

Vázlatpontok a fizikai elméletek fizikalista értelmezéséhez

E. Szabó László

ELTE BTK Filozófia Intézet, Logika Tanszék

leszabo@phil.elte.hu

Kivonat

Minél több matematikai eszközt használ az elméleti fizika a világról szóló narratívájában, annál jellemzőbbnek tűnik az a felfogás, melyet (a kései) Einstein a következőképpen fogalmazott meg: „Minden eddigi tapasztalatunk megerősít bennünket abban a hitünkben, hogy a természetben megvalósul a matematikai egyszerűség ideálja. Meggyőződésem, hogy a tiszta matematikai struktúrák által képesek vagyunk felfedezni mindazokat a fogalmakat, és a köztük fennálló törvényszerűségeket, melyek kulcsot adhatnak a természeti jelenségek megértéséhez. A tapasztalat természetesen adhat támpontot a megfelelő matematikai fogalmak kiválasztásához, de semmiképpen sem elégséges alap ahhoz, hogy ezeket a fogalmakat belőle levezessük. A matematikai struktúrák fizikai alkalmazhatóságának végső kritériuma persze a tapasztalat, de a kreatív eszmék a matematikában rejlenek. Bizonyos értelemben ezért igaznak gondolom, hogy a ideáknak kompetens szerepe van a valóság megismerésében, pontosan úgy, ahogy azt az ókori klasszikusok elképzelték.” [1934, 167. o.] E meggyőződés nem mondható sem fizikalistának sem empiristának. Felmerül a kérdés, hogyan lehet a fizikai elméletekről számot adni egy következetes fizikalizmus és empirizmus keretében?

1. Carnap nyomán általánosan elfogadott az a nézet, mely szerint a fizikai világ egy U tartományát leíró fizikai elmélet, ideális esetben, egy parciálisan interpretált formális rendszer, vagyis egy (L, S) pár, ahol

- L egy axiomatikus formális rendszer, azaz egy formális nyelv + derivációs szabályok + egy Σ axiómarendszer. Σ általában a következő részekből áll:
 - Logikai axiómák (ideális esetben, az első rendű predikátum kalkulus identitással¹)

¹Fizikai elméletek első rendű formalizációjának motivációit lásd [Andréka et al. 2002].

- Matematikai axiómák
- Fizikai axiómák
- Az S szemantika pedig valamiféle megfeleltetés az L bizonyos formulái és az U -beli tényállások között.

Legyen A egy interpretált formulája az elméletnek. Megkülönböztetjük a következő két fogalmat:

- $\Sigma \vdash A$ (az L formális rendszer egy ténye)
- Az S szemantika szerint A egy olyan tényállásra referál, amely fennáll U -ban (a fizikai világ U tartományának egy ténye)

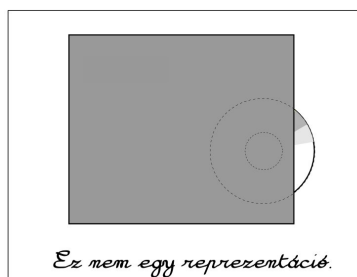
2. Az általános felfogás szerint az L formális rendszer valamilyen *absztrakt* entitás vagy struktúra; az U nyilván *fizikai*; az S szemantika pedig valamiféle naiv értelemben vett megfeleltetés az absztrakt formális rendszer elemei és a fizikai világ tényállásai között, melyet intuitív belátásainkkal, értelmünkkel hozunk létre, vagyis valami olyan, ami a *mentális* létezők körébe vezet.

3. Azonban, ha a fizikalizmus doktrínája igaz, minden fizikai. A világ minden ténye a fizikai tényeken szuperveniál, a fizikai tények által van kikényszerítve. Hogyan lehet akkor elhelyezni egy (L, S) fizikai elméletet egy tisztán fizikai ontológiában? Vagyis:

- (a) Hogyan lehet számot adni az L formális rendszeről a fizikalizmus keretei között?
- (b) Hogyan lehet kifejezni a fizikai világ terminusaiban azt a formális igazságot, azt a formális tényt, hogy $\Sigma \vdash A$? Pontosabban, a fizikai világ mely tényállásai konstituálják azt a formális tényt, hogy $\Sigma \vdash A$?
- (c) Hogyan lehet az L formális rendszer és a fizikai világ között elgondolt S szemantikai viszonynak értelmet adni? Más szóval, mik lennének a fizikai világ terminusaiban kifejezhető objektív feltételei annak, hogy egy ilyen szemantikai viszony megvalósuljon?
- (d) A fizikai világ terminusaiban hogyan lehet kifejezni azt a tényt, hogy az (L, S) fizikai elmélet U -nak egy igaz/helyes elmélete?

