Válasz Hraskó Péter „Kritikai észrevételek ...” c. írására*

E. Szabó László

2002. november 29.

Hraskó Péter a könyv[1] első, *A nyitott jövőhöz mindenekelőtt jövő kell* c. fejezetére reflektál, pontosabban ezen belül az 1.3 (*Megtudhatunk-e a relativitáselméletből bármit is a térről és az időről?*) és az 1.4 (*A téridő geometriájának konvencionális jellege. Első közelítés*) alfejezetekre. Azért tartom ezt fontosnak hangsúlyozni, mert az a benyomásom, hogy kevéssé szentelt figyelmet az ezeket követő 1.5 alfejezetnek (*A téridő geometriájának konvencionális jellege. Második közelítés*). E fejezet két, a vitánk szempontjából fontos gondolatot tartalmaz. Egyrészt annak kifejtését, milyen értelemben és miért tekintem a relativitáselméletet és a Lorentz-elméletet azonosnak, mind a téridő geometriáját, mind a fizika törvényeit tekintve. Másrészt – ennek az azonosságnak a felismerése fényében – kritika tárgyává teszem, de legalábbis árnyaltabb értelmezését adom meg Poincaré konvencionalista felfogásának. Bizonyára érdemes lett volna felhívnom az előszóban az olvasó figyelmét valamire, ami remélhetőleg a könyv egészének elolvasásából kiderül, hogy egyfajta polemizáló stílust követek a kifejtésben. Arra gondolok, hogy a két alapvető kérdést illetően, hogy tudniillik következik-e a relativitáselméletből a determinizmus és hogy következik-e a kvantummechanikából az indeterminizmus, úgy jutok el saját álláspontom kifejtéséig, hogy a közben felmerülő pro és kontra érveket (lokálisan) igyekszem a lehető legmeggyőzőbben elmondani. Így aztán úgy tűnhet, hogy könnyen zavarba lehet engem hozni a könyv különböző fejezeteiből, a kifejtés különböző stádiumaiból, – ilyen értelemben – kontextusából kiragadott mondataimmal. Ez a helyzet például a **30.** pont elejéről idézett, az előző (*A téridő geometriájának konvencionális jellege. Első közelítés.*) alfejezet konklúziójaként megfogalmazott „Látjuk tehát, hogy a téridő geometriájának van egy eredendően konvencionális jellege, abban az értelemben, hogy különböző, a téridő struktúrájára vonatkozó előfeltevések mellett, ugyanazokat az empirikus tényeket, különböző fizikai elméletekkel lehet leírni.” mondattal. Félreért Hraskó, mikor azt írja, hogy „Ezt a súlyos[2] kijelentést Szabó egy Poincarétól származó példára alapozza”. Ez nem az én

*Hraskó Péter: *Kritikai észrevételek Szabó László „A nyitott jövő problémája” című könyvéhez* (http://www.hrasko.com/peter/szabo.pdf)

[1] E. Szabó László: *A nyitott jövő problémája - véletlen, kauzalitás és determinizmus a fizikában,* Typotex Kiadó, 2002.

[2] Megjegyzem, ez a „súlyos” kijelentés magától Einsteintől sem állt olyan távol! (Lásd a **30.** pontban idézett passzusokat.) [Sz. L.]

(végső) álláspontom[3], hanem Poincaré, talán (a késői) Einstein és a mai filozófiai irodalomban a konvencionalisták, pl. Michael Friedman álláspontja. Ezzel szemben én az ezután következő – „Vegyük azonban észre, hogy ...” kezdetű – **31.** ponttól a szóban forgó 1.5 alfejezet végéig éppen ennek ellenkezőjét fejtem ki, és az ominózus korongos példáról, nem külső, metodológiai és egyéb érvek alapján, mint Hraskó[4], hanem a saját – fizikus szemmel kétségtelenül naiv – keretén belül magam mutatom meg, hogy logikailag hibás (**34.** pont). Éppen azt állítom, hogy a korongos példában elkövetett hiba ugyanaz a hiba, mint aminek alapján a Lorentz-elméletet és a relativitáselméletet ***különböző*** fizikai és téridő-geometriai elméletnek tekintjük.

