

Válasz Dr. Lukács Béla opponensi kérdéseire

Köszönöm Dr. Lukács Bélának az értekezésem gondos átolvasását, a megtisztelő véleményt, valamint a megjegyzéseket és kérdéseket, melyeket az alábbiakban válaszolok meg.

„Jelölt a dolgozat tárgyában 58 referált cikket írt [...] A Tézisekben ebből valamiért 18-at nevez meg, és az ezekre kapott hivatkozásokat nem összesíti [...] Fogalmam sincs, hogy Jelölt miért mellőzött a Tézisekben 40 munkát.”

Ennek elsődleges oka a cikkeimben érintett kutatási témák szerteágazó jellege. Bár mindegyikük az általános relativitáselmélet és alkalmazásai, illetve általánosításai tárgykörében született, az értekezésben ismertetett két nagy kutatási terület mellett kanonikus gravitációelmélet (geometrodinamika), kozmológia és sötét energia modellek, az Einstein egyenletek egzakt megoldásai, valamint gravitációs lencsézés alternatív gravitációelméletekben témakörökben publikáltam rendszeresen, ezeknek az ismertetése a megfelelő háttéranyag beemelésével az így sem rövid értekezésem hosszát megsokszorozta volna. Az értekezésben igyekeztem koherens logikai keretbe rendezni az abba beválogatott munkákat, ami nem illeszkedett szervesen, az kimaradt.

Második szempontom az volt, hogy bár a szabályzat nem tiltja, nem szerettem volna olyan munkákat a tézisek közé emelni, amelyekben ugyan meghatározó szerepem volt, de valamelyik diákom PhD fokozatszerzéséhez felhasználta vagy fel fogja használni őket.

Az említett 18 referált cikk jelenlegi összesített idézettsége 254 hivatkozás, az összes munkámé hozzávetőlegesen ennek a háromszorosa.

- 1) kérdés: A 4.2 táblázat 3 sora 3 különböző mennyiségre mutat időskálákat. A 3 oszlop viszont az ábraszöveg szerint 3 különböző tömegarányra adja az értéket, míg a táblázat saját szerkezete szerint az evolúció 3 szakaszára vonatkozik. A két kijelentés egyszerre nem lehet igaz, kérdezem tehát, hogy mik valójában a 4.2 táblázat oszlopai.*

A táblázat 3 sora valóban 3 folyamat (a gravitációs sugárzás miatt bekövetkező bespirálózás, a precesszió, illetve a spin-átfordulás) időskáláját mutatja, az evolúció 3 szakaszában, amelyeket az

oszlopok jelölnek. Az evolúció 3 szakaszát a spin és a pálya-impulzuszmomentum nagyságának viszonya mellett az időben változó posztnewtoni paraméterrel is jellemezhetjük, ennek a három oszlopra jellemző tipikus értékeit sorolja fel az ábrafelirat utolsó mondata. A tömegarány és az össztömeg ugyanaz a táblázat összes oszlopában és sorában. A félreértést feltehetően az ábrafeliratban a tömegarányt követő pontosvessző kettőspontként olvasása okozhatta.

2) *Jelölt maga vezetett be egy új mennyiséget (3.4. Összefoglalás, 44. old.: „...Az önkölcsönhatási spin járulékok létezése munkám előtt nem volt ismert...”)* Mármint a dolgozat elolvasása után nem kétséges, hogy önkölcsönhatási spin járulék van, de az még kétséges, mi az. Konkrétan: a (3.29-33) egyenletek adják az energia felbontását 3 tagra, de úgy, hogy az N tag (3.30) a QM tag (3.32), de az SS tag (3.31) és (3.32). Az első az SS -self indexet viseli, a második az S_1S_2 -t. Mármint bármik is legyenek a részletek, magyarul csak az SS _self lehet önkölcsönhatás, mivel a másik nyilván a 2 spín kölcsönhatása (nem ön-). (3.31) viszont megint csak problematikus, mivel két spínünk van, nem egy, tehát nem világos, mi hatna itt kölcsön Ónmagával. [...] itt nincs egyetlen S ami önkölcsönhathatna. Tehát: mi az önkölcsönhatási spin járulék, és mi az igazi neve?

Az önkölcsönhatási spin járulék a dinamika konzervatív részében nem jelenik meg, szemben a spin-pálya (SO), a kvadrupól-monopól (QM) és a tulajdonképpeni spin-spin (S_1S_2) járulékokkal szemben. Ilyen járulék csupán a gravitációs sugárzás által elvitt energia számolásakor jelenik meg egy spin-pálya kölcsönhatásban bilineáris tagból. A (3.29-33) egyenletcsoport által megadott energiaveszteségek sorjában a newtoni-, az önkölcsönhatási spin-, a két spin kölcsönhatásából fakadó-, illetve a kvadrupól-monopól járulékok. Az energiaveszteség (3.31) önkölcsönhatási spin járulékát a kéttest-rendszer sebesség-kvadrupólmomentumának harmadik deriváltjában négyzetes tag adja. Ez a sebesség-kvadrupólmomentum lineáris a spinben, így ebből egyaránt származnak S_1S_2 típusú tagok (melyek a gyorsulásban található S_1S_2 típusú tagokkal kombinálódva adják (3.32)-t), valamint $(S_1)^2$ és $(S_2)^2$ típusú tagok. Utóbbiak az önkölcsönhatási spin tagok (SS -self). A járulékok számolásának részletes ismertetése a

[3] L. Á. Gergely, Phys. Rev. D 61, 024035 (1999) munkában található.

