Kritikai észrevételek Szabó László "A nyitott jövő problémája" című könyvéhez[1]

Hraskó Péter

"Összegezve tehát, *a relativitáselmélet a Lorentz-elmélethez képest semmi újat nem hozott a fizikába..."* — olvassuk Szabó László új könyvének 42. oldalán[2]. Megalapozott-e ez a konklúzió? Szerintem egyáltalán nem: Ez következik a könyv 1.3-1.5 fejezeteivel kapcsolatos alábbi észrevételekből.

1.A tömegformula

A könyv 22. oldalán ezt olvassuk [3]:

"Figyelembe véve a Lorentz-féle, empirikusan ismert, tömegnövekedési formulát:[4]

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \tag{1}$$

a mozgásegyenlet ez:

$$\frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}\, \boldsymbol{a} = -e\left[\boldsymbol{E}(\boldsymbol{r}) + (\boldsymbol{v} \times \boldsymbol{B}(\boldsymbol{r}))\right]." \tag{2}$$

Mindenekelőtt szögezzük le, hogy (2) *nem* az elektron korrekt mozgásegyenlete sem a Lorentz-elméletben, sem a relativitáselméletben. A helyes egyenlet bármely tankönyvben megtalálható, az én *Relativitáselmélet* könyvemben[5] (a továbbiakban RTE) például ez a (2.5.12) formula:

$$\frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}\, \boldsymbol{a} = -e\left[\boldsymbol{E}(\boldsymbol{r}) - \frac{1}{c^2}(\boldsymbol{v} \cdot \boldsymbol{E})\boldsymbol{v} + (\boldsymbol{v} \times \boldsymbol{B}(\boldsymbol{r}))\right]. \tag{3}$$

A (3) mindkét oldala vektor, amelyet bontsunk fel egy $\boldsymbol{v}$-vel párhuzamos longitudinális, és egy $\boldsymbol{v}$-re merőleges tranzverzális komponensre. A longitudinális komponensre az

$$m' \boldsymbol{a}_{\|} = -E_{\|}(\boldsymbol{r}) \tag{4}$$

[1] Typotex, 2002.

[2] A továbbiakban a zárójelbe tett oldalszámok erre a könyvre vonatkoznak.

[3] Néhány jelölést megváltoztattam: A vektoriális szorzást $\times$-el, a sebességet $\dot{\boldsymbol{r}}$ helyett $\boldsymbol{v}$-vel, a gyorsulást $\ddot{\boldsymbol{r}}$ helyett $\boldsymbol{a}$-val jelölöm. Az SI egységrendszert használom, amely szerint a (2)-ben a vektoriális szorzat előtt nincs $1/c$ faktor.

[4] A tömegnövekedési formula a relativisztikus fizikában is empirikus ténye a világnak, hiszen a relativisztikus mechanikát a téridő geometriájáról tett állításokat követően külön kell "megalkotnunk", vagyis — mint minden más fizikai elméletet — az empíriára építjük. (Szabó L. lábjegyzete)

[5] Typotex, 2002.

skaláregyenletet kapjuk, amelyben

$$m' = \frac{m_0}{(1 - v^2/c^2)^{3/2}} \tag{5}$$

az u.n. longitudinális tömeg. A tranzverzális egyenlet megmarad vektoregyenletnek, mert a jobboldal két tagja általában nem párhuzamos egymással:

$$m''\boldsymbol{a} = -e\left[\boldsymbol{E}_\perp(\boldsymbol{r}) + (\boldsymbol{v} \times \boldsymbol{B}(\boldsymbol{r}))\right], \tag{6}$$

amelyben

$$m'' = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \tag{7}$$

a tranzverzális tömeg. A (2) tehát csak abban a speciális esetben érvényes, amikor a sebesség merőleges az elektromos mezőre.

A (3) mozgásegyenletet a relativitáselméletre hivatkozva írtuk fel, de Lorentz elméletében is érvényes: Az (5), (7) képletek tőle származnak, az m', m'' jelölést is az ő könyvéből vettem (*Elektronelmélet*, 2.kiadás, 1915). Egyik tömegnek se tulajdoníthatunk nagyobb jelentőséget, mint a másiknak, mert mindkettő a tehetetlenség mértéke: Az m' akkor, amikor az erő párhuzamos a sebességgel, az m'' pedig akkor, amikor merőleges rá. Mindkét tömegnek kizárólag a megfelelő körülmények között érvényes mozgásegyenlet kontextusában van értelme és empirikusan egyedül az elektronok trajektóriájának a vizsgálata útján ellenőrizhető. A W. Kaufmann nevéhez fűződő kísérletek eredményei a századforduló éveiben kezdtek ismertté válni.