4. Az első két kérdésre már korábbi írásaimban megkíséreltem választ adni egy olyan elképzelés keretében, melyet *fizikalista matematikafilozófiának* nevezek [Szabó 2003; 2012]. A javasolt elképzelés a matematika szigorúan formalista felfogására épül, amely szerint a logika és a matematika jelentés nélküli szimbólumokkal, szigorúan rögzített, de jelentés nélküli szabályok szerint történő manipulációk összessége. Ez azonban csak a kiinduló pont. A formalista felfogás nyitva hagyja ugyanis a formális rendszerek ontológiai státuszának kérdését. Az általam javasolt fizikalista megközelítés ezen a ponton lép tovább. Az alapvető tézis röviden a következő: *Egy formális rendszert úgy kell felfognunk, mint egy hús-vér fizikai rendszert – a jelekből és derivációs mechanizmusokból álló fizikai rendszert. Ennek megfelelően: $\Sigma \vdash A$ a fizikai világ egy ténye, nevezetesen az így felfogott fizikai rendszer egy ténye.*

A tézist alátámasztó gondolatmenet a következő három belátásra épül [Szabó 2012]:



1. ábra. Gondoljunk el egy notebookot, melyet úgy programoztunk be, hogy egy „adott formális rendszer” tételeit, valamilyen rendben egymás után küldje a képernyőre. Első lépésben tehát úgy gondolunk rá mint egy „absztrakt” formális rendszer konkrét fizikai reprezentációjára. Ebben a reprezentációban a $\Sigma \vdash A$ formális tényt egy konkrét fizikai tény formájában obszerváljuk. Végül arra a konklúzióra jutunk, hogy nincs semmi ezen, és az ehhez hasonló konkrét fizikai „reprezentációkon” kívül, vagyis hogy nincs reprezentálva semmi.

- I. Minden formális rendszer reprezentálható fizikai formában, sőt nem is vagyunk képesek egy formális rendszert elgondolni, csak valamely konkrét fizikai reprezentációban.
- II. A formális igazságokhoz nincs is másképpen hozzáférésünk, csak ezeken a konkrét fizikai reprezentációkon keresztül.
- III. Nem létezik semmi ezeken a konkrét fizikailag megtestesült formális rendszereken kívül; vagyis csak a hús-vér „reprezentációk” léteznek, de nincs semmi, ami reprezentálva lenne – vagyis ezek nem reprezentációk. (1. ábra)

Következésképpen a formális (logikai/matematikai) „igazság” nem *a priori*, nem szükségszerű (kontingens), nem tudható abszolút bizonyossággal, mert csak *a posteriori* eszközök által tudható; az embertől független, objektív (bár egy formális rendszer egy artefaktum), felfedezhető, (mint egy műanyagmolekula), stb. Továbbá, a dedukció az indukció egy esete. Természetesen ezek szokatlanul radikális konklúziók; elkerülhetetlen következményei azonban egy koherens fizikalista ontológiának.

A cikk további részében rátérünk a (c) és (d) kérdésekkel kapcsolatos megfontolásainkra.

5. Az, hogy valami *jelentéshordozó*, nem egyszerűen konvenció, definíció, vagy deklaráció kérdése, hanem objektív feltételei vannak. Hogy ezt megvilágítsuk, képzeljük el a következő két esetet. Az első esetben egy kártyajós ül a komputere előtt, valamilyen kártyajátékot játszik, majd a játék végén kijött kártyakonfigurációból az időjárást jóslja meg. Konkrétan, dátumról-dátumra megválaszolja, hogy sütni fog-e a nap, vagy nem. Állítása szerint ez és ez a kártyaállás ezt és ezt a jövőbeli eseményt *jelenti*. Vane értelme ennek a jelentéstulajdonításnak? Valóban elhinnénk-e neki, hogy a kártyák ilyen vagy olyan konfigurációja a komputere képernyőjén azt jelenti, azt reprezentálja, hogy egy adott napon sütni fog a nap?

Hasonlítsuk ezt össze azzal a másik esettel, amikor egy meteorológus ül a komputere előtt, és a légköri folyamatokat szimuláló programot futtat. Állítása szerint a képernyőjén megjelenő bizonyos szimbólumok ezt és ezt a jövőbeli eseményt *jelentik*.

