

Szakmai beszámoló

Doktorandusz képzés

A tudományos iskola pályázat támogatásának négy éve alatt az RMKI-ban **Czinner Viktor** elkészítette és megvédte PhD disszertációját a „A késői univerzum lineáris perturbációi kozmológiai állandó jelenlétében” címmel, **Majár János** jelenleg írja az értekezését „Kompakt kettős rendszerek által keltett gravitációs hullámok” címmel és már elindította a doktori folyamatot. **Lukács Arpád**, akit egy éven át állt az Iskola alkalmazásában jelenleg az RMKI-ban kapott fiatal kutatói állást.

Szegeden a pályázat futamideje alatt a doktori képzésben három hallgató vett részt.

- **Mikóczy Balázs** 2003-ban szerzett fizikus diplomát. 2003 novemberétől a jelenlegi pályázat keretében nyert alkalmazást 18 hónapig. Ezt követően a Szegedi Tudományegyetem Fizika Doktori Iskolájában elnyert egy éves ösztöndíjat, melynek újabb éves hosszabbítására tavaly szeptemberben lehetőség adódott.
- **Keresztes Zoltán** 2004-ben szerzett fizikus diplomát, ezt követően felvételt nyert a Szegedi Tudományegyetem Fizika Doktori Iskolájába ösztöndíjasként.
- **Kovács Zoltán** 2001-ben szerzett fizikus diplomát, ezt követően a Heidelberg-i egyetemen folytatott csillagászati Ph.D. tanulmányokat. A Tudományos Iskola 2006 szeptemberétől alkalmazta 7 hónapig, mely idő alatt *csillagász PhD-t szerzett Heidelberg-ben*. Ezt követően, fizikus PhD megszerzése céljából költségtérítéses hallgatóként felvételt nyert a Szegedi Tudományegyetem Fizika Doktori Iskolájába. Jelenleg a Bonn-i egyetemen vesz részt néhány hónapos Erasmus csereprogramban.

Mivel jelenleg mindhárom szegedi doktorandusz megélhetése a hallgatói jogviszony függvénye, fokozatszerzésre való jelentkezésre még nem kerülhetett sor (a jelentkezés feltétele az abszolutórium, ennek megítélése pedig a hallgatói jogviszony megszűnését vonja maga után). Mindhárman szegedi doktorandusz *teljesítette* már a *PhD fokozatszerzésnek a kutatással összefüggő követelményeit*.

Végül 2006 őszétől kezdődően két új fiatal kapcsolódott az Iskola tevékenységéhez: **Horváth Zsolt** (államilag finanszírozott) és **Nagy Botond** (költségtérítéses) első éves PhD hallgatók.

Tudományos eredmények

Gravitációs sugárzás

A gravitációs hullámok egyik legjelentősebb forrása két egymás körül keringő nagy tömegű test. Ezek észlelése a már méréseket végző földi gravitációs-hullám obszervatóriumok, valamint a tervezett, űrbe telepített detektorok segítségével várható. A mérések szempontjából ezek a kompakt kettős rendszerek a gravitációs hullám obszervatóriumok egyik legjelentősebb forrásai, mivel jól meghatározott hullámformával jellemezhetők. A mérések kiértékelése során a detektor zajos kimenetét a várható jelalakokkal vetik össze, ami döntően igényli a hullámformák kiszámítását az elmélet alapján. A jelalakot a sugárzás frekvenciája és intenzitása jellemzi az idő függvényében. A sugárzás jelalakjának kiszámítására egy elterjedt közelítő módszer a post-newtoni formalizmus, amelyben a sugárzási tér a Minkowski-téridő metrikája körüli sorfejtéssel áll elő a post-newtoni paraméter hatványainak segítségével. Gravitációs sugárzás hatására a kompakt kettős rendszerek (neutron-csillagok és fekete lyukak) energiát, impulzust és impulzusmomentumot veszítenek, tagjai egyre közelebb kerülnek egymáshoz, és végül összeolvadnak.

A kettős rendszerek mozgásának és az általuk keltett gravitációs sugárzás tanulmányozását a post-newtoni formalizmusnak a keretein belül végeztük. Vizsgáltuk a testek véges kiterjedéséből származó effektusok hatását erre a folyamatra. Számításaink figyelembe vették a testek forgását, a tömeg-eloszlások kvadrupól-momentumát és esetleges mágneses dipól momentumát. Találtunk új, a spin önkölcsönhatásból származó járulékokat is. Korábbi munkánk folytatásaként megadtuk a megmaradó mennyiségek sugárzás hatására bekövetkező változását és tanulmányoztuk a sugárzási visszahatás következményeit a keringési pálya fejlődésére.