Az $\dfrac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$ kombináció más szempontból unikális: Ennek a kifejezésnek a c^2-szerese a v sebességgel mozgó elektron energiája, amely a mozgatóerő — a (3) jobboldala — által végzett munka arányában nő vagy csökken.

Csak a longitudinális erő végez munkát, amelynek a teljesítménye $-eE_\| v_\|$-vel egyenlő. A (4) és az (5) szerint ez a teljesítmény időderiváltként,

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}\right) = \frac{d}{dt}(m'c^2)$$

alakban is felírható. Ennek az egyenletnek — az energiamegmaradás tételének — a következtében az elektron kinetikus energiája

$$W = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} - m_0 c^2 \tag{8}$$

-el egyenlő. Az integrációs állandót úgy választottuk meg, hogy — a kinetikus energia fogalmának megfelelően — a nyugvó elektronra W legyen nulla.

A (8) képletet Lorentz a könyvében nem írja fel explicite, de a hozzá vezető gondolatmenetet tárgyalja (180.§) és rámutat, hogy ez a W nem fér össze azzal a móddal, ahogyan m'-t eredetileg származtatta. Lorentz ugyanis mind az (5) mind a (7) formulát abból kiindulva kapta meg, hogy ezek a tömegek tisztán elektromágneses eredetűek, az elektron önmagára való visszahatásából származnak (27.§). Ugyanebből a fizikai elgondolásból kiindulva a mozgó elektron energiáját, mint térenergiát is ki tudta számítani, de ez az energia *nem volt egyenlő* W-vel.

Einstein 1905 júniusi cikkében, amelyben első ízben fogalmazta meg a relativitáselméletet, szerepel a (8) képlet. Ekkor még nem tudta, hogy a nyugvó testnek is van energiája, amely m_0c^2-el egyenlő. Ezt a felismerést, amely egyáltalán nem következik az elektron mozgásegyenletéből és speciális megfontolást igényel, csak három hónappal később, 1905 szeptemberi dolgozatában fogalmazta meg (a gondolatmenetet ld. RTE 2.6 fejezetében). Csak ezután írhatta fel a v sebességgel mozgó test teljes energiájára érvényes

$$W + m_0c^2 = \frac{m_0c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \tag{9}$$

képletet.

Most megvizsgálhatjuk, indokolt-e Szabó álláspontja, amely szerint (1) a Lorentz-elmélet empirikusan ismert tömegnövekedési formulája, amelyet a relativitáselméletben is az empíria alapján vezetnek be.

Az, hogy ez az álláspont *történetileg* semmiképpen sem tartható, az eddigiekből nyilvánvaló. De a *tartalmi* oldallal sem sokkal jobb a helyzet. Az m'-re és az m''-re vonatkozó empirikus ismeretek az elektroneltérítési kísérletekből származnak. A közvetlen kísérleti információt természetesen az elektronok pályája képezi, amelynek alapján a mozgási energia (8) képlete is ellenőrizhető, de ez a képlet — mint az energia képlete a mechanikában általában — nem tartalmaz a trajektóriákhoz képest semmiféle többletet. Az energiának a mechanikában a mozgásegyenletek integrálásánál van szerepe — de ha a trajektóriákat már ismerjük, az energiáról akár el is feledkezhetünk.

Az (9) jobboldala ezzel szemben messze túlmutat az elektroneltérítési kísérleteken. A cikke végén Einstein maga utal rá, hogy a radioaktív bomlásban ellenőrizhetjük olymódon, hogy megvizsgáljuk: egyenlő-e a végtermékek kinetikus energiája az össztömeg csökkenésével. 1905-ben semmiféle empirikus tény sem támasztotta alá vagy cáfolta a (9) összefüggést, mert ez olyan lehetőségre mutatott rá, amelyre korábban senkise gondolt.

Einstein felfogásában a részecskék tömege független a töltésüktől, ezért a relativitáselmélet képletei semleges részecskékre is vonatkoznak és arra sincs szükség, hogy ezek töltött alkotórészekből álljanak. Az $E = mc^2$ képletet Einstein ugyan olyan gondolatmenettel vezette le, amelyben az elektromágneses hullámok fontos szerepet játszanak, de rámutatott, miért általános érvényű ez az összefüggés, vagyis miért következik be pl. melegítés hatására is tömegnövekedés.