Neki elhisszük-e, hogy a komputerének képernyőjén bizonyos pixelkonfigurációk azt jelentik, hogy egy adott napon sütni fog a nap?

Azt gondolom, hogy a második esetben elfogadhatjuk, hogy valóban fennáll a jelentéshordozás, míg a kártyajós esetében nem, annak ellenére nem, hogy ő ezt a jelentést deklarálja. Azért nem, mert a meteorológussal szemben a kártyajós képernyőjének pixelkonfigurációi és az időjárás között *semmilyen korreláció nincs*.

Vegyük azonban észre, hogy korreláció csak olyan dolgok között állhat fenn, amelyek meg is tudnak történni meg nem is. Ha a Szaharában vagyunk, ahol mindig süt a nap, és a meteorológus komputere mindig napsütést mutat, akkor persze nincs korreláció. És joggal kételkedhetünk, nem álmeteorológussal van-e dolgunk, akinek a komputere csak annyit tud, hogy ha bekapcsolják, kiírja a napsütés jelét a képernyőre, és kész, mindenféle légköri szimuláció nélkül. Ebben az esetben nem volna értelme azt mondanunk, hogy a komputerben futó program azt a kérdést válaszolja meg, hogy egy adott napon sütni fog-e a nap.

Ahhoz, hogy azt mondhassuk, hogy a formális rendszer egy A formulája a fizikai világ valamely a tényállását jelenti, a következő szükséges *feltételeknek kell teljesülniük*:

(Turing) Létezik formuláknak egy $\{A_\lambda\}_\lambda$ családja, valamint létezik a U -beli tényállások egy $\{a_\lambda\}_\lambda$ családja, úgy, hogy $A = A_{\lambda_0}$ és $a = a_{\lambda_0}$ valamilyen λ_0 -ra.

(Gödel) Minden λ -ra fennáll, hogy

(1) ha a_λ fennáll U -ban, akkor $\Sigma \vdash A_\lambda$,

(2) ha a_λ nem áll fenn U -ban, akkor $\Sigma \vdash \neg A_\lambda$.

A elnevezések nem véletlenek. E feltételekben megfogalmazott intuíciót megtaláljuk a Turing-gépek elméletében, a kiszámítható kérdésosztály definíciójában; vagy Gödel első nemteljességi tételének bizonyításában, amikor Gödel megkonstruálja bizonyos meta-aritmetikai tények reprezentációját magának az aritmetikának az axiomatikus rendszerében.²

6. A (Turing) és (Gödel) feltételek csak szükséges, de nem elégséges feltételek. Hogy (Gödel) egy tényleges korrelációt fejezzen ki a $\Sigma \vdash A_\lambda$ fizikai tényállások – az L formális rendszernek mint fizikai rendszernek a tényállásai – és az a_λ fizikai tényállások között, ahhoz az szükséges, hogy az itt szimbolikusan használt λ paraméter valamilyen tényleges fizikai kondíciót szimbolizáljon, amely a szóban forgó $\Sigma \vdash A_\lambda$ és a_λ tényállások között egy valóságos konjunktív viszonyt terem. Egyáltalán nem magától értetődő, hogy mik az általános kritériumai egy ilyen konjunktív viszonyt megteremtő fizikai kondíciók fennállásának.³ A különbséget aközött, amikor ezek a kondíciók fennállnak, és amikor nem, egy egyszerű példán szemléltethetjük.

Képzeljük el, hogy egy hosszú folyosó két végén egy-egy pénzermét dobunk fel, és az eredményt regisztráljuk. Nyilván semmi gondot nem okozna az eredményeket, legalább részben, úgy összepárosítanunk, hogy Fejhez Fej, Íráshoz Írás tartozzon. Ez semmilyen valós korrelációt nem jelentene fizikai tényállások között. Viszont nagyon meg lennének lepődve, ha ugyanez az egybeesés akkor állna fenn, ha a párosítás alapja az lenne, hogy mely feldobások történtek egyszerre!

²Különösen tisztán látjuk ezt Nagel és Newman [1958] interpretációjában.

³Megköszönöm Gömöri Mártonnak az ezzel kapcsolatos diskuszióinkat. Ha jól értem, [Gömöri 2013] ezeket a kondíciókat a kopozicionalitás fogalmával kívánja megragadni.

A továbbiakban feltesszük tehát, hogy a λ paraméter olyan, hogy a (Gödel) kondíció *fizikai tényállások közötti valódi korrelációt* fejez ki.