Hadd tegyek kísérletet az ominózus „a relativitáselmélet és a Lorentz-elmélet tökéletesen azonos” állításom pontos kontextusának ismételt megvilágítására. Anélkül, hogy itt megismételném teljes terjedelmében az 1.5 alfejezetet, álláspontom lényege a következő:

1. A fizikában minden olyan szónak a jelentését, amelyik fizikai mennyiséget jelöl (és nem matematikai segéd-fogalom) úgy adjuk meg, hogy megmondjuk, hogyan van a szóban forgó mennyiség kísérletileg definiálva, magyarul, milyen mérési utasítással mérjük, és milyen etalonnal definiált mértékegységekben.

2. Párizshoz képest nyugvó inerciarendszerben definiálok távolságot és időt a szokásos módon, használva a párizsi etalonokat.

3. A relativisztikus fizikából megtanultuk, hogy ha a Párizsban eddig nyugvó etalon órát mozgásba hozom, akkor lelassul. Hasonlóan, a méterrúd is deformálódik. (Ezeket a deformációkat így vagy úgy Lorentz is kiszámolta, de ez most mindegy.)

4. Párizshoz képest v sebességgel mozgó inerciarendszerben a következő mennyiségeket definiálom empirikusan:

$$\begin{array}{lcc l}\alpha & : & \begin{array}{c}\text{a deformált méterrúd } n\text{-szer}\\ \text{fér rá a szakaszra}\end{array} & \Rightarrow\quad \alpha = n\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}\\ \beta & : & \begin{array}{c} t \text{ másodpercet mutat}\\ \text{a lelassult óra}\end{array} & \Rightarrow\quad \beta = \frac{t}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}\end{array} \tag{1}$$

   Illetve,

$$\begin{array}{lcc l}\gamma & : & \begin{array}{c}\text{a deformált méterrúd } n\text{-szer}\\ \text{fér rá a szakaszra}\end{array} & \Rightarrow\quad \gamma = n\\ \delta & : & \begin{array}{c} t \text{ másodpercet mutat}\\ \text{a lelassult óra}\end{array} & \Rightarrow\quad \delta = t\end{array} \tag{2}$$

[3]Amikor azt írom, hogy ez nem az én álláspontom, akkor persze úgy értem, hogy nem gondolom, hogy a Poincaré-féle konvencionalizmus érvényes lenne a relativitáselmélet és a Lorentz-elmélet esetében, továbbá, hogy a korongos példa rossz, és hogy sokkal óvatosabbnak kell lennünk. Nem állítom azonban, hogy egyáltalán nem volna olyan eset, amikor a konvencionalista séma igaz. (Talán például a téridő topológiáját illetően igaz.)

[4]Nem akarom ezzel azt mondani, hogy Hraskó ellenvetései nem helytállóak. Nagyon is azok!

Nem fontos most, hogy milyen filozófiát társítok a definíciókhoz, vagyis miért pont így definiálom az $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ mennyiségeket Nem kétséges azonban, hogy négy *különböző* mennyiséget definiáltam. Nevet is adok ezeknek: legyenek ők *karcsi*, *lili*, *joska* és *vilma*.

5. Most további kísérleteket végzek a mozgó inerciarendszeremben ülve, és fizikai törvényeket állapítok meg, s azokkal leírom, hogy a világ milyen. Közben esetleg újabb mennyiségeket definiálok, talán kizárólag úgy, hogy azokat kifejezem valamilyen $f(\alpha, \beta)$ vagy $g(\gamma, \delta)$ alakban (nem kell mind a négyet használni, hiszen rájövök, hogy α, β és γ, δ egymásból kifejezhetők). Használhatok a matematikában „geometriának" nevezett struktúrákat, például a világ (α, β)-térképe egy euklideszi geometriával írható le, a (γ, δ)-térképe pedig egy Minkowski-geometria.