Lorentz könyvében nem fordul elő a szabad tömegpont teljes energiáját meghatározó (9) formula. Ha felmerült volna Lorentzben az a gondolat, hogy a nyugvó tömeghez — a tömeg elektromágneses elméletétől függetlenül — általában tartozik energia, bizonyára ő is kapcsolatba hozta volna a radioaktivitással, amelyet 1896-ban fedezett fel Bequerel (Lorentz elmélete ekkorra már lényegében készen állt).

Természetesen megpróbálkozhatnánk legalább utólag[6] tisztázni: következik-e Lorentz elméletéből az $E = mc^2$ képlet azzal az értelmezésével együtt, amit Eistein adott neki. Ezt a feladatot azonban Szabónak kell elvégeznie, ha komolyan gondolja, hogy a relativitáselmélet semmi újat sem hozott a Lorentz-elmélethez képest.

2.Lorentz-elvek

A Lorentz-elméletben az Einstein-féle relativitási elvet (RTE 18.old.) a *Lorentz-elv* helyettesíti (25.old.):

"*A fizika törvényei olyanok, hogy bármely fizikai rendszer az éterhez viszonyított mozgás hatására úgy deformálódik (értsd ez a mozgás úgy módosítja a rendszer viselkedésére vonatkozó, a fizika szokásos törvényeiből levezetett eredményeket), hogy ebből az eredményből nem állapíthaó meg egyetlen vonatkoztatási rendszernek sem az éterhez viszonyított sebessége.*"[7]

A lábjegyzetről egy pillanatra feledkezzünk el. Lorentz maga ezt az elvet "az összetartozó állapotok elvének" nevezte és kizárólag az éterben nyugvó koordinátarendszer x, y, z koordinátáit hozta összefüggésbe a valódi térrel. Ugyanígy, csak az éterhez képest nyugvó órák t mutatóállását tekintette valódi (idézőjel nélküli) időnek. Az éterhez képest mozgó koordinátarendszerek vesszős x', y', z' t' változóit "időnek" és "térnek" tekintette és mint Szabó írja (25.old.) "az idézőjel — *legalábbis Lorentz számára* [az én kiemelésem] — nagyon fontos!".

Olvassuk el most a lábjegyzetet, amelyből nyilvánvaló, miért *csak* Lorentznek volt fontos a vesszős változók idézőjelbe tétele: Ha egyszer az éter kitüntetett voltát, ami a Lorentz elmélet fundamentuma volt, megszüntetjük és az étert tetszőleges inerciarendszerrel helyettesítjük, akkor valóban nem logikus fenntartani a vesszős és a vesszőtlen változók lényegi különbözöségét.

Pontosan ezt a helyettesítést hajtotta végre Einstein, amikor hipotézisként kimondta az összes inerciarendszer teljes ekvivalenciáját és ezzel létrehozta a relativitáselméletet. Maga Lorentz ezt a lépést önmagától (vagyis Einstein előtt) sohasem tette meg. Az általa felfedezett Lorentz-transzformációt ugyanis sohasem két *tetszőleges* inerciarendszer közötti transzformációként fogta fel, hanem az éterhez képest nyugvó és a hozzá képest mozgó inerciarendszerek közötti kapcsolatnak tekintette (ld. az *Elektronelmélet* 169-177 szakaszait, amelyekben kizárólag az éterben nyugvó S_0 és a hozzá képest mozgó S közötti viszonyról van szó[8]). Ennek a korlátozott nézőpontnak a következtében Lorentz számára egyáltalán nem volt lényeges, hogy az általa felfedezett transzformációk *cso-*

[6] Ezzel a lehetőséggel kapcsolatban ld. alább a *Konvencionalizmus* című részt is.

[7] Az "éter" szót itt csak történeti okokból, Lorentz kedvéért említjük, valójában tetszőleges inerciarendszerre gondolunk. (Szabó L. lábjegyzete)

[8] Az *Elektronelmélet* 2.kiadásának szövege azonos az 1.kiadáséval, amely 1909-ben jelent meg és a Columbia Egyetemen 1906-ban megtartott előadásokon alapult. Az új kiadást azonban Lorentz új jegyzetekkel egészítette ki. A 169.szakaszhoz, amelyben a Lorentz-transzformációt vezeti le, többoldalas jegyzetet fűzött, amely így kezdődik: "Ha ma kellene megírnom ezt a fejezetet, természetesen sokkal előkelőbb helyet biztosítottam volna Einstein relativitáselméletének [az alapszövegben csak röviden utal rá H.P.], mert ennek az elméletnek köszönhetően a mozgó közegek elektrodinamikája olyan egyszerűségre tesz szert, amelyet nekem nem sikerült elérnem."