A kompakt kettős rendszerek esetében a mozgás radiális része szeparálható. Ezt kihasználva, felírtuk a Kepler egyenletet erre az esetre az összes lineáris effektus figyelembevételével. Vizsgáltuk a mozgás radiális részével kapcsolatba hozható pályaelemek gravitációs sugárzás miatt bekövetkező időfejlődését.

Általános erő által perturbált Kepler pályákra megadtuk a szekuláris effektusok reziduumból való számolhatóságának kritériumát és bebizonyítottuk, hogy az esetek túlnyomó részében az egyetlen pólus az origó.

Megadtuk a keltett gravitációs hullám frekvenciájának időfejlődését, valamint a kettős rendszer összeolvadásáig hátralévő keringési ciklusok számát körpálya esetén második poszt-newtoni rendig a testek véges kiterjedéséből származó járulékok figyelembe vételével.

Egyik kiemelendő új eredményként a spinek önkölcsönhatásából származó járulékok kiszámítását tartjuk, melyeket az irodalom nem tárgyalt. Ezen új járulékok pl. az újonnan fölfedezett J0737-3039 kettős-pulzár esetében a spinek kölcsönhatásából származó járulékok nagyságrendjébe esnek. Másrészt a vezető rendű sugárzási korrekciókat is adják, ha az egyik test tömege és forgása elhanyagolható a másikéhoz képest.

Az összeolvadó kettős rendszer mozgásának leírásán felül a gravitációs sugárzás vizsgálatát kiterjesztettük a mérhető jelalakok és elméleti hullámforma jóslatok megadásával. Ezek ismerete az adatfeldolgozás során fontos szerepet játszik, amelyek segítségével a mért adatok és az elméleti jóslatok összevethetők. A jelalakok megadására a kettős rendszer mozgásának leírása során kidolgozott eredmények használhatók. Excentrikus pályán mozgó kettős rendszereket vizsgáltunk abban az esetben, amikor egyikük forgása és tömegarányuk elhanyagolható (Lense-Thirring közelítésben). Az általánosított valódi anomália paraméter segítségével megadtuk a keletkező gravitációs hullámok polarizációs állapotait a poszt-newtoni formalizmus keretein belül a vezető rendű kvadrupól-formulánál magasabb sugárzási momentumok figyelembe vételével. A mérhető jelalak a magasabb harmonikusok összegeként adódik. Körpálya határesetben megadható továbbá a polarizációs állapotok explicit időfüggése. A mozgás és a

gravitációs hullámok leírását kiterjesztettük arra az esetre, amikor a két test tömege összemérhető, de egyikük forgása továbbra is elhanyagolható.

Fekete lyuk perturbációk

A gravitációs sugárzás elméletének másik elterjedt módszere a fekete lyuk perturbációs technika, amelyben a fekete lyuk metrikája körül végzünk sorfejtést. A Newman-Penrose formalizmus segítségével töltött, forgó fekete lyukak esetén megvizsgáltuk az elektromágneses és gravitációs perturbációk viselkedését, amelyet egy csatolt egyenletrendszer határoz meg.

Tanulmányoztuk továbbá fekete lyukak görbületi főirányainak viselkedését gravitációs és elektromágneses perturbációk hatására. Megvizsgáltuk a görbületi invariánsok és főirányok változását Petrov D típusú és kozmológiai téridők esetén. Egy új módszerrel beláttuk, hogy Kasner-téridőkben nem jelenik meg sugárzás, valamint, hogy a mixmaster kozmológiát közelítőleg leíró BKL dinamika jellemezhető a megfigyelhető mennyiségekkel összefüggő görbületi invariánsok segítségével.

Kozmológia

A kozmológiai perturbációk vizsgálatával a kozmikus mikrohullámú háttérsugárzás mérésekhez kívánunk elméleti háttérrel kidolgozni. Jelen megfigyelések összhangban vannak egy nem-eltűnő kozmológiai állandó feltételezésével, ami a sötét energia egyik legegyszerűbb formája.

