

"Görbült-e a tér? Poincaré, Einstein, Jánossy és Harvey Brown a fizika geometrizálásáról"

Székely László (MTA, BTK Filozófiai Kutatóintézet)

Összefoglaló:

A kérdésre, „görbült”-e a tér – azaz az eukleidészi geometriától különbözik-e szerkezete – ma mind a hivatalos, mind a népszerű tudományban egyértelműnek tűnik a válasz: ott ahol tömeg található, a tér – illetve a téridő – „görbült”, hiszen a relativitáselmélet „bebizonyította”, hogy a tömeg hatására a téridő szerkezete elveszíti eukleidészi jellegét, és a téridőnek éppen ez a nem eukleidészi jellege az, ami a gravitációs jelenségek oka. Előadásomban Poincaré és Einstein – továbbá részben Jánossy Lajos és Harvey Brown – vonatkozó művei alapján meg fogom mutatni, hogy ez a kérdés nem ilyen egyszerű: a téridő görbültsége nem a természet, illetve nem a fizikai tér és idő jellegére vonatkozó objektív fogalom, az nem a tér és az idő elméleteinktől független sajátossága. Poincaré tézise érvényes: a fizikai geometria csak akkor jöhet létre, ha a fizikai jelenségeket és a geometriát egymáshoz rendeljük, és az egymáshoz rendelés módjának megválasztásában szabadságunk van. Ha Einstein olyan fizikát alkotott, amely a nem eukleidészi terekkel dolgozik, akkor ez nem a tapasztalati fizikai világ megkérdőjelezhetetlen kényszeréből, hanem Einstein filozófiai nézeteiből és racionalitáskonceptiójából fakad, mellyel szemben alternatív elképzelések fogalmazhatóak meg. Mindez azonban nem vezet a fizikai elméletalkotás önkényességéhez: a megválasztott geometriával minden esetben ugyanazon megfigyelhető fizikai jelenségeket és összefüggéseket kell leírnunk. **Az einsteini filozófiai koncepció megkérdőjelezése nem jogosít fel bennünket a relativitáselmélet elvetésére, és Einstein-ellenes, antirelativisztikus nézetek hangoztatására.** Éppen ellenkezőleg: a filozófiai megfontolások csak a mai fizika keretében általánosan elfogadott fizikai tapasztalatnak, továbbá a relativitáselmélet matematikai-fizikai magjának és az einsteini elméletnek, mint e mag egy lehetséges értelmezésének elismerésén alapulhatnak. **Az eltérő filozófiai megközelítésekből nem következik az einsteini elmélet „cáfolata”:** a filozófiai elemzés csupán az einsteini koncepcióval fenomenológiailag és matematikailag kompatibilis alternatív magyarázatok lehetőségére hívhatja fel a figyelmet. Mindezek nyomán tudományos tételként kijelenthető, hogy a „tér görbültség”-re vonatkozó kérdés nyitott, de nem abban az értelemben, hogy vajon az „igen” vagy „nem” a helyes válasz-e rá, hanem

- 1.) egyrészt abban az értelemben, hogy a geometriának a fizikai térhez való rendelése során a Poincaré-féle tétel alapján adó két logikailag lehetséges út közül melyiket ésszerűbb választani a modern fizika kontextusában;
- 2.) valamint abban a tekintetben, hogy vajon kielégítő-e a relativitáselméletben ma alkalmazott geometria leírás és magyarázat, vagy éppen ellenkezőleg: a „geometria” helyett tovább kell lépni a „fizikai” relativitás felé.

1. Bevezetés

A kérdés, „görbült”-e a tér – azaz az eukleidészi geometriától különbözik-e szerkezete – ma mind a hivatalos, mind a népszerű tudományban naiv, tájékozatlan vagy egyenesen dilettáns kérdésnek tűnik. Az általánosan elterjedt nézet szerint e kérdést a relativitáselmélet eldöntötte: a fény pályája a Nap mellett elhaladva eltér az egyenestől, és ez azt bizonyítja, hogy a tér „görbe”. A közkeletű nézet szerint ez azt is jelenti, hogy a relativitáselméletnek igaza van, amikor azt állítja, hogy ahol tömeg található, a tér – illetve a téridő – szerkezete elveszíti eukleidészi jellegét.

Valójában azonban ez a nézet a fizikai tér eukleidészi vagy nem eukleidészi jellegének olyan leegyszerűsítő megközelítésén alapul, amely ellentmond nemcsak a tudományfilozófia eredményeinek, hanem Einstein fölfogásának is. Nem mintha az ellentétes válasz (mármint hogy a tér „nem görbült”) helyes volna. Ez az állítás legalább annyira leegyszerűsítő és helytelen, mint a tér „görbültség”-ének tétele: mindkét válasz közös abban, hogy vitathatatlan elméleti és tapasztalati tényként jelenti ki vagy tagadja a tér „görbültség”-ét, azaz mindkét válasznak közös előfeltevése – s ez a közös hiba bennük – , hogy a tér geometriájáról minden további taglalás nélkül kijelentés tehető. E kérdés azonban nem olyan, hogy akár „igen”-nel, akár „nem”-mel lehetne válaszolni rá. S ebben az értelemben címadó kérdésünk mint tapasztalati kérdés – hacsak nem tudatosan, provokatív céllal fogalmazódott meg, mint amiképpen előadásom címében is szerepel – valóban dilettáns, csak éppen nem azért, mert a relativitás elmélete, vagy a tapasztalat már egyértelműen eldöntötte volna azt, hanem mert maga a kérdés a rossz. S egy rossz kérdésre csak rossz válasz adható. Ha viszont nem tapasztalati, hanem megfelelő

összefüggésrendszerbe helyezve, filozófiai kérdésként tesszük fel ugyanezt a kérdést, akkor az legális kérdéssé válik, mivel a filozófiai elemzéshez hozzátartozik annak megvizsgálása is, hogy az milyen feltételek mellett, milyen értelemet hordoz, valamint hogy milyen kiegészítő feltevések mellett válhat tapasztalativá, és milyen feltevések mellett nem.