portot alkotnak — minden jel szerint erről nem is volt tudomása. A relativitáselmélet szempontjából viszont a Lorentz-transzformációk csoport jellege alapvető jelentőségű és ez a tulajdonság már Einstein 1905 júniusi cikkéből nyilvánvaló (noha a "csoport" szó a cikkben nem fordul elő). Az inerciarendszerek ekvivalenciája ugyanis a matematika nyelvére lefordítva pontosan ezt jelenti. A Lorentz-transzformációk csoport-tulajdonsága vezet el a relativisztikus sebességösszeadási törvényre, mert ha ezt a transzformációt természetes módon a koordinátarendszerek relatív sebességével parametráljuk, akkor

$$\Lambda(V_1)\Lambda(V_2) = \Lambda\left(\frac{V_1 + V_2}{1 + V_1 V_2/c^2}\right).$$

A Lorentz-transzformációk csoporttulajdonsága tisztán matematikai nézőpontból is felismerhető, ha a Maxwell-egyenletek invariancia-csoportjaként keressük őket. A matematikus Hadamard valamikor a XIX. század végén ezen az úton találta meg a Lorentz-csoportot, amelyet azonban fizikailag érdektelennek ítélt, mivel az idő transzformációját is tartalmazta (RTE 391.old.).

A fogalmi tisztázás érdekében mindezek alapján célszerű megkülönböztetni a Lorentz-elv három különböző értelmezését:

Nevezzük a könyv 25. oldalán megfogalmazott Lorentz-elvet (ld. fentebb) *Lorentz-elv*$_1$-nek. Ez felel meg Lorentz eredeti felfogásának, ezért

$$\text{Lorentz-elv}_1 \;\equiv\; \text{az összetartozó állapotok elve.}$$

Helyettesítsük most ebben a meghatározásban az "éter" szót az "egy bizonyos kitüntetett inerciarendszer" kifejezéssel és nevezzük az így értelmezett elvet *Lorentz-elv*$_2$-nek. Végül helyettesítsük az "éter" helyébe a "tetszőleges inerciarendszer" kifejezést, és legyen az így kapott elve neve *Lorentz-elv*$_3$.

A 25.oldal lábjegyzete szerint (itt a 7. lábjegyzet) Szabó Lorentz-elven a Lorentz-elv$_3$-t érti. De, mint már utaltunk rá,

$$\text{Lorentz-elv}_3 \;\equiv\; \text{relativitáselmélet.}$$

A Lorentz-elv$_3$ szerint ugyanis *bármely* inerciarendszer helyettesítheti a Lorentz-elv$_1$ éterhez rögzített inerciarendszerét és ennek következtében automatikusan osztozik az éterhez rögzített inerciarendszernek abban a tulajdonságában, hogy a nyugvó órák mutatják a valódi időt és a nyugvó méterrudak mérik a valódi távolságot. Pontosan ebből indul ki a relativitáselmélet is.

A Lorentz-elv$_2$ egyedüli értelme az, hogy a Lorentz-Abraham elmélet önellentmondó tulajdonságokkal felruházott étere nélkül lehessen elkerülni a tér és az idő relativizálását. A Lorentz-elv$_2$ kitüntetett koordinátarendszere *az üres térben* van kitüntetve, ezért csak elnevezésében más, mint az abszolút tér. Ezt a koordinátarendszert ugyanis az tünteti ki, hogy az üres (geometriai) tér pontjai egyedül hozzá képest rendelkeznek állandó koordinátákkal (vagy egyedül hozzá viszonyítva mozognak meghatározott konstans sebességgel).

Sajnos Szabó nem különbözteti meg egymástól a Lorentz-elv különféle értelmezéseit. Amikor azt hangsúlyozza, hogy a Lorentz-elv ugyanazokra a megfigyehető következményekre vezet, mint a relativitáselmélet, Lorentz-elven a

Lorentz-elv$_3$-t érti, amikor pedig a relativitáselmélet diszkreditálása a célja, akkor a Lorentz-elv$_1$-t.

3.A relatív sebesség

Tekintsük az $\boldsymbol{A}$, $\boldsymbol{B}$ tömegpontokat, amelyek a $\mathcal{K}_0$ inerciarendszerben konstans V_A, V_B sebességgel mozognak az x-tengely mentén. Legyen $\mathcal{K}_A$ az az inerciarendszer, amelyben $\boldsymbol{A}$ nyugszik és legyen

$$\tilde{V}_{BA} \stackrel{def}{=} \text{a } \boldsymbol{B} \text{ sebessége } \mathcal{K}_A\text{-ban.} \tag{10}$$

A $\boldsymbol{B}$ $\boldsymbol{A}$-hoz viszonyított relatív sebességén ezt a mennyiséget értjük.

