Tisztelt Kollegák!

A január 10. hétfői előadásom írásbeli anyagát Szabó Laci várhatóan föl fogja rakni a WEB-lapra.

Itt röviden mégis újból összefoglalnám, milyen értelemben beszélek az óraparadoxon föloldatlanságáról, várva az esetleges ellenvéleményeket is.

Az előadásom végén ugyanis elkalandoztunk néhány, a relativitáselmélettel kapcsolatos igen érdekes és fontos téma irányában, amelyek azonban érdekességük ellenére a paradoxon föloldatlanságával kapcsolatos állításom szempontjából nem lényegesek.

1.) Mint az előadásban hangsúlyoztam: a paradoxon a triviális szinten föloldható: ez a paradoxon einsteini föloldása, amely a tehetetlenségi és a gyorsuló rendszerek közötti aszimmetrián alapul. Igazuk van azoknak, akik kiemelték, hogy e föloldáshoz az általános relativitás elméletére sincs szükség: elég a Minkowski-térben berajzolni a világvonalakat.

2.) A visszaérkező óra tehát késni fog a Földön maradt órához képest - mondjuk 1000 évet -, s ezt az eredményt kapjuk mindig, bármely rendszerben is számolunk.

De miért fog késni az óra? Mi történik vele az utazás során? Milyen fizikai változások okozzák a késését?

A relativitáselmélet végtelen sok relatív történetet ad nekünk erről, s minden történet vége az lesz, hogy az utazó „B" óra 1000 évvel késni fog visszaérkezése után. Ez az elmélet konzisztenciájának bizonyítéka. Ezzel kapcsolatosan tehát nincs valójában paradoxon: az csupán látszat paradoxon volt.

Ám ha nem a végeredményre, hanem a történetre figyelünk, - azaz azt kérdezzük, hogy mi is történt a B órával, milyen fizikai okok miatt maradt le a B óra - visszajön a paradoxon.

Ennek jobb megértéséhez írjuk le a két óra történetét először a földi, majd az utazó óra rendszerében!

Ha a Földön maradt „A" óra „A" rendszeréből, az „A" rendszer ideje szerint írjuk le az eseményeket, a történet körülbelül így néz ki:

„A" történet:

A1.: - A „B” óra távolodik az „A” órától, s eközben fokozatosan lemarad., mert lassabban jár mint az „A” óra. A forduláskor körülbelül 500 évvel késik már az „A” órához képest.
A2: - A „B” óra megfordul, a fordulás után lemaradása az „A” órához képest valamivel több mint 500 év.
A3: - A „B” óra közeledik az „A” órához, s ennek során lemaradása egyre növekszik az „A” órához képest, mert lassabban jár, mint az „A” óra.
A4: - A „B” óra megáll, és az „A” óra mellé kerül. A „B” óra ekkor már 1000 évvel késik az „A” órához képest.

(A történet egzakttá tehető, ha pontosan leírjuk a fordulás folyamatát, de ennek itt nincs jelentősége.)

Az utazó „B” óra „B” rendszeréből, a „B” rendszer ideje szerint leírt történet viszont a következő:

„B” történet:
B1: - Az „A” óra távolodik a „B” órától. A fordulás előtt közvetlenül az „A” óra körülbelül 500 évvel elmarad a „B” órához képest, mert az „A” óra lassabban jár a „B” órához képest.
B2: - Az „A” óra megfordul. A fordulás után nemcsak megszűnt lemaradása, hanem körülbelül 1500 évvel előbb jár mint a „B” óra.
B3.: - Az „A” óra közeledik a „B” órához. Mivel lassabban jár mint a „B” óra, 1500 éves előnye fokozatosan csökken.
B4.: - Az „A” óra visszaérkezik. Mivel visszafelé jövet lassabban járt, mint a „B” óra 1500 éves előnye 1000 évre csökkent. Így a „B” óra mutatója csupán 1000 évvel maradt el az „A” óra mögött.

Bár az „A” és a „B” történet nem azonos, nincs közöttük logikai ellenmondás, hiszen a relativitáselmélet szerint csak relatív, rendszerfüggő történetek.

Csakhogy: a „B” óra visszaérkezése utáni lemaradása abszolút, nem rendszerfüggő. A „B” óra ott van az „A” óra mellett. Mutatója fizikailag, „tapinthatóan” másképp áll, mint az „A” óra mutatója. **Valami történt vele az utazás közben.**

Az „A” és a „B” történet egyszerre nem lehet abszolút igaz, hiszen ezzel ellenmondáshoz jutnánk. De ugyanakkor nem mutathatunk rá egyik történetre sem, hogy ez az igaz történet, a másik pedig csupán az igaz történet rendszerfüggő leírása, mert ezzel az egyik rendszert kitüntetnénk.

Mi több: végtelen sok C1, C2, C3, ... történet van, melyek nem azonosak, s a C1, C2, ... egymástól eltérően mozgó rendszerekből történő leírásoknak felelnek meg. Ha ezek közül bármely történetre rámutatnánk, hogy íme: ez az igaz, ez írja le a fizikai változásokat valóságosan, ez írja le az óra valóságos járását az utazás alatt, ezzel kitüntetnénk a kiválasztott történethez tartozó rendszert - ezt azonban tiltja az általános relativitás elve.

Bár végtelen sok különböző történet van, a relativitáselméletben természetesen nincs ellentmondás: a végtelen sok történet mindegyikének végén a „B" óra abszolút módon 1000 évvel késni fog A végtelen sok történet eltérő, de ez sem ellenmondás, mert ezek mind deklaráltan csupán rendszerfüggő - azaz relatív - történetek.