Sík, pordominált Friedman-Robertson-Walker univerzumban lineáris kozmológiai perturbációk viselkedését vizsgáltuk kozmológiai állandó jelenlétében. Előállítottuk az ideális folyadékként jellemezhető, porral töltött Friedmann–Robertson–Walker univerzum lineáris perturbációinak teljes C^∞ megoldását. A megoldást felhasználva Sachs és Wolfe munkája nyomán megvizsgáltuk a mikrohullámú háttérsugárzás hőmérsékletfluktuációinak viselkedését. Megadtuk a Sachs-Wolfe tag időfüggését, valamint a kozmológiai állandó jelenléte miatt fellépő késői integrális Sachs–Wolfe effektus analitikus alakját. Megmutattuk, hogy a téregyenletek megoldása előállítható a Bardeen-féle kovariáns formalizmusban is, ahol megadtuk a megoldást együttmozgó és Newtoni mértékben egyaránt. Az így kapott analitikus eredmények ismeretében meghatároztuk az ún. tágulási faktort, valamint a késői integrális Sachs–Wolfe effektus anizotrópia-momentumait leíró integrál argumentumának analitikus alakját és teljesítményspektrumát. Feltételezve, hogy a fluktuációk spektruma kezdetben skálafüggetlen, Harrison-Zeldovich alakú, a kapott teljesítményspektrum nagyon jó egyezést mutat korábbi munkák numerikusan származtatott görbéivel.

A modern asztrofizikai mérések szerint az Univerzum gyorsulva tágul. A szokásos homogén és izotróp kozmológiai modellek keretei között ez a tény csak valamilyen különleges anyagfajta, a sötét energia feltételezésével magyarázható. Perturbációs számítás és numerikus vizsgálatok segítségével megmutattuk, hogy a gyorsuló tágulás a nemrelativisztikus anyag inhomogén eloszlásának a következménye is lehet. A pordominált, homogén és izotróp Friedmann-Robertson-Walker univerzum perturbációit vizsgáltuk, amelyeket a sűrűségfluktuációk keltenek és megadtuk a skálafaktornak egy homogén megoldáshoz képest gyorsulást leíró járulékát.

Több dimenziós „brán” világok

A brán-modellek 5-dimenziós sokaságokba ágyazott 4 dimenziós hiperfelületek. A 4-dimenziós gravitációs állandó kialakításában szerepet játszik egy nagy brán-feszültség. Az első brán-modellek a húr-elmélet / M-elmélet effektív elméleteiként jelentek meg. Az általánosított brán-elméletekben a gravitáció 5-dimenziós kölcsönhatás, mely az (5-dimenziós) Einstein-egyenlet szerint fejlődik, míg a többi kölcsönhatás a szokásos 4-dimenziós jelleggel bír. 4-dimenziós világunk gravitációját egy proiciált Einstein-elmélet uralja, melynek értelmében a gravitáció nem csupán tenzor-, hanem vektor- és skalár-módusokkal is rendelkezik.

Nemzetközi kollaborációban, az Institute of Cosmology and Gravitation, University of Portsmouth kutatóival közösen az 5-dimenziós téridőbe aszimmetrikusan beágyazott bránokat vizsgáltunk. Elemeztük az aszimmetria kozmológiai hatásait mind a Randall-Sundrum II-típusú, mind a Dvali-Gabadadze-Porrati (indukált gravitációt tartalmazó) modellekben. Beláttuk, hogy míg az első modell-családban a késői univerzum gyorsulását okozza, addig a második modell-családban a szimmetrikus esetben jószolt gyorsulást az aszimmetria csökkenti.

Megvizsgáltuk egy ötödik dimenzióban található fekete lyuk Hawking-sugárzásának hatását egy zárt brán kozmológiai fejlődésére. A sugárzás bránon elnyelődő része hideg sötét anyagként viselkedik, lassítva a kozmikus tágulást, miközben a sugárnyomás gyorsítja azt. Megállapítottuk a kritikus kezdeti energiasűrűség-értéket, amely esetén a két hatás kioltja egymást. Részben áttetsző bránok esetében a kritikus viselkedés a transzmisszió növelésével megszűnik és a sötét anyag effektus dominál.

Általában is igaz, hogy a sötét anyag hipotézis részben az ötödik dimenzióval összefüggő geometriai hatásokkal helyettesíthető. Ugyanez elmondható a galaktikus elektromos terekre is, melyekben az elektromos töltés négyzetét az ún. árapálytöltés váltja fel. Megvizsgáltuk az árapálytöltés által okozott gyenge gravitációs lencsézést másodrendig a kis lencséző paraméterekben.