Az SS jelölés mind az S_1S_2 , mind az SS -self tagokat tartalmazza.

A bránelméletekről szóló résszel kapcsolatos megjegyzésekre a következőket válaszolom. A magam részéről én sem abban hiszek, hogy a bránelmélet lenne a természet leírására alkalmas végső elmélet. Inkább egy olyan lehetőségként tekintek rá, melynek segítségével megvizsgálhatjuk az extra dimenziók hatását a 3+1 dimenziós világunkra. A bonyolultabb magasabb dimenziós modellek többségével szemben a bránelmélet egyrészt megfigyelésekkel ellenőrizhető jóslatokhoz vezet, másrészt módszereiben igen közel marad az általános relativitáselmülethez, annak geometriai szemléletéhez, így az eredmények összehasonlítása is könnyebb, mint más alternatív gravitációelméletek esetén.

A bránelméletek nagyfokú anizotrópiájával és a Kozmológiai Elvvel kapcsolatosan kiemelném, hogy a brán-kozmológia csak a 3+1 dimenziós bránra vonatkozóan várja el a Kozmológiai Elv teljesülését. Ennek oka az, hogy a részecskefizikai standard modell anyagi mezői csupán a bránon vannak jelen. Ezért a Gyengébb Kozmológiai Elv olyan változatát tartanám megvizsgálásra érdemesnek a brán-kozmológia kapcsán, amelyben csupán a bránon teljesül a konform Killing vektorokra épülő Gyenge Kozmológiai Elv.

Az opponensi vélemény második oldalának alján megadott 5-dimenziós metrika az x^5 koordináta átdefiniálása után expliciten sík, azonban az opponens nyilvánvalóan arra az ívelemnégyzetre gondol, amelyben az utolsó metrikus együttható (az ún. warp-faktor) a (t,x,y,z) koordinátákkal megadott 3+1 dimenziós sík részt szorozza. Az, hogy ennek a Randall és Sundrum által vizsgált 5-dimenziós metrikának teljes konform Killing szimmetriája van, számomra is új információ, megosztását köszönöm. Felmerül, hogy érvényes marad-e ez az állítás azokban az esetekben (vagy legalább részükben), amikor a brán görbült? A töltött Vaidya- anti de Sitter 5-dimenziós téridőbe ágyazott Friedmann brán esetén ezt a kérdést majd egy diplomamunka vagy PhD munkásság keretén belül megvizsgáljuk a csoportomban.

„A nem észlelhető részben akármilyen lehet, és azzal az észlelhetőben majdnem akármilyen lehet megmagyarázni. [...] Ha viszont par excellence lokális objektumokról van szó (pl. fekete lyuk/gravitációs kollapszus), akkor a „megmagyarázás” meggyőző ereje kérdéses.”

Egyetértek azzal az állítással, hogy az 5-dimenzióban ható gravitáció több szabadsági foka lehetőséget teremt sok minden megmagyarázására. Az extra szabadsági fokok egy része azonban megjelenik a bránon észlelhető dinamikában is. Például az 5-

dimenziós Weyl-tenzor ún. elektromos brán-projekciója forrásként jelenik meg a bránon érvényes effektív Einstein-egyenletben és így értéke megfigyelésekkel korlátozható. A gravitációs dinamika a bránon viszont akkor is más, ha az 5-dimenziós Weyl-tenzor elektromos része nulla, ugyanis a 4-dimenziós effektív Einstein-egyenletnek van egy új, energia-impulzusban négyzetes forrástagja (ezt a brán külső görbületéből kapjuk, a Lanczos-egyenlet felhasználásával).

A gravitációs kollapszus vizsgálatában pontosan azt szerettem volna tisztázni, hogy az végbemehet-e nulla elektromos Weyl-járulék jelenlétében. A válasz igenlő volt, azonban ehhez a nyomásnak és energiasűrűségnek jól meghatározott speciális módon kell együtt fejlődnie.

„a 8.3 fejezet, és a 10.2b pontja egyaránt, „5D gravitonokat” említ. 8.3-ban Jelölt helyesen megjegyzi, hogy ez részecskefizikai nyelvezet. Gravitonokról akkor lehetne szó, ha az 5D Általános Relativitáselmélet a Relativisztikus Kvantumgravitáció volna, amire semmi jel sem mutat. Működőképes Általános Relativitáselmélet - Kvantumtérelmélet egyesítés (egyelőre?) nincs, és a graviton egy ilyen elmélet objektuma lenne, mint ahogyan a foton a Speciális Relativitáselmélet és a Kvantummechanika egyesítéseként adódó Kvantumtérelmélet objektuma. Jelölt terminológiája 8.3-ban („...kis fluktuációk gravitációs hullámokat keltenek, ezek egyrésze az extra dimenzióba távozhat”), pontos és helyes. De 10. 2b Jelölt saját összefoglalása, és itt ellenzem a „graviton” terminológiát.”

A graviton terminológiát a bránelméleti szakirodalomban elterjedt módon használják, ezt követtem én is néhány helyen, de a megjegyzéssel teljes mértékben egyetértek és az értekezésem végső, archiválendő változatában elvégeztem a „graviton” -> „gravitációs hullám” cserét.

Gergely Á. László

Szeged, 2013-05-15

Gergely Árpád László