7. Körvonalazva tehát a szemantikai viszony fizikalista értelmezésének alapjait, a következő megállapításokat tehetjük:

- 1) Bár értelmes dolog egyetlen elszigetelt formula jelentéséről beszélni, de értelmetlen dolog erre úgy gondolni, hogy ez a jelentés rögzíthető lenne elszigetelten az elmélet egészének szemantikájától. Ez nem csak azért van így, mert az $\{A_\lambda\}_\lambda$ formulacsalád nagy, hanem azért is mert a (Gödel) kondícióban, például a $\Sigma \vdash A_\lambda$ feltételben, az L formális rendszer egésze involválva lehet, a derivációs szabályoktól a fizikai axiómákig. (Szemantikai holizmus)
- 2) Ha egy megfigyelés falszifikálja az elmélet deduktív lezártjába tartozó egyetlen mondatát, akkor falszifikálja az egész elméletet, a szemantikájával együtt. Következésképpen az elmélet bármely alkatrésze revízió alá vonható, a szemantikától a fizikai axiómákon át a derivációs szabályokig. Itt érdemes megjegyeznünk, hogy a Σ axiómák között a „logikai”, „matematikai” és „fizikai” megkülönböztetés csak terminológiai tradíció, és semmiféle esszenciális alapja nincs, abban az értelemben, ahogyan egy óraszerkezet fogaskerekei között sincs esszenciális különbség. (Falszifikációs holizmus)
- 3) A (Gödel) feltételből következően egy elmélet szemantikája és az elmélet helyessége/igazsága teljes mértékben össze vannak fonódva.
- 4) Az elmélet egy A predikciójának *igazságát és jelentését ugyanabban az egyetlen aktusban confirmáljuk* – egyik sem élvez prioritást a másikhoz képest. Következésképpen, például, ha feltesszük, hogy L konzisztens, a következő állítások nem lehetnek egyszerre igazak:

- (1) A reprezentálja a -t
- (2) $\Sigma \vdash A$
- (3) a nem áll fenn U -ban

Egyszerűen azért nem, mert (1) és (3) azt implikálja, hogy $\Sigma \vdash \neg A$, amely ellentmondásban állna (2)-vel.

- 5) Következésképpen, ha egy elmélet A predikciója, amelynek az elmélet szemantikája szerint valamely a tényállás felelne meg, empirikusan megcáfolódik, azaz, az a tényállás nem áll fenn, *akkor nem az van*, hogy a valóságban az igaz, hogy „ $\neg A$ ”. Azért nem, mert az A falszifikációjával az elmélet egésze falszifikálódott, a szemantikával együtt, és ezért $\neg A$ -nak *jelentése sincs*, nemhogy éppen azt a tényállást jelentené, amelyben azt tapasztaltuk, hogy a nem áll fenn. A dolgoknak az az állása, melyben a nem áll fenn, egyelőre egy megnevezés nélküli, artikulálatlan tapasztalat marad. Ez rávilágít a szemantika, pontosabban az egész elmélet – kanti–reichenbachi értelemben vett⁴ – konstitutív szerepére.
- 6) Az elméletek empirikus aluldeterminációjának tézise, ha egyáltalán igaz, természetesen a szemantika empirikus aluldeterminációjára is kiterjed. Kínálja magát

⁴Lásd Reichenbach [1965] „constitutive a priori” fogalmát.

a gondolat, hogy egy tetszőleges (L, S) elméletből egy vele empirikusan ekvivalens (L, S') elméletet konstruálhatunk, egyszerűen azáltal, hogy az $\{a_\lambda\}_\lambda$ családot átparaméterezzük úgy, hogy fennálló tényt fennálló ténnyel cserélünk fel. Vegyük azonban észre, hogy ez a lehetőség nem automatikusan adott, mert egyáltalán nem biztos, hogy az újonnan „létrehozott” paraméterezés/párosítás eleget tesz a 6. pontban kifejtetteknek.

8. Kombinálva a $\Sigma \vdash A_\lambda$ fizikai tényállások és az a_λ fizikai tényállások között fennálló korreláció tényét

- 1) a fizikai világ kauzális zártságának tézisével, valamint
- 2) a Reichenbach-féle közös ok elvvel, abban az általános értelemben, hogy nincs korreláció kauzális magyarázat nélkül [Salmon 1984; Hofer-Szabó et al. 2013],

arra a következtetésre kell jutnunk, hogy az S szemantikai viszony mögött állnia kell egy a világ kauzális rendjébe illeszthető fizikai folyamatnak, amely a (Gödel)-ben megfogalmazott korrelációt *létrehozza*.