2. Poincaré

De miről is van szó? A kérdés „görbült-e a tér” a tér geometriájára vonatkozik. Mégpedig nem általában a „tér” geometriájára, hanem a fizikai világ terére (illetve téridejére), tehát nem a matematika elméleti tereire. (A következőkben többnyire csak a teret fogom említeni, ám mindaz, amit e relációban állítok, a téridőre is igaz lesz, ugyanis a téridő is tulajdonképpen „tér”, hiszen lényege, hogy „teresíti” az idő teoretikus reprezentációját).

A kérdés, „görbült-e a tér”, tehát azzal a kérdéssel ekvivalens, hogy milyen a fizikai tér geometriája, azaz hogy az eukleidészi-e vagy sem (és ha nem eukleidészi, akkor konkrétan melyik geometria jellemzi). Csakhogy ez a megfogalmazás az eredeti kérdés fogalmilag egzaktabb megfogalmazása csupán, ami nem javíthatja ki magának a kérdésnek hibás voltát. E hibás volt ugyanis nem a megfogalmazásából, hanem a tartalomtól ered. Nevezetesen: éppen a fizikai tér geometriájára vonatkozó kérdés az, ami minden további kiegészítés nélkül hibás. Ezt a neves matematikus, fizikus és tudományfilozófus Henri Poincaré (akit Einstein nem csupán nagyra becsült, hanem követőjének vallotta magát) meggyőzően megmutatta Tudomány és feltevés című, magyarul is olvasható könyvében.

Bár Poincaré érvelése során összetettebb példát alkalmaz, érvelésének megvilágítására most az egyszerűség kedvéért a gyakran emlegetett háromszögelési kísérletet fogjuk felhasználni. Tudjuk jól, hogy az eukleidészi geometriában – és csak itt – a háromszög szögeinek összege 180 fok. Mármint a nem eukleidészi geometriák megjelenése után fölvetődött, hogy a háromszög szögösszegét megmérve tapasztalatilag eldönthető, hogy milyen geometria jellemzi a fizikai teret. De mely háromszög szögeit mérjük meg? Egy vashuzalokból kihúzott háromszögét? Eltekintve attól, hogy ily módon nem alkotható kellően nagy háromszög, ez az eljárás nyilván nem vezethetne perdöntő eredményre, mert ha mondjuk 179 fok jönne ki, akkor ezt úgy is értelmezhetnénk, hogy a tér nem eukleidészi, de úgy is, hogy a tér eukleidészi, csak éppen a huzalok görbék. De miképpen lehetne ellenőrizni, hogy a huzalok egyenesek-e? Látszólag úgy, hogy megmérjük a szögek összegét: ha azok 180 fokot adnak ki, a huzalok egyenesek, ha 180 foknál kevesebbet vagy többet, „görbék”. De tényleg így van ez? Mi van akkor, ha a huzalok egyenesek és a tér görbe, és ez az utóbbi miatt kapunk a 180 foknál kisebb (vagy éppen nagyobb) eredményt?

Könnyen belátható, hogy itt egy kiküszöbölhetetlen logikai körbe ütközünk. Ahhoz, hogy eldöntsük: a huzalok egyenesek-e vagy sem, előbb tudnunk kell, hogy mi az egyenes, és csak ezután állapíthatjuk meg azt, hogy valóban egyenesek-e a huzalok. Viszont ahhoz, hogy melyik geometria jellemzi a fizikai teret, és ennek részeként melyek az „egyenesség” kritériumai, már előre tudnunk kell, hogy a huzalok egyenesek-e vagy sem, ami a geometria ismerete és enne részként az egyenesség kritériumai nélkül nem lehetséges.

Természetesen a XIX. században nem kifeszített huzalokra gondoltak, amikor a fizikai háromszög szögeinek összegéről beszéltek, hanem a hagyományos, földmérési háromszögelésre. Csakhogy ez a fény terjedésén alapszik. Csak akkor adhatja meg a fizikai tér geometriáját a mérés eredménye, ha tudjuk biztosan, hogy a fény egyenesen terjed. Az előbbi logikai kör azonban a fény esetében ugyanúgy föllép mint a vashuzalok esetében: ahhoz, hogy tudjuk, egyenesen terjed-e a fény, ismernünk kell már a geometriát, viszont a geometria megállapításához már tudnunk kell, hogy a háromszögelés során a fénysugarak egyenesen terjednek. E nélkül a szögek 180 fokot kiadó összege esetén is mondhatjuk azt, hogy a tér hiperbolikus – azaz „görbe” – csak éppen a fénysugarak terjedése eltért a hiperbolikus egyenestől, mint amiképpen 179 fokos mérési eredménynél is állíthatjuk, hogy a tér eukleidészi, és csupán azért kaptunk 179 fokot, mert a fény nem egyenesen terjed.

