egyetlen premisszába tömöríthetjük:

$$b \equiv \frac{val(\mathbf{B}\,|\,\overline{\mathbf{H}})}{val(\mathbf{B}\,|\,\mathbf{H})} \ll 1 \quad \text{(PREMISSZA)}. \tag{3}$$

Ilyen típusú hányados gyakran fordul elő a matematikai statisztikában, ahol *Bayes-faktor*nak vagy *likelihood-arány*nak hívják.

Az elv konklúziója az, hogy a bizonyítékok alapján az intelligens tervezettség szinte bizonyos, a valószínűsége gyakorlatilag 1-gyel egyenlő:

$$val(\mathbf{H}\,|\,\mathbf{B}) \approx 1 \quad \text{(KONKLÚZIÓ?)}. \tag{4}$$

A kérdés az, hogy következik-e ez a konklúzió a premisszából. Ha összehasonlítjuk a matematikai alakjukat azt látjuk, hogy a premisszában szereplő feltételes valószínűségeknek az első argumentuma a bizonyíték, a második a hipotézis, a konklúzióban

[1] Az alább következő gondolatmenettel kapcsolatban nyomatékosan az olvasó figyelmébe ajánlom *Pólya György A plauzibilis következtetés elmélete. A matematikai gondolkodás művészete II.* (Gondolat, 1989) könyvének XV. fejezetét.

Codex Vindobonensis (Franciaország, 1250 körül), az Osztrák Nemzeti Könyvtár tulajdona.

szereplő valószínűségben pedig a sorrend fordított. Ezért ha a konklúziót matematikailag ki akarjuk fejezni a premisszán keresztül, a *Bayes-formulát*[2] kell használnunk, amely a következő:

$$val(X\,|\,Y) = \frac{val(Y\,|\,X)\cdot val(X)}{val(Y)}. \qquad (5)$$

Az X és az Y lehet bármilyen esemény vagy kijelentés. Ennek alapján

$$val(\mathbf{H}\,|\,\mathbf{B}) = \frac{val(\mathbf{B}\,|\,\mathbf{H})\cdot val(\mathbf{H})}{val(\mathbf{B})}. \qquad (6)$$

A képletben szereplő egyargumentumú $val(X)$ az X feltétel nélküli (abszolút) valószínűsége, speciálisan $val(\mathbf{B})$ a bizonyítékoknak (a fizikai állandók megfigyelt értékének) az abszolút valószínűsége. A teljes valószínűség tételének felhasználásával ez felírható a következő formában is:

$$val(\mathbf{B}) = val(\mathbf{B}\,|\,\mathbf{H})\cdot val(\mathbf{H}) + val(\mathbf{B}\,|\,\overline{\mathbf{H}})\cdot val(\overline{\mathbf{H}}), \qquad (7)$$

ahol $val(\mathbf{H})$ annak valószínűsége, hogy a világ intelligens tervezettség eredménye, a $val(\overline{\mathbf{H}})$ pedig annak valószínűsége, hogy nem az. Ez a két lehetőség egymást kizárja, több lehetőség pedig nincs, ezért $val(\mathbf{H}) + val(\overline{\mathbf{H}}) = 1$. A (7) a **B** valószínűségét a két lehetőségre vonatkozó valószínűségek súlyozott öszszegeként állítja elő.

Helyettesítsük (7)-et (6) nevezőjébe:

$$val(\mathbf{H}\,|\,\mathbf{B}) = \frac{val(\mathbf{B}\,|\,\mathbf{H})\cdot val(\mathbf{H})}{val(\mathbf{B}\,|\,\mathbf{H})\cdot val(\mathbf{H}) + val(\mathbf{B}\,|\,\overline{\mathbf{H}})\cdot val(\overline{\mathbf{H}})}, \qquad (8)$$

