

Jánossy Lajos relativitáselmélet felfogásáról.

Hraskó Péter

Pécsi Tudományegyetem, Elméleti Fizika tanszék

Ha fizikatanárok társaságában feltennék azt a kérdést, hogy tulajdonképpen mi az idő, valószínűleg azzal utasítanák el, hogy az ilyen metafizikai problémákat hagyjuk inkább a filozófusokra. De ha valóban nem tudnak (és nem is akarnak) foglalkozni ezzel a kérdéssel, akkor hogyan merészelik felírni a táblára az $s = \frac{1}{2}gt^2$ képletet? Mi az a t , amit itt négyzetre kell emelni?

Ha így tesszük fel a kérdést, egy fizikus szerintem már semmiképpen sem háríthatja el magától. Ez ugyanis nem metafizika, mert a választ a képlet *ideális körülmények között történő ellenőrzési módjának* a leírása tartalmazza. Az ideális körülmények miatt természetesen csak gondolatkísérletről lehet szó, de ha ezt a gondolatkísérletet nem fogalmazzuk meg a kellő részletességgel, akkor nem tudhatjuk, milyen ideálhoz kell közelítenünk a reális kísérleteinket.

Minél pontosabban kívánjuk ellenőrizni az $s = \frac{1}{2}gt^2$ képletet (vagy bármilyen hasonló jellegű $s = f(t)$ összefüggést), annál pontosabb órákra van szükségünk, annál sűrűbben kell őket elhelyezni a trajektória mentén (a kontrollálatlan késési idők kiküszöbölése érdekében), és annál pontosabban kell szinkronizálni őket egymással. Ennek alapján megállapíthatjuk, hogy az $s = f(t)$ típusú képletekben szereplő t időt¹ *a vonatkoztatási rendszerünkben sűrűn széthelyezett, helyesen szinkronizált, nyugvó ideális órák mutatnák, ha valóban ott volnának.* Ez a megfogalmazás fejezi ki, hogy mit is értünk a képleteinkben szereplő t -n. Az $s = f(t)$ képlet valóságos ellenőrzésénél arra kell törekednünk, hogy néhány elegendően pontos és többé-kevésbé jól szinkronizált óra segítségével minél jobban megközelítsük ezt az ideált.

Nem tudok róla, hogy a relativitáselmélet létrejötte előtt a fizikai t időnek ezt a fogalmát (definícióját) bárki írásba foglalta volna, de a „mulasztást” annak tudom be, hogy a természettudósok előtt az időnek ezek a tulajdonságai valószínűleg olyan természetesek voltak, mint a lélegzetvétel. Az explicit megfogalmazás csak akkor vált szükségessé, amikor *Einstein* rájött, hogy a helyes szinkronizálással, amely a fenti megfogalmazás fontos eleme, lehetnek problémák. Korábban nyilvánvalónak tekintették, hogy az órákat a széthelyezésük előtt egy közös helyen kell szinkronizálni egymással. Ez az eljárás azon a hallgatólagos feltételezésen alapult, hogy ideális esetben az órák szétvitele közben a szinkronizáltságuk nem romlik el. Egy ilyen feltételezést elvben tapasztalatosan is lehet ellenőrizni úgy, hogy a közös helyről az egyik órát elvisszük a számára kijelölt helyre, majd visszavisszük a közös kiindulópontba. Ha ezután még mindig szinkronizálva lesz a többi folyamatosan ott lévő órával, akkor ez a szinkronizálási eljárás korrekt². A relativitáselmélet (későbbi) terminológiáját

¹ A relativitáselméletben ezt koordinátaidőnek hívjuk.

² *J. Harrison* kronométereinek működését pontosan ennek az elvnek az alapján tesztelték.

használva az eljárásnak a lehetősége tehát azon múlik, hogy *a tapasztalat szerint* létezik-e ikerparadoxon vagy sem. Ez teljesen egyértelmű kritérium, mert nem igényli különböző helyen lévő órák előzetes szinkronizációját.

De mi van akkor, ha a tapasztalat azt mutatja, hogy ez az eljárás csak közelítően érvényes, mert akármilyen óvatosan mozgassuk is az órákat, a széthelyezés következtében a szinkronizáltságuk — esetleg csak nagyon kis mértékben — mégis mindig elromlik? Einstein arra jött rá, hogy ebben az esetben az órákat *a széthelyezésük után* fényjelekkel lehet szinkronizálni, feltéve, hogy a fénysebesség egyik inerciarendszerben sem függ a terjedési iránytól (izotrópia). Az éterhipotézis szerint ez nincs így, mert a fénysebesség csak az éterhez képest nyugvó inerciarendszerben izotróp. Azonban ezt a hipotézist is lehet kísérletileg ellenőrizni távoli órák előzetes szinkronizálása nélkül³, és a kísérlet megcáfolhatja az éterhipotézist.

Mint látjuk, az a kérdés, hogy mit értünk az $s = f(t)$ képletben szereplő t időn egyáltalán nem metafizikai természetű, mert a megválaszolása a tapasztalat alapján történhet. Jelenlegi ismereteink szerint csak a tárgyalt két lehetőség az, amit empirikusan ellenőrizni kell ahhoz, hogy a helyes választ megadhasuk. A szükséges pontosságú technikai lehetőségek hiánya azonban évtizedekig megakadályozta, hogy a szinkronizáltság közvetlen megfigyelésével meggyőzően választani lehessen közöttük. A következményeik alapján azonban lehetett dönteni, mert az első szinkronizálási eljárás a newtoni fizikára, a második a relativitáselméletre vezet, és bőséges tapasztalati anyag bizonyította, hogy ez utóbbit kell helyesnek nyilvánítanunk. A hetvenes évek óta pedig a NASA jóvoltából már nagypontosságú kísérlet bizonyítja, hogy az ikerparadoxon valóban létező jelenség (*GP-A kísérlet*).