Poincaré rámutat arra, hogy a fenti logikai kör nem véletlen: abból fakad, hogy önmagában a fizikai térnek nincs geometriája. A fizikai teret csak mi magunk ruházhatjuk fel geometriával, mégpedig két módon:

1. Posztuláljuk a fizikai tér geometriáját. Pl. kimondjuk, hogy a fizika tér geometriája eukleidészi. Ha e posztulátumot elfogadjuk, immár meghatározhatóvá válik, hogy az adott fénysugarak egyenesen terjednek-e vagy sem. Így ha a háromszögelés során a háromszög szögeinek összegére 180 fokot kapunk, akkor a fénysugarak egyenesen terjednek, ha nem, akkor elgörbülnek. Vegyük észre, hogy e posztulátum esetén a fénysugarak geometriai természetére, és nem a fizikai tér geometriájára vonatkozik a háromszögelés révén lefolytatott mérés. A fizikai tér geometriáján ez esetben nincs mit mérni, azt már eleve, „a priori” posztuláltuk.
2. Fizikai posztulátumot adunk meg. Például azt, hogy a fény – legalábbis homogén közegben, illetve légüres térben – mindig egyenesen terjed. Ez lényegében a fizikai egyenes fogalmának meghatározásával ekvivalens: ha a posztulátumot elfogadjuk, a fizikai egyenes mindig az, ami a fény pályája, s ezáltal egyúttal a fizikai geometriát is meghatározzuk, amennyiben a fénypálya egyenesként történő definíciója a fizikai geometriát is maga után vonja. Ez esetben tudjuk, hogy mi az egyenes: az, amit a fénypálya kijelöl. Ez nem mérhetőség kérdése: ezt posztuláltuk, ami azt jelenti, hogy a fény útja sohasem térhet el az egyenestől, mert éppen azt nevezzük egyenesnek. E fogalomrendszerben, e posztulátummal a tér geometriája is meghatározódik, de számunkra mindaddig ismeretlen marad, amíg meg nem vizsgáljuk a fénypályák által keletkező háromszögeket. Az előbbi háromszögelése kísérlet így e kontextusban már a fizikai tér geometriájára vonatkozó kísérletté válik.

Poincaré ezt úgy fogalmazza meg, hogy sohasem a tér geometriáját teszteljük magában, hanem a geometriára és a fizikai jelenségek viselkedésére vonatkozó együttes állításainkat. Az első esetben a geometriára vonatkozó állítás mint posztulátum adott, és a tesztelés – a kísérlet – arra vonatkozik, hogy a fény egyenesen terjed-e vagy sem, azaz a két együttes állítás a következő: a geometria eukleidészi, a fény pályája egyenes (vagy nem egyenes). A második esetben viszont posztulátumként adva van az az állítás, hogy a fény egyenesen terjed, és azt vizsgáljuk, hogy a „fénypálya = mindig egyenes” posztulátum révén adódó geometria eukleidészi-e vagy sem, és ha nem eukleidészi, akkor konkrétan

milyen. A két együttes állítás itt: a fény pályája egyenes, a geometria eukleidészi (vagy nem eukleidészi).

Látjuk, hogy a különbség azon múlik, hogy a két állításból melyiket tekintjük posztulátumnak, és melyiket hipotézisnek, és a kísérlet eredménye hatására a posztulátum nem változhat, csupán a hipotézis

De mi a helyzet a relativitás elméletével – kérdezheti valaki. Arról, hogy a csillagfény a Nap mellett elhajlik, eredményes megfigyeléseink vannak. Eszerint a fény nem egyenesen terjed, és a tér is görbült. Ez nem cáfolja meg Poincaré-t?

Ez az ellenvetés hibás. A relativitáselmélet szerint ugyanis a Nap mellett a fénysugár egyenesen terjed, csak hogy mivel a Nap mellett az elmélet szerint nem eukleidészi a geometria, ez az egyenes nem azonos az eukleidészi egyenessel. A relativitáselmélet einsteini változatában a Poincaré által fölvázolt két alapelethez közül a második áll fenn: a fény pályáját tekinti egyenesnek, s így az, hogy a tér ezen előfeltevést elfogadva „gömbült”-e vagy sem, ezen elméletben kísérleti vizsgálódással állapítható meg. Amikor populárisan fényelhajlásról beszélünk, tulajdonképpen az eukleidészi geometriát tekintjük a fizikai tér geometriájának, és ennyiben éppen hogy megtagadjuk a relativitás elméletét, amely szerint a fény nem hajlik el az egyenes pályától, hanem egy nem eukleidészi tér egyenesen mentén terjed!

Ez azt jelenti, hogy a relativitáselmélet einsteini változata szerint a tér az, ami a Nap mellett „gömbült”, míg a fénysugár egyenesen terjed, azaz hamis az az állítás, hogy tér gömbült, és ugyanakkor a fény sem egyenesen terjed. Mint már hangsúlyoztuk, a fény egyenesen terjed, csak éppen ez az egyenes a „gömbült” (tehát nem eukleidészi) tér egyenes.

Ugyanezt a jelenséget, ugyanezt a megfigyelést leírhatjuk a következő módon is: a tér eukleidészi, de a Nap körül gravitációs mező van jelen, amely elhajlítja a fény pályáját az (eukleidészi) egyenestől, azaz ott a gravitációs mező mint ok hatására a fény nem egyenesen terjed.

Ez a relativitáselmélet szempontjából sorsdöntő kísérleti eredmény tehát kétfajta módon írható le:

1. Posztuláljuk, hogy az egyenes a fény útja (vagy a geometriát a merev test fogalmához kötjük, ami gyakorlatilag ekvivalens ezzel a posztulátummal). Ekkor a fénypálya a Nap mellett egyenes – nem lehet más, mert ami a fény pályája, az definíciószerűen az egyenes –, viszont a tér „gömbült”, azaz nem eukleidészi, így az egyenesen haladó fénysugár pályája a „gömbült” tér egyenesen szerint lesz egyenes, s nem az eukleidészi egyenes értelmében.
2. A tér geometriájának eukleidészi voltát posztuláljuk. Ekkor viszont fel kell tételeznünk, hogy fény valamely hatásra (pl. a gravitációs mező vagy erő, a Jánossy Lajos-féle éter „egyenetlensége”) nem egyenes, hanem az egyenestől elhajlik.