Kérdés: Hogyan fejezhető ki $\tilde{V}_{BA}$ a V_A-n és a V_B-n keresztül?

Tekintsük a $\mathcal{K}$ és a $\tilde{\mathcal{K}}$ inerciarendszert. A $\tilde{\mathcal{K}}$ V sebességgel mozog $\mathcal{K}$-hoz viszonyítva a közös x-tengely mentén és a két origó $t = 0$-ban fedi egymást. A Δx egy tömegpont által Δt idő alatt megtett út, amelyet a $\mathcal{K}$-ban nyugvó méterrudakkal és órákkal határoztunk meg. A $\Delta\tilde{x}$, $\Delta\tilde{t}$ definíciója ugyanez a $\tilde{\mathcal{K}}$-hoz viszonyítva. A newtoni mechanikában ezek között a mennyiségek között a

$$\Delta x = \Delta\tilde{x} + V\Delta t \qquad \Delta t = \Delta\tilde{t} \tag{11}$$

Galilei transzformáció (RTE 1.2 fejezet) adja meg kapcsolatot.

A (11)-ből következik a

$$v = \tilde{v} + V \tag{12}$$

Galilei-féle sebességösszeadási törvény, amelyben $v = \dfrac{\Delta x}{\Delta t}$ a tömegpont $\mathcal{K}$-beli, $\tilde{v} = \dfrac{\Delta\tilde{x}}{\Delta\tilde{t}}$ pedig $\tilde{\mathcal{K}}$-beli sebessége.

Esetünkben $v = V_B$, $\tilde{v} = \tilde{V}_{BA}$ és $V = V_A$, ezért a kérdésünkre a válasz a következő:

$$\tilde{V}_{AB} = V_B - V_A. \tag{13}$$

A relativitáselméletben a Galilei transzformáció szerepét a Lorentz-transzformáció veszi át, ezért ugyanerre a kérdésre más választ — (13) helyett más képletet — kapunk.

Szabó szerint azonban az a $\tilde{V}_{BA}$, amelyet ez az új, viszonylag bonyolult képlet határoz meg, már *nem* a $\boldsymbol{B}$ test $\boldsymbol{A}$-hoz viszonyított relatív sebessége! Relatív sebességen szerinte most is a (13) jobboldalát kell érteni[9]:

$$\text{A } \boldsymbol{B}\ \boldsymbol{A}\text{-hoz viszonyított (relatív) sebessége} \stackrel{def}{=} V_B - V_A \equiv V_{BA}. \tag{14}$$

Ez van ugyanis összhangban a szemléletünkkel. A $\tilde{V}_{BA}$ (10) definíciója továbbra is érvényben marad, és a "relativitáselmélet hívei" akár nevezhetik is relatív sebességnek, mert "a nyelv sok mindent kibír. Ha világosan megmondjuk, mit értünk e terminus alatt, akkor ennek semmi akadálya!"(40.old.)

---

[9]"A relativitáselmélet és a Lorentz-elmélet hívei megegyeznek abban, hogy erre a w [itt most V_{BA}] sebességre fennáll a hagyományos összeadási szabály." (40.old.) Valóban fennáll, hiszen így lett definiálva.

Mondjuk meg hát világosan, mit kell értenünk a $\tilde{V}_{BA}$ mennyiségen, azaz vezessük le a $V_{BA}(\equiv V_B - V_A)$ relatív sebesség [?] és a $\tilde{V}_{BA}$ kapcsolatát. Kövessük Szabó gondolatmenetét (39-40. old.)[10]:

Mostantól kezdve $\mathcal{K}_0$ legyen az éterhez rögzített inerciarendszer[11]. A (14)-nek megfelelően

$$\tilde{V}_{BA} = \frac{\Delta\tilde{x}}{\Delta\tilde{t}},$$

ahol $\Delta\tilde{x}$ a $\boldsymbol{B}$ által $\Delta\tilde{t}$ idő alatt megtett út, amelyet a $\mathcal{K}_A$-ban nyugvó méterrudakkal és órákkal határoztunk meg. A Lorentz-kontrakció következtében a $\mathcal{K}_A$-ban nyugvó méterrudak $\mathcal{K}_0$-ból nézve csak $\sqrt{1 - V_A^2/c^2}$ méter hosszúságúak, ezért a $\Delta\tilde{x}$ távolság $\mathcal{K}_0$-beli (valódi) hosszúsága

$$\Delta x = \Delta\tilde{x}\sqrt{1 - V_A^2/c^2}. \tag{15}$$

Hasonlóan, a $\mathcal{K}_A$-ban nyugvó órák $\sqrt{1 - V_A^2/c^2}$-szer lassabban járnak, mint a valódi idő múlása, ezért a szóbanforgó távolság megtételéhez

$$\Delta t = \frac{\Delta\tilde{t}}{\sqrt{1 - V_A^2/c^2}} \tag{16}$$

valódi idő szükséges.