Jánossy Lajos nagyon határozottan fogalmazza meg az álláspontját ezekről a kérdésekről a *Relativitáselmélet a fizikai valóság alapján* című könyvében (Akadémiai Kiadó, 1973) a 21-22. oldalon:

20. A távoli órák szinkronizálásának szükségességéből származó nehézség a következő módon oldható meg. A P_A és P_B órákat kezdetben egymáshoz közel állítjuk fel, és ebben a helyzetükben szinkronizáljuk. Az így szinkronizált órákat óvatosan egymástól távoli, végleges helyükre, az A és a B pontok közelébe visszük. Ha az órákat megfelelő elővigyázatossággal mozgatjuk, remélhetjük, hogy a szinkronizáció nem romlik el, amíg végleges helyzetüket elérik, és így a 17. pontban leírt kísérleteket⁴ ezekkel az órákkal véghezvethetjük.

A kronométert 1761-62-ben elvitték Plymouth-ból Jamaikára, onnan vissza Plymouth-be. A mesés 20000£ jutalom elnyerésének az volt a feltétele, hogy az öt hónapig tartó kemény tengeri utazás alatt a kronométer pontatlansága nem lehet több, mint amennyit a földrajzi hosszúság fél fok pontossággal történő meghatározása megenged.

³Ld. *A relativitáselmélet alapjai* c. könyvem (Typotex, 2009) 2.2 szakaszát.

⁴A teljesség kedvéért ezt a pontot is felidézünk:

„17. A fény terjedési sebességét *elvben* [a szerző kiemelése] a következő módon lehetne meghatározni. Kibocsátunk A pontból egy rövid fényjelet, és annak B pontba érkezését

Mint látható, Jánossy abból *indul ki*, hogy az órákat a színhelyezésük előtt egy közös helyen *kell* szinkronizálni, és bizonytalanságban hagy afelől, hogy ennek az eljárásnak a helyességét tapasztalatilag ellenőrizhetőnek tartja-e vagy sem. A „*remélhetjük, hogy a szinkronizáció nem romlik el*” feltételezés utalhatna az ellenőrizhetőségre, de ha így volna, akkor számolnia kellett volna azzal a lehetőséggel is, hogy az eljárást a tapasztalat nem igazolja. Ezért gyakorlatilag bizonyosnak tekinthető, hogy csupán a kellő pontosságú *technikai megvalósítás* reményéről van szó.

A 218-226. pontokban azonban maga is arra a konklúzióra jut, hogy az ikerparadoxon létező jelenség, és az ember azt várná, hogy kertelés nélkül feltegye a kérdést, hogyan egyeztethető össze ez a következtetés a 20. pontban elfogadott szinkronizálási eljárással. Einstein radikális megoldása — mint tudjuk — az volt, hogy a szinkronizálást *nyugvó órákra* kell alapozni, és a relativitáselmélet kidolgozásával azt mutatta meg, hogy ez megtehető anélkül, hogy ellentmondásba kerülne a logikával vagy a megfigyelt jelenségekkel. Jánossy azonban kitér a nyílt konfrontáció elől. Csúpan annyit tesz, hogy megmutatja, amikor a mozgási sebességgel nullához tartunk, az ikerparadoxon maga (az utazó és az otthon maradt testvér életkor-különbsége) szintén nullához tart⁵.

Az ikerparadoxonnak ez a matematikai tulajdonsága azonban a 20. pontban javasolt szinkronizálást egyáltalán nem teszi egyértelművé. A szinkronizálás tényleges megvalósításához ugyanis az órákat nullától különböző sebességgel kell mozgatni, ezért az idődilatació, amely az ikerparadoxon oka, még az ideális órák egyértelmű szinkronizálását is lehetetlenné teszi: *nem* „remélhetjük, hogy a szinkronizáció nem romlik el”.

A könyve címének a megválasztásával Jánossy azt a meggyőződését fejezte ki, hogy a relativitáselmélet Einstein-féle felfogásával ellentétben ő a „fizikai valóság alapján” áll. Valójában azonban a fizikai valóságot annak 19. századi felfogásával azonosította. A kiinduló kérdéseinkre (mi az a t , amely az $s = \frac{1}{2}gt^2$ képletben szerepel?) „metafizikus” választ adott, mert az a szinkronizálás, amelyhez ragaszkodott, még ideális órákkal sem valósítható meg.

megfigyeljük. Legyen A és B pontok közötti távolság l , akkor

$$c = \frac{l}{t_2 - t_1},$$

ahol t_1 a fényjel kibocsátásának, t_2 pedig a fényjel érkezésének időpontja.

Ilyen méréseket a gyakorlatban nem lehet egyszerű módon végrehajtani, hiszen ahhoz, hogy a t_1 és t_2 időértékeket pontosan meg tudjuk határozni, szükségünk van két, P_A és P_B órára, amelyek egyike az A pontban, míg a másik a B pontban van felállítva. Ezen órákat olyan pontossággal kell szinkronizálni, hogy a leolvasott kis időkülönbség, $t_2 - t_1$ pontosan megállapítható legyen. Az első megoldandó — és nem triviális — probléma tehát az órák szinkronizálása." (20-21. old.)

⁵Első pillanatban ez triviálisnak látszó következtetés, de nem az, mert ugyanakkor az utazás időtartama végtelenné válik (tehát $0 \times \infty$ -re emlékeztető határozatlanság jön létre)