A két leírás logikailag teljesen kompatibilis, mivel ugyanazt a fizikai jelenséget írja le két különböző fogalomrendszerben, de nem ellentmondásosan. Azért nincs

közöttük ellentmondás, mert az „egyenes” szó nem ugyanazt jelenti bennük. Így a két leírás egymásba átfordítható.

Megjegyzendő, hogy akár 1)-et akár 2)-tőt választjuk, ugyanazon einsteini egyenletekkel kell számolnunk, aminek következtében ugyanazt a megfigyelési előrejelzést kapjuk. Sőt, akár 2) választása esetén is használhatjuk a nem eukleidészi tereket, csak éppen azt kell mondanunk, hogy e tereket mint elméleti modelleket, a kényelem kedvéért vezetjük be, és azoknak nincs jelentőségük a fizikai világra nézve, amelyhez 2) szerint eukleidészi geometriát rendelünk.

A fizika és a geometria viszonyára vonatkozó, fentiekben kifejtett tételt – azaz az 1) és a 2) lehetőségnek mint egymás alternatíváinak fennállását – a továbbiakban egyszerűen „**Poincaré-féle tétel**” -nek fogjuk nevezni.

3.) Einstein

De mi volt ezzel kapcsolatosan Einstein álláspontja?

A) Amiben azonos álláspontja Poincaré-val:

Einstein „Geometria és tapasztalat” című írásában az axiomatikus matematikai geometria fogalma alapján a következő kijelentést teszi: „evidens, hogy a matematika semmit sem mondhat sem szemléletünk objektumairól, sem pedig a valóság tárgyairól”.

Ha túl akarunk lépni ezen – fejtegeti Einstein –, és a valóság (értsd: a fizikai valóság) tárgyaira vonatkozó gyakorlati geometriát szeretnénk, amely szerint az eukleidészi geometria összefüggései már a valóságra vonatkozó tapasztalati állításokká válnak,

„meg kell fosztanunk a geometriát logikai formális jellegétől azáltal, hogy az axiomatikus geometria tartalom nélküli fogalmi rendszeréhez hozzárendeljük a valóság tapasztalati tárgyait. **Ehhez mindössze egy kiegészítő tételre van szükségünk: elhelyezkedésük vonatkozásában a merev testek úgy viselkednek, mint a háromdimenziós eukleidészi geometria alakzatai. Ha ezt elfogadjuk, az eukleidészi geometria tételei már a gyakorlatilag merev testek viselkedésére vonatkozó kijelentéseket fognak tartalmazni.**” (Albert Einstein: Válogatott írásai, Typotex, 2005: 285. o. A kiemelés tőlem származik.)

Igaz, Einstein az aláhúzott két mondatban csak az eukleidészi geometriáról beszél, de ennek oka, hogy a történetileg kialakult, „eukleidészi” gyakorlati geometria tapasztalati jellegére ad itt választ. Az e két mondat előtti kijelentése viszont általában az axiomatikus, matematikai geometriára vonatkozik, amely mint ilyen, minden geometriára érvényes: Einstein kifejezetten azt állítja, hogy ha azt akarjuk, hogy bármely geometria a tapasztalatra vonatkozó állításokat tartalmazzon, valamilyen módon hozzá kell rendelnünk annak formális rendszeréhez a valóság tapasztalati tárgyait.

Könnyen belátható, hogy ez az álláspont ekvivalens azzal, amit Poincaré állít: A geometria önmagában semmit sem mond a fizikai valóságról, ha azt akarjuk, hogy a geometria a fizikai valóságra vonatkozzék, nekünk kell azt valamilyen módon

hozzárendelnünk a fizikai valóság tárgyaihoz. „A fény egyenesen terjed” tétel a fényhez rendeli a geometriát, a merev testek és az eukleidészi geometria összekapcsolása a merev testekhez. Ha Einsteinnel elfogadjuk azt a feltevést, hogy a merev testek az eukleidészi geometria szerint viselkednek – ami azzal a két állítással azonos, hogy a) a merev testek azok, amelyek meghatározzák a fizikai geometriát (a geometriára vonatkozó posztulátum), b) a merev testekhez kötött geometria eukleidészi (a merev testek fizikai viselkedésére vonatkozó tapasztalati állítás) – akkor az eukleidészi geometria abban a pillanatban összekapcsolódik a fizikai valósággal, és fizikai érvényessége értelmes tapasztalati kérdése válik. Ha elfogadjuk azt, hogy a) fény terjedése egyenes (a geometria posztulátuma), valamint hogy b) a fény az eukleidészi geometria szerint viselkedik (a fény mint fizikai jelenségre vonatkozó állítás), az eukleidészi geometria fizikai érvényessége ugyancsak értelmes tapasztalati állítássá válik.

Einstein és Poincaré álláspontja eddig tehát azonos: a geometria önmagában nem állít semmit a fizikai valóságról, ahhoz, hogy azzal összekapcsolódjon, azaz ahhoz, hogy a fizikai tér geometriájáról beszélhessünk, a kettőt valamilyen módon mi magunknak kell összekötnünk. Amíg nincs meg ez a kapcsolat, addig nincs értelme a fizikai tér geometriájáról beszélni, sem arról, hogy a fizikai tapasztalat alapján milyen a tér geometriája. Mivel eredendően a fizikai tér és a geometria között nincs kapcsolat, és a geometria és a tapasztalat között összefüggést csak e kapcsolat megteremtésével hozhatunk létre, mindebből kikerülhetetlen logikával következik, hogy e kapcsolatteremtést a tapasztalat nem határozhatja meg, azaz mi magunknak kell azt létrehozni még a tapasztalati vizsgálódások előtt.