Mint hogy ez a korreláció nemcsak a szemantikai viszonyt, hanem az elmélet *helyességét* is konstituálja, a korrelációt létrehozó kauzális fizikai folyamat létezésének ténye egy döntő érv az *empirizmus* alapvető tézise mellett: a fizikai világról való tudás egyetlen forrása a tapasztalat; ahol tapasztalat alatt éppen ezt, a $\Sigma \vdash A_\lambda$ fizikai tényállások és az a_λ fizikai tényállások közös kauzális múltjában végbemenő kauzális fizikai folyamatot kell értenünk, *amely ezt a tudást létrehozza*.

9. Ez a kauzális fizikai folyamat nem feltétlenül determinisztikus; egymást követő fázisai vannak; nem feltétlenül befejezett; továbbá a tudás különböző, egymással valamilyen kontingens viszonyban álló eseteit hozhatja létre. Vagyis: a fizikai elméletek lehetnek empirikusan aluldetermináltak, approximatívák, fallibilisek; a megfigyeléseink lehetnek elméletterhesek; az elméletekben konstitutív szerepet játszhatnak konvencionális elemek, és általában olyan faktorok, melyeket hagyományosan externális faktoroknak szokás nevezni.

10. A fent elmondottakból tehát egyfajta ontológiai homogenitás következik. Az (L, S) fizikai elmélet minden eleme, csakúgy, mint az elmélet tárgyát képező U , része a fizikai világnak. Vagyis: a legegzaktabb, formalizált tudományos elméleteink ontológiai státusza semmiben sem különbözik a tudás más – tipikusan nem-propozicionális – formáinak ontológiai státuszától, sőt, semmiben sem különbözik az állatok vagy mesterséges intelligenciák világrepresentációitól. Lényegét tekintve tehát semmi különbség nincs mondjuk egy ballisztikus rakétát tervező és irányító mérnöknek a matematikai formában megfogalmazott fizikai törvényekre épülő tudása, és a lövőhal [Schuster et al. 2006] neurális hálójának tudása között. Sőt, egyáltalán nem zárhatjuk ki, hogy valamikor a jövőben a fizikai világról alkotott tudásunk, a megszokott nyelvi–logikai–matematikai eszközök helyett, a lövőhal neurális hálójára emlékeztető formában, például molekuláris chipekben legyen reprezentálva. A dezantropomorfizáció korszaka után el fog jönni, el kell jönnie a – nevezzük így – deglossomorfizáció korszakának. Az ehhez vezető úton mindenekelőtt két idóluamtól kell megszabadulnunk, az egyiket úgy hívják, hogy „igaz”, a másikat úgy, hogy „nem”.⁵

⁵A cikk az OTKA által támogatott kutatás eredményeire épül (K100715).

Hivatkozások

- Andréka, H. – J. X. Madarász – I. Németi 2002. *On the logical structure of relativity theories* (E-book). Budapest, Alfréd Rényi Institute of Mathematics. With contributions from A. Andai, G. Sági, I. Sain, and Cs. Tőke. (<http://www.math-inst.hu/pub/algebraic-logic/olsort.html>)
- Einstein, A. 1934. On the Method of Theoretical Physics. *Philosophy of Science*, **1**, 163–169.
- Gömöri, M. 2013. Szuperholizmus. A jelen kötetben publikálva.
- Hofer-Szabó G. – M. Rédei – L. E. Szabó 2013. *The Principle of the Common Cause*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Nagel, E. – J. R. Newman 1958. *Gödel's Proof*. New York, New York University Press.
- Reichenbach, H. 1965. *The Theory of Relativity and A Priori Knowledge*. Berkeley, University of California Press.
- Salmon, W. C. 1984. *Scientific Explanation and the Causal Structure of the World*. Princeton, Princeton University Press.
- Schuster, S. – S. Wohl – M. Griebisch – I. Klostermeier 2006. Animal Cognition: How Archer Fish Learn to Down Rapidly Moving Targets. *Current Biology*, **16**, 378–383.
- Szabó, L. E. 2003. Formal Systems as Physical Objects: A Physicalist Account of Mathematical Truth. *International Studies in the Philosophy of Science*, **17**, 117–125.
- Szabó, L. E. 2012. Mathematical facts in a physicalist ontology. *Parallel Processing Letters*, **22**, 1240009 (12).