Levezettük a luminozitás-távolság – vöröseltolódás összefüggés analitikus alakját brán-világokban, majd összehasonlítást végeztünk a szupernóva adatokkal, igen jó egyezést találva.

Brán-világokban a fekete lyukak szokatlan tulajdonságokkal bírnak. Az általános relativitáselmélettel szemben nemcsak megengedett, de általában törvényszerű is a gömbszimmetrikus gravitációs sugárzás. Elsőként mutattunk rá, hogy a gömbszimmetrikus fekete lyukak a brán-elméletben is sztatikusak maradhatnak a brán-feszültségnek az anyag csomósodásával szemben fellépő válaszának köszönhetően. A folyamat során a horizont alatt sötét energia keletkezik, ennek hatását azonban elnyomja a brán-elméletben jelenlévő, az energia-impulzusban négyzetes forrástág.

Megvizsgáltuk az Einstein-Straus Swiss-Cheese-típusú kozmológiákat brán-világokban. Az ilyen kozmológiák fekete lyukakat is tartalmaznak, így lokális inhomogenitások tanulmányozására alkalmasak, szemben a homogén Friedmann modellekkel. Megmutattuk, hogy árapály-töltés hiányában a Swiss-cheese szerkezetű bránt az ötödik dimenzióba kiterjedő fekete húrok hozzák létre. A brán kozmológiai és a fekete lyuk tartományaiban a kozmológiai konstansok jelentős eltérése új, reguláris kozmológiai fejlődés által kísért nyomás-szingularitást hoz létre. Kimutattuk azt is, hogy a brán aszimmetrikus beágyazása hasonló jelenséghez vezet és meghatároztuk az aszimmetria azon kritikus paraméterét a kozmológiai konstans függvényében, melyre ez még bekövetkezik.

A brán beágyazásán alapuló új gravitációs változók függvényében kidolgoztuk a dinamikai egyenleteket, illetve megadtuk a modell hamiltoni leírását.

Csillagmodellek.

Forgó neutroncsillagok szerkezetét tanulmányozó kutatásaink során a tökéletes folyadékgömbök lassú és merev forgását leíró téregyenleteket vizsgáltuk numerikusan a kis forgási paraméter szerinti második rendig. Megmutattuk, hogy minden lassan és mereven forgó folyadékgömb illeszthető egy nem feltétlenül aszimptotikusan sík vákuum téridőhöz a nulla nyomású határfelületen keresztül. Ez azt is jelenti, hogy a legtöbb megoldás valamilyen külső hatás által deformált csillagot ír le. Részletesen tanulmányoztuk a Petrov D algebrai típusú folyadékokból felépített csillagokat. Ez a feltétel a téridő görbületének a típusára ekkor a csillag anyagának az állapotegyenletét határozza meg. Ezeket a konfigurációkat öt integrációs konstans írja le egyértelműen, a nem forgó megoldás középponti nyomása és sűrűsége, az elsőrendűen kicsi forgási paraméter, egy további másodrendű paraméter, és a középponti nyomás kis másodrendű perturbációja. Ennek a paraméter-térnek egy négydimenziós altere adja az aszimptotikusan sík külső térrel rendelkező megoldások halmazát. Ezeket a megoldásokat már egyértelműen jellemzi a nem forgó alapmegoldás és a forgási paraméter nagysága. Meghatároztuk az algebrailag speciális megoldások fizikai tulajdonságait, így például a csillag formáját, az anyag állapotegyenletét, és a hang terjedési sebességét.