B) Eltérés Poincaré és Einstein között:

A fizikai gyakorlat szempontjából Poincaré nem marad semleges az által felvázolt két lehetőség tekintetében, hanem amellett érvel, hogy mivel az eukleidészi geometria egyszerűbb, mint bármely más geometria, a fizika művelése során az eukleidészi geometriát kell alkalmaznunk. Azaz bár logikailag lehetségesnek tartja a bonyolultabb, nem eukleidészi geometriákat bevezetését a fizikába, ennek ellenére úgy véli, hogy a fizikai gyakorlat szempontjából **nem volna ésszerű** így cselekedni. Nevezetesen: azt, hogy az eukleidészi geometriában nincs térgörbület, ami bonyolítja a leírást, ő olyan előnynek ítéli meg, amivel a nem eukleidészi geometriák nem versenyezhetnek.

Amikor Einstein bírálja Poincaré-t, nem a geometria és a fizika közötti viszonyra vonatkozó elmélete miatt bírálja. Ezt a viszonyt – mint fent látjuk – ő maga is hasonlóképpen tárgyalja. (Nem is teheti másképpen, mert Poincaré szigorú logikai-fogalmi érvekkel támasztja alá álláspontját.)

Sőt, ennél többről is szó van. Einstein szerint Poincaré-nak „az örökkévalóság szempontjából” igaza van abban is, hogy az eukleidészi geometria kitüntetetti más geometriákkal szemben. Azaz a tiszta logika szempontjából még ebben is egyetért Poincaré-val. (V. ö. Einstein, id. mű: 287-288. o.)

Ugyanakkor Einstein amellett érvel, hogy geometria és a merev testek – illetve a gyakorlatilag merev testek – között történetileg kialakult kapcsolatot a fizikának (legalábbis jelen fejlődésének stádiumában) meg kell őriznie, és ha a merev testek

eukleidészi viselkedésére vonatkozó feltevés nem egyezik a tapasztalattal, a fizikai elméletnek nem a merev testek és a geometria összekapcsolását, hanem az eukleidészi geometriát kell feladnia más geometriák kedvéért. Jóllehet – fejtegeti Einstein – valódi merev testek nincsenek a fizikai világban, de az a történeti kapcsolat, ami a távolságok mérése, a térbeli alakzatok kijelölése során használt mérőeszközök, mint majdnem merev testek és a gyakorlati geometria között kialakult, a „majdnem merev test” fogalmának bevezetésével megmenthető. Einstein ennek megfelelően a „majdnem merev test” fogalmához köti a gyakorlati – és a fizikai – geometriát, és amikor a geometria tapasztalati jellegéről beszél, az ily módon létrehozott gyakorlati geometriára gondol.

Bár ezt kifejezett módon nem fogalmazza meg, de Einstein álláspontjának lényege, hogy az eukleidészi geometria Poincaré által ésszerűnek tartott preferálását nem tekinti racionálisnak, hanem ezzel szemben azt tartja a követendő útnak, hogy a fizika őrizze meg merev testek és a gyakorlati geometria között kialakult kapcsolatot, és erre a kapcsolatra építkezzen. S be kell látnunk, hogy mind Poincaré, mind Einstein érve ésszerű. A kettő közötti konfliktus abból fakad, hogy két olyan ésszerű érveléssel alátámasztott koncepció áll itt egymással szemben, amelyek egyszerre nem kivitelezhetők, s ezért vagy az egyik, vagy a másik rovására kell választanunk. (A fizikai világ ugyan lehetne olyan is, hogy a két koncepció között nem lép fel ellentmondás – pl. ha a newtoni fizika volna érvényes, akkor így - de a ténylegesen nem ilyen.)

Másképpen megfogalmazva, Poincaré egy olyan racionalitáskritériumot követ, amely a fizikai elméletalkotásban az eukleidészi geometria megőrzését preferálja még a merev test fogalmának, illetve a merev testek és a geometria kapcsolatának feladása árán is, míg Einstein ezzel szemben egy olyan racionalitáskritérium alapján érvel, amely a geometriát – a földmérés tapasztalati-gyakorlati hagyományának megőrzésével – a merev testekhez (és ezáltal közvetve a fénypálya egyenes voltára vonatkozó posztulátumhoz) kapcsolja. Mindkettő a geometria és a fizika viszonyának helyesen felismert viszonyára épül, s útjaik a racionalitásfogalom felbomlása miatt létrejött, két, egyszerre megvalósíthatatlan racionalitás-koncepció mentén válnak szét.

Az einsteini relativitáselmélet tehát nem „cáfolja meg” a fizika és a geometria viszonyára vonatkozó Poincaré-féle tételt (mint láttuk, a „Geometria és tapasztalat” című írásának első bekezdéseiben maga Einstein is ezt az álláspontot fejti ki). Éppen ellenkezőleg: Einstein koncepciója egy olyan racionalitáskritériumon alapul, amely a merev test és a fizikai geometria fogalmát összeköti, s ez a racionalitáskritérium érvényesítését éppen a Poincaré-féle tétel teszi lehetővé. Mindebből azonban az is következik, hogy a másik álláspont, Poincaré racionalitáskritériuma is érvényesíthető, azaz ugyanazok a fizikai jelenségek, amelyek leírhatóak a relativitáselmélet nem-eukleidészi tereivel, leírhatóak eukleidészi térben is. S ehhez az általános relativitáselmélet alapegyenletét sem kell módosítanunk: csupán a tér-idő egyenletei helyett az anyag térben és időben való viselkedését leíró egyenleteknek kell tekintenünk őket: olyan egyenletnek, amelyek nem a téridőre, hanem a fizikai részecskékre és a fizikai mezőkre vonatkozik. Ennek részeként feltehetjük azt is, hogy a gravitáció nem a téridő nem-eukleidészi voltának következménye, hanem az eukleidészi téridőben jelen lévő gravitációs mező szerkezetének hatása, és az

einsteini egyenlet nem a téridőt, hanem csak és kizárólagosan ezt a benne elhelyezkedő gravitációs mezőt írja le.