A $\mathbf{B}$ test relatív sebessége tehát[12]

$$V_{BA} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \left(1 - \frac{V_A^2}{c^2}\right)\frac{\Delta\tilde{x}}{\Delta\tilde{t}} = \left(1 - \frac{V_A^2}{c^2}\right)\tilde{V}_{BA}. \tag{17}$$

Ez a képlet határozza meg Szabó szerint a (10)-ben definiált $\tilde{V}_{BA}$ és az (14)-ben definiált relatív sebesség kapcsolatát. Ezt a V_{BA}-t (14)-be írva kapjuk a $\mathbf{B}$ test $\mathcal{K}_0$-beli sebességére a

$$V_B = \left(1 - \frac{V_A^2}{c^2}\right)\tilde{V}_{BA} + V_A \tag{18}$$

képletet, amely azonos a könyv 40. oldalán felírt összefüggéssel.

Lapozzunk most előre az 50. oldalra, ahol ezt a mondatot találjuk:

"Nem a teljes relativitáselmélet és még csak nem is az inerciális vonatkoztatási rendszerek relatív mozgása az, amely maga után vonja az egyidejűség fogalmának konvencionális jellegét, hanem *az az egyszerű* [?] *természeti tény, hogy van határsebesség.*"[13]

Valóban van? Ha így volna, akkor azt kellene kapnunk, hogy akármekkora $V_A < c$ sebességgel mozogjon is $\mathcal{K}_0$-ban az $\mathbf{A}$ test, a V_B sohasem éri el a fénysebességet, kivéve, amikor a $\mathbf{B}$ test relatív sebessége $\mathbf{A}$-hoz képest c-vel egyenlő ($V_{BA} = c$). Ekkor $\mathbf{B}$-nek $\mathcal{K}_0$-ban c sebességgel kell mozognia ($V_B = c$).

---

[10] Szabó jelöléseiben $V \equiv V_B$, $v \equiv V_A$, $w \equiv V_{BA}$, $\tilde{w} \equiv \tilde{V}_{BA}$ és (14) azonos a könyv (1.6) képletével.

[11] Erre a kikötésre csak a Lorentz-elv$_1$ esetében van szükség. A Lorentz-elv$_3$ szerint $\mathcal{K}_0$ lehet tetszőleges inerciarendszer.

[12] Szigorúan követjük Szabó gondolatmenetét. Csak ezen belül látszik logikusnak a $\Delta x/\Delta t$ hányadost V_B helyett V_{BA}-val azonosítani.

[13] A kiemelés Szabóé, a kérdőjel az enyém.

A (14) szerint azonban természetesen $V_B = V_A + c$ (feltettük, hogy V_A és a V_{BA} relatív sebesség egyaránt pozitív irányú), tehát $\boldsymbol{B}$ a fénynél gyorsabban mozog. Ez annyira nyilvánvaló következménye (14)-nek, hogy minden számítás nélkül is világos: A $V_B - V_A$ különbség *nem lehet egyenlő* a relatív sebességgel — a sebességösszeadás (12) törvénye nem maradhat érvényben — ha a fénysebesség határsebesség.

A határsebességre vonatkozó meggondolásokban tehát mégis csak a (10)-ben definiált $\tilde{V}_{BA}$-nak kell szerephez jutnia. De ez sem segít. Ekkor ugyanis $V_{BA} = c$ helyett $\tilde{V}_{BA} = c$ és (18) szerint

$$V_B = \left(1 - \frac{V_A^2}{c^2}\right) c + V_A \neq c.$$

Azonban számolhattunk volna másképpen: Abban a gondolatmenetben, amely a (11) Galilei-transzformációtól elvezetett a (13) formulához, a Galilei transzformációt egyszerűen Lorentz-transzformációval kellett volna helyettesítenünk. A Lorentz-transzformációk érvényességét Szabó nem vonja kétségbe és a 25. oldalon fel is írja őket (1.4 formula). Esetünkre alkalmazva ezek a következők:

$$\Delta x = \frac{\Delta\tilde{x} + V_A \cdot \Delta\tilde{t}}{\sqrt{1 - V_A^2/c^2}} \qquad \Delta t = \frac{\Delta\tilde{t} + V_A \cdot \Delta\tilde{x}/c^2}{\sqrt{1 - V_A^2/c^2}}.$$

