

# Bírálat

**Rácz István**

## FEKETELYUKAK A GRAVITÁCIÓ GEOMETRIZÁLT ELMÉLETEIBEN

című, az MTA doktora cím  
elnyerésére benyújtott értekezéséről

Az értekezés az általános relativitáselmélet fontos fogalmával, a fekete lyukakkal kapcsolatos matematikai tulajdonságokat vizsgálja, valamint ezen matematikai eredmények kiterjeszthetőségét az einsteinitől eltérő, egyes alternatív gravitációelméletekre. A vizsgált kérdések megválaszolása elvi jelentőséggel bír, az egyik eredmény például az Israel- és Carter-féle fekete lyuk-egyértelműségi tételek bizonyításánál használt feltételezések jogosságát biztosítja.

Az értekezés számos önálló eredményt mutat be, melyeket a téziszűzet részletesen ismertet. Az értekezés szerkezete a következő:

A bevezető fejezet a fekete lyukak fogalmának korai változatával (sötét csillag), majd a Schwarzschild fekete lyuk tárgyalásán keresztül a fontosabb kapcsolódó fogalmakkal ismerteti meg az olvasót. A tárgyalás didaktikus, egyetlen kritikai megjegyzésem, hogy érdemes lett volna a fehér lyuk fogalmát már itt értelmezni (a következő fejezetben található meg), hasonlóan a többi említett fogalomhoz.

A 2. fejezet a fekete lyuk fogalommal összefüggő társ-fogalmak precíz matematikai definícióját tartalmazza.

A 3. fejezet a fekete lyuk téridők lokális kiterjeszthetőségét vizsgálja, nullától különböző felületi gravitációjú esetekben, azaz nem extrém fekete lyukak esetén.

A 4. fejezet a globális kiterjeszthetőséget vizsgálja. Bebizonyítja, hogy amennyiben az anyagi mezők is rendelkeznek a téridő vizsgált szimmetriáival, azok is kiterjeszthetők.

Az 5. fejezetben 4-dimenziós Einstein-Maxwell tereket tekint, nem-degenerált Killing horizonttal. Feltételeket határoz meg, melyeknek a horizonton való teljesülése esetén a téridő meghatározottá válik (a téregyenletek által). Azaz a Newman-Penrose formalizmusban megvizsgálja, hogy a Killing horizonton indukált metrika milyen segéd-információk ismeretében egyenértékű a teljes metrikával.

A 6. fejezetben olyan stacionárius, aszimptotikusan sík elektrovákuum téridők szimmetria-tulajdonságait vizsgálja, melyek nem-degenerált eseményhorizontú fekete lyukat tartalmaznak, és kimutatja egy második, a tengelyszimmetriával összefüggő Killing vektor létezését. Megmutatja azt is, hogy hiperbolikus fejlődésegyenletekkel jellemezhető gravitációs elméletekben a kezdőadatok szimmetriáit a dinamika megőrzi.

A 7. fejezetben magasabb dimenziós Einstein-elméleteket vizsgál.

*Tézispontok:* Valamennyi pontot új, önálló eredményként elfogadom.

*Nyelvezet és jelölésrendszer:* Az értekezés jól megírt, az eredményeket tömören mutatja be. Az értekezés jelölésrendszere konzisztens és logikus. A felhasznált technikai jellegű definíciók miatt a szöveg nem könnyű olvasmány, de ez a választott téma és bizonyítások ismertetésében elkerülhetetlen. A szerző a levezetések, eredmények ismertetésén túl gondot fordít ezek közérthető formában való megfogalmazására is.

*Kérdések:*

1. A második fejezetben említi: „A felületi gravitáció elnevezés onnan adódik, hogy egy sztatikus feketelyuk esetében éppen  $\kappa$  értéke mondja meg, hogy egy súlytalanak és eltéphetetlennek gondolt kötél végét a feketelyuktól végtelen nagy távolságban tartva mekkora erőt kellene kifejtenem ahhoz, hogy egy egységnyi tömegű testet nyugalomban tarthassak a feketelyuk horizontján.” Mit jelent ebben az értelmezésben a felületi gravitáció nulla értéke? Amennyiben érvényes marad az értelmezés, hogyan tartja meg az egységnyi tömeget a horizonton a kötél végén „kifejtett” nulla erő? Ha nem marad érvényben az értelmezés, hogyan pontosítaná?
2. Napjainkban meglehetősen kiterjedt irodalom foglalkozik az extrém fekete lyukak horizont-közeli tartományának vizsgálatával. Ennek legegyszerűbb és legrégebben ismert esete szerint az extrém Reissner-Nordström téridő horizont-közeli tartományát a Bertotti-Robinson téridővel azonosítják. A kétféle téridő egymásba transzformálható, azonban komplex koordináta transzformációval. Az értekezésben bemutatott módszerek, eredmények fényében miként vélekedik a két téridő azonosításáról?
3. A 7. fejezetben ismerteti új, egyszerűbb bizonyításait az általános relativitáselméletben már ismert, de magasabb dimenziós Einstein elméletekben is bizonyított tételeknek, úgy mind Hawking feketelyuk-topológiai tétele, valamint ennek Gibbons és Woolgar által kidolgozott, negatív kozmológiai állandó esetén érvényes általánosítása.

A magasabb dimenziós Einstein elméleteknek viszont csak vákuumban van jelentősége, tekintettel arra, hogy a standard modell mezői 3+1 dimenziósak. Ezt az anyagot disztribúció formájában lehet figyelembe venni egy magasabb dimenziós Einstein elméletben, 5 dimenzió esetén ezt a brán-elmélet teszi meg. Érvényes-e a kidolgozott bizonyítás (ellenkező esetben mi mondható el)

a brán-elméletre, mely az egyetlen olyan magasabb dimenziós Einstein elmélet, mely a megfigyelésekkel összhangban áll?

[A brán-elméletben az 5-dimenziós kozmológiai állandó negatív, maga a brán pedig egy disztribúció jellegű energia-impulzus tenzort tartalmazó időszerű hiperfelület, azaz az 5-dimenziós Einstein elméletnek disztribúció jellegű forrása (is) van. Az 5-dimenziós fekete lyuk horizontja kimetsz egy zárt felületet a bránból, amit ott (4-dimenziós világunkban) 4-dimenziós fekete lyukként érzékelünk.]

*Összefoglaló vélemény:*

Az értekezés kétségtől igen komoly, kiforrott, technikai jellegű munkáról számol be, melyet az általános relativitáselmélet fontos területén, a fekete lyukak matematikai tulajdonságainak vizsgálatában végzett el. Az értekezés kerek egységet alkot, monográfia jellegű, eredményeit a szerző 8 szakcikk formájában publikálta, valamennyit rangos folyóiratban.

A feltett kérdésekre adandó válaszoktól függetlenül (ezek az értekezés eredményeit nem kérdőjelezik meg) javaslom az

- értekezés nyilvános vitára bocsátását és
- az elkészült értekezés alapján az MTA doktori cím odaítélését.

2011. március 31.



Gergely Árpád László