A fentiek alapján **minden olyan anti-relativisztikus állítás, mely szerint Einstein a relativitás elméletében tévedett volna, hamis és dilettáns**. Einstein a Poincaré-féle alternatívából ésszerű döntés alapján az egyik lehetőséget választotta, és annak alapján dolgozta ki a nem eukleidészi geometriákat alkalmazó kiemelkedően szép és hatékony elméletét. Azonban hamis az az állítás is, hogy minden kiegészítő feltevés vagy posztulátum nélkül a tapasztalat azt igazolta volna, hogy tömeggel rendelkező fizikai objektumok jelenléte esetén tér (téridő) nem eukleidészi. **Ha(!)** az einsteini racionalitáskritériumot elfogadjuk, **akkor(!)** már természetesen igaz lesz ez az állítás, de ez az igazság egy „ha ==>akkor” típusú, feltételes állítás. Viszont **választhatjuk a Poincaré-féle racionalitáskritériumot is, és ezt követve értelmezhetjük a fizikai jelenségeket úgy is, hogy megőrizzük a fizikai tér eukleidészi geometriáját.**

Ami e tekintetben követelmény: az alternatív értelmezésnek – tekintettel az einsteini matematika hatékonyságára, eredményes előrejelzéseire – meg kell őriznie Einstein egyenleteit, vagy azzal a fizikai gyakorlat szempontjából ekvivalens matematikát kell kidolgoznia.

Megjegyezzük még, hogy Einstein **Geometria és tapasztalat** című írását figyelmesen kell olvasnunk: abban Einstein az első bekezdéseket követően mindig az eukleidészi gyakorlati geometriára gondol, amikor a gyakorlati geometriáról beszél. s csak a végén jut el a nem-eukleidészi geometriákig. Így amikor egy helyen tapasztalati tételnek tekint, hogy „a fény egyenes vonalban”, akkor ez minden további kiegészítés nélkül igen meglepőnek tűnhet tőle, hiszen a relativitáselméletben a fény egyenes terjedése éppen a fizikai egyenes fogalmának a meghatározásából – tehát nem a tapasztalattól, hanem a fizikai egyenes definíciójából fakad. Csakhogy a szövegkörnyezetből egyértelműen kitűnik, hogy Einstein itt arra gondol: a fény az eukleidészi gyakorlati geometria eddigi – történeti – tapasztalata alapján terjed az egyenes mentén, azaz itt ő e kijelentésében kifejezetten az eukleidészi egyenes fogalmát használja. Ez rögtön világossá is válik, ha továbbolvassuk a fenti állítást tartalmazó mondatot „mégpedig a gyakorlati geometria értelmében vett egyenes mentén”. Az einsteini logika szerint pont azért kell olyan okot keresni, amely megmagyarázza, ha a fény pályája eltér az eukleidészi egyenestől, mert a történeti tapasztalat alapján kialakult gyakorlati geometriában fennáll ez a közelítőleg eukleidészi értelemben vett egyenes terjedés. Az ő koncepciójában pedig éppen erre a nem eukleidészi egyenes mentén való terjedésre ad magyarázatot a tér görbültsége (amely fogalom bevezetésével lehetővé válik, hogy a fény pályáját továbbra is egyenesnek tekintsük, csakhogy már nem az eukleidészi geometria értelmében). Figyeljünk föl az einsteini gondolatmenet finomságára: miután kijelenti, hogy az eddigi történelmi tapasztalat szerint a fény „egyenes vonal mentén terjed”, rögtön hozzáfűzi az egyenes szó értelmezését („a gyakorlati geometria értelmében vett egyenes mentén”), mivel tudja, hogy az egyenes szó jelentése önmagában nem adott teljesen, hanem ezt értelmezni kell. (Az idézetek: Albert Einstein: Válogatott írásai, Typotex, 2005: 286. o.)

Meg kell még jegyeznünk azt is, hogy az a hosszkontrakció, amelyet az einsteini elméletalapján az egymáshoz viszonyítva mozgó rendszerek esetében kölcsönösen megfigyelhető, nem jelenti a merev test fogalmának feladását. Éppen abban válik el

az einsteini elmélet a lorentziánus értelmezéstől, hogy az Einstein-féle értelmezés e kontrakciót csak a rendszerek viszonylatában fellépő csupán olyan relatív kontrakciónak tekinti, melynek egyáltalában nincs abszolút eleme. Ezzel szemben a lorentziánus értelmezésekben – így pl. a Jánossy Lajos-féle értelmezésben – az éterhez képest mozgó test a mozgás irányában abszolút módon összehúzódik, aminek következtében a ténylegesen megfigyelhető relatív kontrakció ezen értelmezés keretében két elemből: egy relatív és egy abszolút elemből tevődik össze. (Ez a lorentziánus értelmezésekben megjelenő abszolút kontrakció az oka annak, hogy ebben az értelmezési keretben nem beszélhetünk merev testekről a hagyományos értelemben. Bár még ez esetben is bevezethetjük a merev test fogalmát abban a speciális értelemben, hogy amely test csak a Lorentz-féle összehúzódásnak van alávetve, de ettől eltekintve nem változtatja méreteit, „Lorentz-merev”).