Ha a Lorentz-kontrakció és az idődilatáció képlete helyett a Lorentz-transzformációt használjuk **B** sebességének a kiszámítására, (17) helyett a

$$V_B = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{\Delta\tilde{x} + V_A \cdot \Delta\tilde{t}}{\Delta\tilde{t} + V_A \cdot \Delta\tilde{x}/c^2} = \frac{\tilde{V}_{BA} + V_A}{1 + V_A \cdot \tilde{V}_{BA}/c^2} \tag{19}$$

képletre jutunk. Ha ebben a képletben $\tilde{V}_{BA}$ helyébe a fénysebességet írjuk be, V_B-re is fénysebességet kapunk.

A (19) a relativitáselmélet sebességösszeadási képlete. Mivel a Lorentz-elv$_3$ egyenértékű a relativitáselmélettel, Szabónak is ezt kellett volna kapnia. A hibát azzal követte el, hogy a Lorentz-kontrakció és az idődilatáció képletét alkalmazta a Lorentz-transzformáció helyett.

A Lorentz-kontrakció képlete egy rúd végpontjai által leírt párhuzamos *világvonalak* távolságára vonatkozik. A gondolatmenetben szereplő Δx (és $\Delta\tilde{x}$) azonban *egyetlen* világvonal két *pontja* közötti távolság. Az idődilatáció — megfordítva — egyetlen órára vonatkozik, a Δt (és a $\Delta\tilde{t}$) időkülönbségek viszont két különböző óra mutatóállasa alapján határozhatók meg, amelyek $\mathcal{K}_0$-ban (ill. $\mathcal{K}_A$-ban) nyugszanak.

4.Konvencionalizmus

"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."(36.old.)

Ezt a súlyos kijelentést Szabó egy Poincarétól származó példára alapozza: "Gondoljunk el kétdimenziós lényeket, akik arra vannak kárhoztatva, hogy egy közönséges euklideszi körlap belsejében éljék életüket. Vannak méterrúdjaik, melyekkel távolságot tudnak mérni. A körlap hőmérséklete a középponttól kifelé haladva a $T(r) = T_0(R^2 - r^2)/R^2$ formula szerint csökken. Méterrúdjaik a hőmérséklettel arányosan változtatják hosszukat, tehát a kör széléhez közeledve a méterrudak hossza nullához tart. Poincaré megmutatta, hogy ha e körlap lakói úgy veszik, hogy méterrúdjaik hossza mindenütt egyforma, akkor arra a konklúzióra jutnak, hogy *egy végtelen kiterjedésű, konstans negatív görbületű Bolyai-Lobacsevszki felületen* élnek."(31.old.)

Ebből a példából azonban tökéletesen hiányzik a tudomány működésének egy egészen alapvető vonása — az, hogy ha egy tényt egy másik tény következményére vezetünk vissza, akkor ez mindaddig nem tekinthető magyarázatnak, amíg ennek a "magyarázó" ténynek az érvényességét független módon nem demonstráltuk. Tisztában vagyok vele, hogy itt olyan terminusokat használok (tény, magyarázat, érvényesség), amelyek jelentése távolról sem evidens, ezért inkább példára hivatkozom.

A Merkur bolygó anomáliájára (perihélium vándorlására, RTE 139.old.) számos magyarázatot javasoltak. Az egyik pl. az volt, hogy a tömegvonzás $F = GMm/r^2$ törvényében a nevezőben valójában $r^{2+\alpha}$ áll, mert az α konstans alkalmas megválasztásával el lehet érni, hogy a Merkur megfigyelt pályája összhangba kerüljön a mozgásegyenletekkel. Ehhez elég, ha α csupán $\sim 10^{-6}$ nagyságrendű, ezért ez a változtatás egyáltalán nem rontja el a Newton-elmélet többi, Naprendszerre vonatkozó predikcióját.

Látszólag minden rendben van, a javaslat mégsem tekinthető az anomália magyarázatának, éspedig pontosan azért, mert nincs egyéb megfigyelhető következménye.

Azt az értelmezést viszont, amit az általános relativitáselmélet nyújt az anomáliára, már magyarázatnak tekintjük, mert ezt az elméletet Einstein a Merkur anomáliától független tapasztalati anyagra — a súlyos és a tehetetlen tömeg egyenlőségére — alapozta.