és ezután a tört számlálóját és nevezőjét osszuk el a $val(\mathbf{B}\,|\,\mathbf{H})\cdot val(\mathbf{H})$ szorzattal:

$$val(\mathbf{H}\,|\,\mathbf{B}) = \frac{1}{1 + b\cdot r}, \qquad (9)$$

ahol

$$r \equiv \frac{val(\overline{\mathbf{H}})}{val(\mathbf{H})} = \frac{1 - val(\mathbf{H})}{val(\mathbf{H})} \qquad (10)$$

az úgynevezett *bázisarány.*

A (9) képlet bal oldalán a (4) konklúzióban szereplő feltételes valószínűség áll, míg a jobb oldalon a b Bayes-faktor a (3) premisszában szerepel. Ez a képlet tehát alkalmas arra, hogy megállapíthassuk, következik-e a premisszából a konklúzió.

Először feledkezzünk el a (9) nevezőjében r-ről. A tört ekkor $1/(1+b)$. A premissza szerint $b \ll 1$, ezért $val(\mathbf{H}\,|\,\mathbf{B}) \approx 1$. Ez valóban azonos az erős antropikus elv konklúziójával. Az r jelenléte azonban drámaian megváltoztatja a helyzetet: ahhoz, hogy kiszámíthassuk a bennünket érdeklő $val(\mathbf{H}\,|\,\mathbf{B})$-t, a (10) következtében *már előzetesen ismernünk kell* annak $val(\mathbf{H})$ valószínűségét, hogy a világ intelligens tervezés eredménye. Ebből nyilvánvaló, hogy az erős antropikus elv valóban körkörös érvelésen alapul.

A $val(\mathbf{H})$ valószínűségnek kétféle értelmezése lehetséges, egy objektív és egy szubjektív. Az objektív felfogás szerint a **H** vagy igaz vagy hamis, ezért $val(\mathbf{H})$ vagy 1 vagy 0. Az első esetben (10) szerint $r = 0$, (9) alapján pedig $val(\mathbf{H}\,|\,\mathbf{B}) = 1$, ahogy azt az erős antropikus elv sugallja. Azonban ebből egyáltalán nem vonható le az a következtetés, hogy akkor tehát a világ intelligens tervezés eredménye, mert ezt a bizonyításban már kihasználtuk azzal, hogy $val(\mathbf{H})$-t 1-nek tekintettük – ezért körkörös ez az elv. A második esetben teljesen hasonlóan a $val(\mathbf{H}\,|\,\mathbf{B}) = 0$ eredményre jutunk, de a körkörösség miatt ebből szintén nem következik, hogy a világ intelligens tervezés *nélkül* jött létre.

A másik lehetőség az, hogy a $val(\mathbf{H})$-n azt értjük, hogy valaki szubjektíven mennyire tartja valószínűnek az intelligens tervezettséget: ha egyáltalán nem hisz benne, akkor 0-nak választja, ha biztos benne, akkor 1-nek, ha pedig nem tud dönteni, akkor a bizonytalanságának a mértékét a (0,1) intervallumba eső megfelelő számmal fejezi ki. Minél jobban hisz valaki abban, hogy a világ intelligens tervezettség következtében jött létre, annál nagyobbnak választja $val(\mathbf{H})$-t, annál kisebb lesz az r, a (9) szerint annál nagyobb $val(\mathbf{H}\,|\,\mathbf{B})$ értékre jut, ezért (ha logikusan gondolkozik) annál inkább vallja, hogy a fizikai állandók tapasztalt értékei az intelligens tervezettséget bizonyítják. Ennyi következik az erős antropikus elv premisszáiból, semmivel se több.

[2] Ezt a képletet úgy lehet megkapni, hogy a feltételes valószínűségek $val(X\,|\,Y) = val(X, Y)/val(Y)$ és $val(Y\,|\,X) = val(X, Y)/val(X)$ kifejezéseiből kizárjuk $val(X, Y)$-t, amely az X és az Y együttes előfordulási valószínűsége.