4. Jánossy Lajos és Harvey Brown

Először is le kell rögzítenünk, hogy Jánossy Lajos alternatív relativitáselmélet-felfogása az einsteini matematika megőrzésén alapul. Mivel a matematikai rész azonos az einsteinivel minden előrejelzése is azonos vele.

Az előadás közben beszélgetés alakult ki arról, hogy Jánossy *Relativitáselmélet a fizikai valóság alapján* című könyvében (Budapest: Akadémiai Kiadó, 1973) pontatlan tapasztalati előrejelzések vannak. Székely László azt említette meg, hogy bár nem tudja felidézni a konkrét részleteket, de Jánossy kifejtési módszeréhez hozzátartozott, hogy a problémák jobb megvilágítása érdekében kerülőutakat jár be, és olyan – többnyire leegyszerűsített – hipotézisek alapján is számításokat végez, amelyekről előre tudja, hogy nem adják ki a pontos eredményt. Ennek alapján Székely László valószínűnek tartotta, hogy Jánossy e helytelen predikciói nem tévedésből szerepelnek a könyvben, hanem tudatosan, a fő probléma körüljárásának és megvilágításának részeként, miközben végleges elméletében már a helyes előrejelzéseknek kell szerepelnie.

Az előadás alatt a kérdéskör nem került lezárásra, és annak az előadás tárgya szempontjából nincs jelentősége. Azonban Jánossy fizikai és filozófiai kvalitásai szempontjából meg kell említenünk, hogy az előadás után a beszélgetés résztvevői újra megnézték Jánossy könyvét, és ennek során internetes konzultáció nyomán a következőkre jutottak:

Szondy Györgynek teljesen igaza van abban, hogy a könyv 241-242. oldalán – 370. és 372. pont - helytelen előrejelzések szerepelnek. Jánossy komplett általános relativitáselmélete ugyanakkor a könyv 245-257. oldalán található, és ez MATEMATIKAILAG TELJESEN EGYEZIK EINSTEIN ELMÉLETÉVEL. A Merkúr perihéliumára és a fényelhajlásra vonatkozó előrejelzés pedig 250-251. oldalon, a 382. és a 383. pontban van megadva, és AZOK PONTOSAN UGYANAZOK, MINT AMELY EINSTEINNÉL ÉS A TANKÖNYVEKBEN SZEREPELNEK. A helytelen előrejelzéseknek az a magyarázata, hogy Jánossy a könyv 241-242. oldalán a még nem kész elmélet alapján, leegyszerűsített feltevésekből tudatosan számolja ki a pontatlan előrejelzéseket, hogy ezáltal bemutassa azt az utat, amely elvezet a kész elmülethez.

A konzultáció eredményét Szondy György a következő szavakban összegezte:

"Pont ebben érhető tetten Jánossy nagysága, hogy ilyen, továbbgondolható részeredményeket is közkinccsé tett."

Kiemelendő ezzel kapcsolatosan, hogy Szondy Györgynek Jánossy leegyszerűsített feltevései alapján is sikerült némi korrekcióval a helyes előrejelzést kihoznia. Ez olyan fontos eredmény, amelynek mélyebb fizikai és filozófiai jelentőségén érdemes elgondolkodni. Továbbá érdemes azt is megemlíteni, hogy Jánossy fenti módszere a filozófiában egészen Szókratészig és Platónig nyúlik vissza, és szellemi kiválóságára utal, hogy szóban forgó könyvében egyedülálló módon, egy szigorúan matematikai-fizikai tárgy kifejtése során képes ezt a klasszikus filozófiai módszert alkalmazni.

Ami az előadás témáját illeti: Jánossy elfogadja azt, hogy a fizika a nem eukleidészi terekkel dolgozik, de úgy gondolja, hogy ezek csak matematikai eszközök, amelyek csupán azoknak a mértékeknek a viszonyára vonatkozik, amelyeket a megismerő ember hozzárendelt a fizikai létezőket jellemző objektív mennyiségekhez (többnyire a fizikai mérési eljárásnak ugyancsak az emberi alkotó tevékenység által meghatározott folyamatában). Következésképpen Jánossy szerint a téridő „görbültsége”, illetve a nem eukleidészi térszerkezetek csak az elméleti leírás eszközei, amelyek mint ilyeneket használhatunk, de amelyek mint teoretikus eszközök nem vonatkoznak a tőlünk függetlennek tekintett fizikai téridőre. Amikor a fizika úgy beszél a relativitáselmélet geometriájáról, mint a tőlünk függetlennek tekintett fizikai téridő geometriájáról, ezzel egy olyan emberi fogalmat vetít rá a fizikai valóságra, amely ugyan elméletileg hasznos, de amelynek nincs a fizikai valóságban közvetlen megfelelője.

Mivel e felfogásban a nem eukleidészi térszerkezetek csak az elméleti leírás és előrejelzés matematikai eszközei, és nem a tőlünk függetlennek tekintett fizikai téridő sajátosságai, azok nem magyarázatai, csupán elméleti megragadásai a fizikai jelenségek közötti összefüggéseknek és törvényszerűségeknek. Ezeket Jánossy szerint nem geometriailag, hanem fizikailag kell megmagyarázni, és ilyen magyarázatot nyújthat az éter modernizált fogalma, melynek segítségével a gravitáció az éterben fellelhető inhomogén struktúrákra és feszültségre vezethető vissza. Ennek megfelelően az einsteini, geometrizált leírás Jánossy szerint kifejezetten helyes mint a fizikai jelenségek leírása, de csupán leírás, amely nem ad valós, fizikai magyarázatot e jelenségekre. Az einsteini leírást ezért meg kell őrizni, de a „fizikai valóság alapján” helyesen kell értelmezni.