Ha Poincaré példája a valóságos tudomány hatáskörébe esne, azonnal felvetődne a kérdés, hogy melyik interpretációt — a geometriait vagy a hőmérsékleten alapulót — lehet tapasztalatilag igazolni. A hőmérsékleten alapuló magyarázat nyilván csak akkor fér össze a termodinamikával, ha a középpontban van valamilyen hőforrás. Ha tényleg felfedezhető ott egy megfelelő tulajdonságú égitest, akkor a fizikai magyarázat javára billen a mérleg, bár természetesen a további bizonyítékok keresése egyáltalán nem szűnik meg. Ha azonban nyoma sincs égitestnek, új alternatíva lép fel: Amennyiben a helyzetet stacionérnek tekintjük, a hőmérsékleti gradiens léte ellentmond a termodinamikának és a geometriai értelmezés kerül előtérbe. Ez azonban elkerülhető, ha feltesszük, hogy volt Nagy Bumm, és azóta még nem telt el elég idő ahhoz, hogy beálljon a termikus egyensúly.

Világos, hogy ezt a csacsi példát még tovább lehetne ragozni és csak a "végtelen (vagy legalábbis jó hosszú) történet" hasonlítana a tudomány valóságos működéséhez. Nyilvánvaló, hogy minden pillanatban működnek konvenciók, de ugyanakkor állandóan folyik az éppen aktuális konvenciók rostája olyan kritériumok alapján, amelyek az elméletek szempontjából "transzcendens" elemet is tartalmaznak.

Mindez arra vezet, hogy a kétségtelenül meglévő konvencionális összetevő ellenére a fizika nem esik szét két olyan egymással párhuzamosan folyamatosan működő gondolatrendszerre, amelyek gyökeresen eltérő alapokon működnek, mégis egyenlő — vagy legalábbis összemérhető — mértékben sikeresek a fzikához tartozó feladatok megoldásában. A paradigmák időben természetesen váltják egymást, de ez a folyamat *egyetlen fizikatörténetté* áll össze.

Azt jelenti ez, hogy a fizikai jelenségeket nem is lehetett volna egészen más alapelvekből kiindulva megmagyarázni? Nem, nem jelenti ezt. *De az ellenkezőjét sem jelenti!* Csak akkor lehetnénk biztosak benne, hogy a fizika alapjai lényeges módon konvencionálisak, ha folyamatosan létezhetne több különböző alapokon nyugvó fizikatörténet. Ki lehet jelenteni *ex cathedra*, hogy létez*hetnének* ilyenek, de egy ilyen állításnak nincs semmi súlya. Az egyedüli bizonyíték az lenne, ha találkoznánk olyan idegen civilizációval, amelynek — valószínűleg szintén egyetlen — fizikatörténete lényegesen más kiindulópontokon nyugodna, mint a miénk.

Az, hogy csak egyetlen fizikatörténetünk van, azt sem jelenti, hogy ez a lehető legjobb fizikatörténet. De *elvileg lehetetlen* rekonstruálni, hogyan alakultak volna a dolgok, ha egy-egy lényeges felismerést, amely ilyen vagy olyan ok miatt igazságtalanul marginalizálódott, szervesen beépült volna a fizikába.

Ezért tartom tökéletesen légből kapottnak Szabó állítását, hogy Lorentz és Einstein elmélete ugyanaz, mert "*mindkét elmélet szerint ugyanazok a fizika törvényei.*" (40.old.) Ez igaz a Maxwell-egyenletekre, de honnan tudhatnánk, hogy igaz az általános relativitáselméletre, a kvantumelektrodinamikára, a gyenge kölcsönhatások fizikájára? Milyen alapon lehet azt állítani például, hogy a Dirac-egyenlethez biztosan el lehetett volna jutni Lorentz elméletéből kiindulva is, amely — ha megmarad annak, ami, és nem alakul át relativitáselméletté — nem ismeri a Lorentz-csoportot? Ha valaki tényleg be akarná bizonyítani, hogy a Lorentz-elmélet és a relativitáselmélet közötti választás csupán konvenció, ki kellene zárnia a tudatából mindazt, ami 1905 óta történt a fizikában, maga elé kellene tennie Lorentz *Elektronelmélet* könyvét és kizárólag a korabeli fizikai ismeretek alapján, az Einstein-féle relativitási elvre való támaszkodás nélkül le kellene belőle származtatnia mindazt, amit ma a relativitáselmélet közvetlen vagy közvetett következményének tartunk.