6. Kinyitok egy fizika könyvet ($\text{Fizika}_{\text{Einstein}}$). Látom, hogy használ bizonyos „tér-" és „időkoordináta" nevű mennyiségeket, nem tudom mi az (egy Párizshoz képest mozgó inerciarendszerben), visszalapozok a könyv elejére és megnézem, hogyan vannak azok kísérletileg definiálva. Látom, hogy ezek nem mások, mint amit én joska és vilma néven használok. Így már minden stimmel. Megnézem mit mond a relativitáselmélet más mennyiségekről, az is stimmel, beleértve karcsi és lili mennyiségeket is. Ebben a könyvben is a (γ, δ)-térkép egy Minkowski-geometria, az (α, β)-térkép euklideszi geometria (bár ezt az utóbbit nem használja), tehát ez is stimmel.

7. Kinyitok egy másik fizika könyvet ($\text{Fizika}_{\text{Lorentz}}$). Az is használja a „tér-" és „időkoordináta" nevű mennyiségeket, de nem értem, valami nem stimmel. Butaságokat mond a világról. Jobban megnézem, visszalapozok az elejére, és látom, hogy félreértés van: ebben a könyvben „tér-" és „időkoordináta" nevekkel azokat a mennyiségeket illeti a szerző, amiket én karcsinak és lilinek hívok. Hirtelen minden összeáll. Mindenről ugyanazt mondja mint én, illetve a $\text{Fizika}_{\text{Einstein}}$, beleértve az általam joska és vilma néven értelmezett mennyiségeket is (vagyis azokat, amelyeket a $\text{Fizika}_{\text{Einstein}}$-ben neveztek „tér-" és „időkoordinátának"). Ez a szerző is szereti a geometriát használni, és persze neki is az (α, β)-térképe egy euklideszi geometria, és – leellenőrzöm – a (γ, δ)-térképe egy Minkowski-geometria (ugyan nem használja).

8. Megállapítom, hogy a három fizikai elmélet, $\text{Fizika}_{\text{Einstein}}$, $\text{Fizika}_{\text{Lorentz}}$ és $\text{Fizika}_{\text{saját}}$ ugyanazt mondja mindenről, tehát ugyanaz, leszámítva egy kis terminológiai zavart, hogy tudniillik ugyanazokat a mennyiségeket másképpen nevezik el, sőt – ami zavaróbb – különböző mennyiségeket hívnak ugyanúgy. Más szóval, amikor 1905-ben a fizikusok a $\text{Fizika}_{\text{Lorentz}}$ helyett a $\text{Fizika}_{\text{Einstein}}$ tanítására tértek át, akkor nem az történt, hogy új kísérleti eredmények nyomán „felfedeztünk" valamit, nevezetesen, hogy a téridő

geometriája nem olyan, mint korábban hittük, hanem egy Minkowski-geometria. Csupán mást kezdtünk „térnek” és „időnek” *nevezni*: a klasszikus fizikában az α, β mennyiségeket neveztük így, a relativitáselméletben pedig a γ,δ mennyiségeket. Ez egy teljesen ártalmatlan változás.

Ez a lényege annak, amit állítok, s ezt az 1.5 alfejezetben fejtem ki. Úgy gondolom, ha nem igaz az az állításom, hogy a „relativitáselmélet és a Lorentz-elmélet teljesen azonos, csupán lingvisztikai különbség van közöttük”, akkor a fenti gondolatmenetet kell megcáfolni. Ami engem ebben a történetben izgatott, és ami a könyvben tárgyalt alapprobléma szempontjából fontos volt számomra, az az, hogy nem fedezünk fel semmi újat a téridő struktúrájáról a speciális relativitáselméletben. Ebből a szempontból közömbösek az olyan fizikatörténeti kérdések, hogy személy szerint ki mit fedezett fel, hogy Lorentz pontosan hogyan vezette le azokat a bizonyos deformációkat (lényeg az, hogy mi a relativisztikus fizikában ma le tudjuk őket vezetni).[5] Még csak azt sem vitatom, hogy az α, β változókról a γ, δ változók használatára való – ártalmatlan – áttérésnek nem volt a fizika történetében heurisztikus haszna (Kérdés persze, hogy mihez képest! Egyetértek Hraskóval, hogy nem lehet a fizikatörténet óráját visszapörgetni, tehát ezt már örökre a kontrafaktuális homály fedi.) Továbbá nem kérdőjelezem meg mindazt, ami a fizikában a relativitáselmélet után született. Miért is tenném, hiszen – még egyszer – csupán egy ártalmatlan változócsere történt, meg egy kis konfúzió az elnevezések körül.[6]

Ez tehát állításom lényege, és sajnálom, hogy Hraskó fejtegetéseimnek éppen ezt a részét nem érinti.