Harvey Brown e ponton kapcsolódik Jánossyhoz *Physical Relativity: Space-Time Structure from a Dynamical Perspective* című könyvében (Oxford: Clarendon Press 2005) és ő is a geometriai leírás fizikai értelmezése mellett áll ki, azt hangsúlyozva, hogy a jelenlegi „geometriai” relativitáselméletet meg kell haladni, és ki kell dolgozni a „fizikai” relativitáselméletet. (Megemlítendő, hogy érvelés során mind Jánossy mind Brown hivatkozik Einsteinre, aki szintén úgy vélte, hogy a geometriai magyarázat csupán ideiglenes, és azt majd meg kell haladnia a részecskefizikára visszavezethető fizikai magyarázatnak.)

Dávid Gyula hozzászólásában felvetette, hogy az egyszerűség és a koherencia nyomós érvei a geometriai magyarázat mellett szólnak. Székely László ezzel egyetértett. Megjegyezte ugyanakkor, hogy ezek az érvek – bármennyire is erősek – nem teszik semmissé a fizikai magyarázat szükségességére vonatkozó Jánossy- és Brown-féle megfontolásokat. Itt is két felfogás áll egymással szemben, s bár a geometriai magyarázat mellett számos erős érv szól (így jogosan tehető fel a kérdés,

hogy miért működik oly jól a geometrizált elmélet, ha a geometria csupán elméleti eszköz, és nincs a fizika valóságos téridejében megfelelője), a fizikai magyarázat követelménye mellett érvek sem ésszerűtlenek. Erről egyik oldalról Balashov és Janssen, másik oldalról Harvey Brown között színvonalas vita zajlott le e kérdéssről. A vita Balashov és Janssen közösen írt tanulmányával kezdődött, amelyben a két szerző arra hívta fel a figyelmet, hogy bár kétségen kívül a geometriai magyarázat olyan, mintha a szekeret fognánk a lovak elé, ennek ellenére a geometriai magyarázat koherenciája oly erős, hogy el kell fogadnunk: a fizikai világ szerkezete amellet szól, hogy ez esetben valóban a szekeret – a geometriát – kell a lovak elé helyeznünk. (Balashov, Y. and Janssen, M. [2003]: 'Presentism and Relativity', British Journal for the Philosophy of Science, 54, pp. 327–46.) Brown ezt nem fogadja el, és érveket hoz fel a fizikai magyarázat mellett. (Brown, H. R. and Pooley, O: 'Minkowski Space-Time: A Glorious Non-Entity', in D. Dieks, ed: *The Ontology of Spacetime*, Amsterdam: Elsevier, 2006 67–89 o., illetve Brown, H. R. *Physical Relativity: Space-Time Structure from a Dynamical Perspective*.) Brown koncepcióját bírálja J. D. Norton: „Why Constructive Relativity Fails” című, 2008-ban publikált írása (*Brit. J. Phil. Sci.* 59 (2008), 821–834.) amellyel szemben persze újabb ellenérvek hozhatóak fel.

A „tér görbültségé”-re vonatkozó kérdés tehát nyitott, de nem abban az értelemben, hogy vajon az „igen” vagy „nem” a helyes válasz-e rá (mint láttuk, önmagában a kérdés ily módon nem válaszolható meg), hanem

- 3.) egyrészt abban az értelemben, hogy a geometriának a fizikai térhez való rendelése során a Poincaré-féle tétel alapján adó két logikailag lehetséges út közül melyiket ésszerűbb választani a modern fizika kontextusában;
- 4.) valamint abban a tekintetben, hogy vajon kielégítő-e a relativitáselméletben ma alkalmazott geometria leírás és magyarázat, vagy éppen ellenkezőleg: a „geometriai” helyett tovább kell lépni a „fizikai” relativitás felé.

Mindez azt is jelenti, hogy Jánossy Lajosnak részben – sajnos – a dialektikus materializmusnak nevezett filozófiai frazeológiát is felhasználó érvelése kiemelhető e frazeológiából, és relativitáselmélet-értelmezése, mint a tudományos racionalizmus fogalmának keretében megfogalmazódó ésszerű koncepció, a mai, kortárs filozófiai viták szempontjából is aktuális és értékes. (V.ö. pl.: László Székely: „Lajos Jánossy's Reformulation of Relativity Theory in the Contexts of 'Dialectical Materialism' and Traditional Scientific Rationalism” In: Poggi Stefano, Breidbach Olaf, Forstner Christian (szerk.): Stuttgart: Franz Steiner Verlag, 2012. pp. 254-270.)

Online anyagok:

http://www.pitt.edu/~jdnorton/papers/Constructive_Relativity_BJPS.pdf

<http://philsci-archive.pitt.edu/1661/1/Minkowski.pdf>

http://philsci-archive.pitt.edu/525/1/presentism_and_relativity.pdf

<http://users.ox.ac.uk/~lina0174/kansas.pdf>

Henri Poincaré, *Tudomány és föltevés*. Budapest: Kir. Magyar Természettudományi Társulat, 1908. III. fejezet: A nem Euklides-féle geomteriák.

<http://www.fil.hu/uniworld/egyetem/restricted/filtort/Poincare/harmadikfejezet.htm>

V.. fejezet: A tapasztalat és a geometria.

(<http://www.fil.hu/uniworld/egyetem/restricted/filtort/Poincare/otodikfejezet.htm>)

László Székely: “Lajos Jánossy’s Reformulation of Relativity Theory in the Contexts of ‘Dialectical Materialism’ and Traditional Scientific Rationalism” In: Poggi Stefano, Breidbach Olaf, Forstner Christian (szerk.): *Physics and Dialectical Materialism* Stuttgart: Franz Steiner Verlag, 2012. pp. 254-270. Online változat: <http://real.mtak.hu/8319>