Ám éppen ezért semmit sem tud mondani ez az elmélet arról, hogy mi történt a „B" órával! Nem tudjuk, mikor, milyen fizikai hatásra állt el 1000 évnyit a mutatója az „A" órához képest. Végtelen sok történetünk van a mutató elállásáról, de ha ezek egyikére azt mondanánk hogy az a valóságos történet, az összes többit látszattá redukálnánk, s a valóságosnak tartott történethez tartozó rendszert kitüntetnénk.

Sőt, a rendszerfüggetlen, valóságos óralemaradás fogalmának értelme sincs a relativitás elméletében addig, amíg egymáshoz képest mozgó rendszerekről van szó, hiszen ez az elmélet eleve csak a végtelen sok relatív - rendszerfüggő - történetet ismeri el. Ezért az elmélet keretében csak föltételesen beszélhetünk: azt mondhatjuk: a „B" óra csupán „A"-ból tekintve, látszólag járt lassabban az „A" órához képest, s fordítva az „A" óra csupán „B"-ből tekintve, látszólag járt lassabban majd pedig - a forduláskor - gyorsabban a „B" órához képest.

Azaz, bár az órák helyzete aszimmetrikus, - azaz a tehetetlenségi rendszerek kitüntetettek a nem-tehetetlenségi rendszerekkel szemben - mégsem mondhatjuk erre az aszimmetriára hivatkozva, hogy az egyik rendszerhez tartozó történet igaz, a másik pedig nem, mert ekkor az egyik konkrét rendszert kitüntetnénk a másik - s ezzel az összes többi - rendszerrel szemben. Nem mondhatjuk azt: az egyik történet az utazó óra valóságos járását írja le, csak azt: az egyik rendszerhez képest relatíve így járt az óra, a másik rendszerhez képest relatíve másként járt ugyanez az óra.

Összegezve a fentieket: bár a végeredmény azonos lesz, bármely rendszerben írjuk is le, a „B" órának az elméleti számítások alapján előrejelzett lemaradását a relativitáselmélet fogalmi keretében nem előzi meg a „B" órának valóságosan lassúbb járása, csak innen vagy onnan nézve „relatíve" lassúbb járása. **Ezért állítja Dingle** (az előadásomban véletlenül Dicke-t mondtam, elnézést) **eretnek módon, az ortodox relativisztikus predikcióval - s ezzel magával az elmélet**

matematikájával - szemben, hogy ha helyesen fogjuk föl a relativitás elméletét, a „B" óra nem fog késni visszaérkezése után.

Ha viszont ragaszkodunk a relativitáselmélet matematikájához, a „B" óra abszolút módon el fog maradni az „A" óra mögött visszaérkezése után, azaz fizikai állapota „kitapinthatóan" más lesz mint a másik órának (máshol fog állni a mutatója, etc.). Mégpedig anélkül, hogy előtte valóságosan - azaz nem csupán valamely rendszerből tekintve, relatív módon - lassabban járt volna, mint az „A" óra.

3.) Bár az utazó óra tehetetlenségi erőket fog elszenvedni, s éppen ennek alapján válik aszimmetrikussá az „A" és a „B" óra viszonya, nem állíthatjuk azt, hogy ezen tehetetlenségi erők miatt fog késni a „B" óra visszaérkezése után. Ugyanis minél messzebb utazik a „B" óra, s minél messzebbről tér vissza, annál inkább késni fog. Még pedig akkor is, ha mindegyik esetben ugyanúgy, s ugyanazon tehetetlenségi erők elviselésével fog megfordulni.

4.) A „standard interpretáció" a Minkowski-téridőre és a világvonalakra hivatkozik, mint okra. Eszerint azért késik a „B" óra az „A"-hoz képest, mert más a Minkowski-térben a világvonala.
Csakhogy az óra a gondolatkísérlet szerint a csillagközi vagy a galaktikus térben mozog, s nem a Minkowski-téridőben (melyben mozgás nem is lehetséges, hiszen e téridőben egyszerre kerül ábrázolásra múlt, jelen és jövő).

Létezik egy valóságos fizikai világ, melyben a fizikai objektumok fizikailag változnak. Mi ebben a világban élünk, ezt tapasztaljuk. Az einsteini matematikai apparátus egy gondolatilag létrehozott matematikai rendszer, melynek segítségével sikeresen kalkulálhatjuk valóságos és lehetséges fizikai tapasztalatainkat. A Minkowski-téridő grafikus ábrázolása a világvonalakkal pedig egy ügyes eszköz e számítások (illetve az e számítások révén kapott összefüggések) szemléltetésére.
A standard interpretáció így a világvonalakra, mint „okokra" hivatkozva egy jól használható kalkulációs rendszer geometriai szemléltetését vetíti ki a fizikai valóságba, s tekinti azt eredendőbb fizikai valóságnak, mint azt a világot, amelynek leírására a fizikai elmélet absztrakció útján megalkotta e struktúrát.
Ám lehet-e egy Minkowski-téridőbe berajzolt világvonal annak oka, hogy az utazó óra visszaérkezése után késni fog - azaz mutatója fizikailag másképpen fog állni - a Földön maradt órához képest?

Ahhoz, hogy a visszatért utazó óra mutatója másképp álljon, mint a Földön maradt óra mutatója,
1.) az utazó órának legalább utazása néhány másodpercében fizikailag másképp kellett működnie, mint az itt maradt órának.
vagy el kell fogadnunk, hogy

2.) az utazó óra minden fizikai ok nélkül, - anélkül, hogy az óra utazása során bármikor valóban (azaz nem csupán ebből vagy abból a rendszerből, relatíve leírva, hanem abszolút módon) lassabban járt volna - visszaérkezése után késni fog.

A Minkowski-téridőbe berajzolt világvonalra mint okra való hivatkozás lényegében a 2.) lehetőség elfogadása.

Székely László