Válaszom hátralévő részében néhány olyan, Hraskó által felvetett problémával szeretnék foglalkozni, melyek – noha a fentiekben összefoglalt tézisem szempontjából nem perdöntőek – önmagukban fontosak és érdekesek, s tisztázásuk segítséget nyújthat álláspontom lényegének jobb megvilágításában.

Hraskó három különböző Lorentz-elvet fogalmaz meg, és azt állítja, hogy az én Lorentz-elv$_1$-hez fűzött lábjegyzetem megváltoztatja az eredeti Lorentz-elv$_1$ jelentését (Lorentz-elv$_3$ lesz belőle), amely viszont már ekvivalens magával a relativitáselmélettel (pontosabban az Einstein-féle relativitási elvvel). Természetesen, mivel folyamatosan azt állítom, hogy a Lorentz-elmélet azonos a relativitáselmélettel, csupán abban különböznek, hogy mit minek neveznek, egyetértek azzal, hogy az Einstein-féle relativitási elv ekvivalens a Lorentz-elv$_3$-mal. Csakúgy, mint Lorentz-elv$_2$-vel, vagy Lorentz-elv$_1$-gyel! A Hraskó által megkülönböztetett három Lorentz-elv ugyanis egymással logikailag ekvivalens! Hogy

[5] Egyébként, én Lorentz elméletének azt a Bell-féle rekonstrukcióját vettem át, melyet a könyvben hivatkozott Bell-cikkben találunk.

[6] Mivel vitában állok minden olyan tudományfilozófiai felfogással, amelyik össze igyekszik mosni a tudományszociológiát magával a tudományos diskurzussal, hangsúlyozottan e diskurzuson kívül, mintegy személyes megjegyzésként teszem hozzá, hogy tisztában vagyok e megfogalmazás provokatív jellegével. A sarkos megfogalmazással igyekszem azonban visszaadni saját megrendültségemet, amit gondolatmenetem konklúziója felett éreztem, olyan fizikusként, aki korábban évekig kvantumgravitációval foglalkozott és relativitáselméletet tanított. Tény, hogy nem csak logikailag és racionálisan, hanem érzelmileg is benne élünk egy-egy paradigmában, melynek éveinket szenteljük!

miért, arra magyarázatod adok a könyv 25. oldalán, és különösen világossá válik abból a hosszabb passzusból, melyet Bell cikkéből idézek a 26.-27. oldalon. Érdemes talán még részletesebben megmutatnom.

Legyen K_1 és K_2 két egymáshoz képest (az egyszerűség kedvéért a z-tengely irányába v sebességgel) mozgó inerciarendszer. Tekintsük a következő két állítást:

$A(K_1, K_2) :=$ *A fizika K_1 rendszerben kísérletileg megállapított törvényei olyanok, hogy a K_2-vel együtt mozgó fizikai rendszer viselkedését megkapjuk, ha az ugyanilyen K_1-ben nyugvó rendszer viselkedésére vonatkozó feladatot oldjuk meg, és az eredményekben elvégezzük a (3) helyettesítést:*

$$\begin{aligned} x &\mapsto x' = x \\ y &\mapsto y' = y \\ z &\mapsto z' = \frac{z - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \\ t &\mapsto t' = \frac{t - \frac{vz}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \end{aligned} \tag{3}$$

$B(K_1, K_2) :=$ *A fizika K_1 rendszerben kísérletileg megállapított törvényei olyanok, hogy a (3) formulákban szereplő vesszős mennyiségek megegyeznek az olyan tér- és időkoordinátákkal, amelyeket a K_2 rendszerben mérnénk, olyan, a K_1 rendszerben tér- és időkoordináták mérésére használt műszerekkel, melyeket K_1-ből K_2-be átgyorsítottunk, de a K_2-beli használatukkor nem vesszük figyelembe, hogy közben deformálódtak.*

Ne foglalkozzunk egyelőre azzal, hogy ezek a mondatok igazak-e vagy sem, hanem előbb nézzük meg néhány tisztán analitikus (vagyis a mondatok egyszerű jelentéséből levezethető) következményüket. Tekintsük a következő mondatokat:

$C(K_1, K_2) :=$ *A fizika K_1 rendszerben kísérletileg megállapított törvényei olyanok, hogy a K_2-beli megfigyelő a fizika törvényeit ugyanolyan alakúnak észleli, mint K_1-beli kollégája, ha a szükséges méréseket ugyanúgy végzi el a K_1-ből K_2-be átgyorsított műszerekkel, de a K_2-beli használatukkor nem veszi figyelembe, hogy a műszerek közben deformálódtak.*

$D(K_1, K_2) :=$ *A fizika K_1 rendszerben kísérletileg megállapított törvényei olyanok, hogy a K_2-beli megfigyelő, csupán a fizika K_2-ben kísérletileg megállapított törvényeiből nem képes megállapítani a K_1 rendszerhez viszonyított mozgásának sebességét.*

Mármost világos, hogy $C(K_1, K_2) \Rightarrow D(K_1, K_2)$. Továbbá az is nyilvánvaló, hogy

$$A(K_1, K_2) \,\&\, B(K_1, K_2) \Rightarrow C(K_1, K_2) \Rightarrow D(K_1, K_2)$$

hiszen $D(K_1,K_2)$-t nem is tekinthetjük másnak, mint a $A(K_1,K_2)\ \&\ B(K_1,K_2)$ állítás hangzatosabb, didaktikusabb megfogalmazását. A továbbiakban foglalkozzunk csupán az alapvetőbb $A(K_1,K_2)\ \&\ B(K_1,K_2)$ állítással. Az is tisztán analitikus értelemben következik, hogy

$$(\exists K_1)(\forall K_2)[A(K_1,K_2)\ \&\ B(K_1,K_2)] \Rightarrow (\forall K_1)(\forall K_2)[A(K_1,K_2)\ \&\ B(K_1,K_2)]$$

Vegyük észre, hogy a jobb oldalon álló állítás nem más, mint amit Lorentz-elv$_3$-nak neveztünk:

$$\text{Lorentz-elv}_3 = (\forall K_1)(\forall K_2)[A(K_1,K_2)\ \&\ B(K_1,K_2)]$$

A Lorentz-elv$_1$ pedig nem más mint

$$\text{Lorentz-elv}_1 = (\forall K_2)\left[A\left(\text{ÉTER},K_2\right)\ \&\ B\left(\text{ÉTER},K_2\right)\right]$$

Az nyilvánvaló, hogy

$$\begin{aligned}\text{Lorentz-elv}_3 &= (\forall K_1)(\forall K_2)[A(K_1,K_2)\ \&\ B(K_1,K_2)]\\ &\Rightarrow (\forall K_2)\left[A\left(\text{ÉTER},K_2\right)\ \&\ B\left(\text{ÉTER},K_2\right)\right]\\ &= \text{Lorentz-elv}_1\end{aligned}$$

De fordítva is

$$\begin{aligned}\text{Lorentz-elv}_1 &= (\forall K_2)\left[A\left(\text{ÉTER},K_2\right)\ \&\ B\left(\text{ÉTER},K_2\right)\right]\\ &\Rightarrow (\exists K_1)(\forall K_2)[A(K_1,K_2)\ \&\ B(K_1,K_2)]\\ &\Rightarrow (\forall K_1)(\forall K_2)[A(K_1,K_2)\ \&\ B(K_1,K_2)]\\ &= \text{Lorentz-elv}_3\end{aligned}$$

Ez tulajdonképpen az a gondolatmenet, ami a 25. old. 24. lábjegyzete mögött van. Nem lényeges, hogy Lorentz történetesen hitt az éter létezésében. A lényeg az, hogy feltette, hogy a fizika általa ismert törvényei az éterhez rögzített inerciarendszerben igazak. E törvények tanulmányozásából viszont megállapította, hogy $(\forall K_2)\left[A\left(\text{ÉTER},K_2\right)\ \&\ B\left(\text{ÉTER},K_2\right)\right]$, s ha ez így van, – a fenti gondolatmenet alapján – az étert egy tetszőleges inerciarendszerrel felcserélhetjük.

A Lorentz-elv mögött a fizikai törvényekben megmutatkozó szimmetria tulajdonság felismerése természetesen fontos lépés volt a fizika történetében. (Eltekintve megint a „Mi lett volna, ha ...” kezdetű kérdésektől!) Egy szimmetriának azonban nem kell feltétlenül „téridő-szimmetriának” lennie, attól még ugyanolyan hasznos lehet. A fizika szempontjából semmi tétje nincs annak, hogy mit *nevezünk* térnek és időnek: ha az α,β változókat hívjuk tér- és időkoordinátáknak, akkor a Galilei-csoport lesz a téridő szimmetria-csoportja és a Lorentz-csoport valamilyen nem téridő szimmetriát kifejező csoport, ha a γ,δ párt nevezzük tér- és időkoordinátának, akkor pont fordítva.[7]

[7] Ha viszont döntöttünk a szóhasználat kérdésében, illik magunkat tartani a szavak pontos jelentéséhez, s ha ezt tesszük, akkor kiderül, hogy a Lorentz-elmélet azonos a relativitáselmélettel.

Befejezésül szeretném tisztázni a sebesség-összeadási képletre vonatkozóan általam a könyvben leírt gondolatmenetet, mellyel kapcsolatban Hraskó valami olyasmit kritizál, ami egy nyilvánvaló félreértésen nyugszik. (Hraskó jelöléseit folytatva) $\mathcal{K}_A$-ban kétféle mennyiséget definiálhatunk kísérletileg: melyeket a fentebb használt terminológiánkban úgy fejezhetünk ki, hogy $V_{BA}=\frac{\Delta\alpha}{\Delta\beta}$, és $\tilde{V}_{BA}=\frac{\Delta\gamma}{\Delta\delta}$. A nyelv szokásos szabályainak áthágása nélkül V_{BA}-t nevezhetjük „relatív sebességnek" akkor, ha az α,β párost neveztük „tér-" és „időkoordinátának" (mint ahogyan a Lorentz-elméletben használjuk e szavakat), és $\tilde{V}_{BA}$-t akkor, ha „tér-" és „időkoordináták" alatt a γ,δ változókat értettük (mint a relativitáselméletben). Erre mondom azt, hogy „a nyelv sok mindent kibír". Egyébként mindkét elméletben mindkét mennyiség értelmes és empirikusan is precízen definiált. Mindkét elmélet ugyanazokat állítja mindkettőről. Például $\tilde{V}_{BA}$-ra *mindkét elmélet szerint* a hiperbolikus forgatás szerinti formula lesz érvényes, V_{BA}-ra pedig *mindkét elmélet szerint* teljesül a Galilei-transzformációnak megfelelő egyszerű összeadás. Hraskó ellentmondást vél felfedezni ezen utóbbi megállapításom és egy olyan későbbi fejezetben leírt mondatom között, amelyben azt állítom, hogy „van határsebesség". Semmiféle ellentmondás nincs! A Lorentz-elmélettel kapcsolatos rövid fejezetet leszámítva a könyv többi fejezetében – előtte is, és utána is – a mindannyiunk számára megszokott és kényelmes relativisztikus téridő nyelvet használom, azaz a γ,δ-térképek nyelvét. Használhatnám, az α,β-változókban felírt törvényeket is, elvben. A „van határsebesség" egy γ,δ-kontextusban íródik le, és ott van. Empirikus ténye a világnak, hogy a valóságos kauzális hatások, a valóságos fizikai jelek (részecskék) terjedésének sebesség nem nagyobb, mint a fény terjedési sebessége, s ez a tény nyilván be van épülve a fizika empirikusan tesztelt törvényeibe. Ezt a tényt *ugyanazok* a fizikai törvények a γ,δ-térképek nyelvén egy egyszerű kinematikai limitként juttatják kifejezésre, míg az α,β-változók nyelvén, bonyolultabban, a mozgó objektumok viselkedésében. (A γ,δ-kinematikában ugyanis benne hagytuk a mozgó objektumok fizikáját a γ és δ változók (2) definíciójában, ha tetszik, a kinematikában.)