Lineáris állapotegyenlettel rendelkező tökéletes folyadékokat tartalmazó Bianchi V és I típusú kozmológiai modelleket tanulmányoztunk nem nulla kozmológiai konstans esetén. Tetrád megközelítést alkalmaztunk, ahol a változónak a Riemann tenzort, a Ricci rotációs koefficienseket, és a tetrád-vektor komponensek egy részhalmazát használtuk. Ez a halmaz, amit S -sel jelöltünk, ha kielégít bizonyos integrabilitási feltételeket akkor meghatároz egy téridőt, és Cartan egy tételének köszönhetően a téridő egy teljes lokális leírását adja. A Lie algebra segítségével megkonstruáltuk a teljes metrikus tenzort az S halmaz elemeivel kifejezve. Az integrabilitási feltételek és az Einstein egyenletek S -re való kirovásával kapott rendszer öt csatolt elsőrendű közönséges differenciálegyenletből álló integrálható rendszerré redukálható. Általában nehéz egzakt megoldásokat találni, de a nyílt Friedmann modellek körül linearizált egyenletek könnyen integrálhatók. A teljes rendszert numerikusan is tanulmányoztuk, és beláttuk, hogy a perturbatív megoldások jól megegyeznek a numerikus megoldásokkal a megfelelő tartományokban. A vizsgálatainkból jól látható, hogy a perturbatív megoldások gyorsan konvergálnak amikor másodrendű tagokat is figyelembe veszünk. Továbbá, bemutattunk néhány numerikus megoldást a nem-perturbatív tartományban.

Összehasonlítottuk az Oppenheimer-Snyder csillag-kollapszus lefolyását az általános relativitáselméletben és a brán-elméletben. Míg az általános relativitáselméletben az összeomló csillag-anyagot lehetséges nulla nyomású folyadékként (porként) modellezni, addig a porhipotézis a brán-elméletekben csak közelítőleg tartható. Nagytömegű fekete lyukakba (> 1000 Naptömeg) való összeomlás esetén a por-közelítés a horizonton való áthaladás után is kiváló, kistömegű fekete lyuk kialakulása esetén azonban jelentős feszültségek keletkeznek, melyek sötét energiává alakítják a csillag-anyagot.

A kvantum-gravitáció problémái

Az elméleti fizika egyik legnagyobb, máig megoldatlan problémája az általános relativitáselmélet és a kvantumelmélet szintézise. A 80-as évek egyik reménykeltő elmélete a szupergravitáció volt, melytől azt várták, hogy divergenciákat nem tartalmazó kvantumtérelmélethez vezet. Ez a remény nem igazolódt, azonban általánosabb (sztring) modellek határeseteként az elméletnek van létjogosultsága, így kozmológiai következményei fontosak lehetnek. Jelenleg a kvantumgravitáció egyik legizgalmasabb megoldási javaslata az új (Ashtekar) változók bevezetésén alapuló kanonikus (vagy loop) kvantumgravitáció-elmélet. Mindkét elmélet keretei között végeztünk vizsgálatokat.

A szupergravitáció-elmélet keretei között levezettük a homogén, szuperszimmetrikus kozmológiai megoldás feltételét. Ezt alkalmazva bebizonyítottuk, hogy a Friedmann-Robertson-Walker-típusú ill. a Kasner-típusú homogén kozmológiákban a szuperszimmetria szükségképpen sérül, ami azért is érdekes, mivel jól ismert, hogy a részecskefizikai kísérleti tapasztalattal csak a szuperszimmetria (fermionok és bozonok cseréjével járó művelet, az egyetlen, ami a dinamikai és geometriai szimmetriákat egyesítheti) spontán sértett formája férhet össze.

Numerikusan tanulmányoztuk a modern kanonikus kvantumgravitáció elméletében szerepet játszó területoperátor első 37000 sajátértékét, skálaviselkedést találtunk. Megmutattuk, hogy az elmélet keretei között hogyan kvantálható tömeges vektortér Higgs-mechanizmus nélkül. Rámutattunk, hogy az elmélet nem ad jóslatot a tömeg nagyságára. Ezek a technikai eredmények az elmélet fejlődéséhez hozzájárulhatnak.

Megvizsgáltuk a forgó fekete lyukak lineáris perturbációit leíró ún. Teukolsky-egyenlet által definiált perturbációk kanonikus kvantálását. Megmutattuk, hogy a Teukolsky-egyenlet Lagrange-függvénye bár kvadratikusan a változóiban, de komplex, amely tény a közelítésben leírt gerjesztések bomlására utal.

Az általános relativitáselmélet kvantálásának egyik alapproblémája, hogy az általános kovariancia miatt, az idő definíciója nehézségekbe ütközik. A fizikai rendszer által valamilyen módon kitüntetett idő hiányában a gravitáció hamiltoni tárgyalása csak korlátozott mértékben lehetséges, az ún. „sok-ujjú idő-formalizmusban”. Emiatt a kanonikus kvantálás megszokott útja sem járható.

Mind a brán-elméletekben, mind olyan általános relativisztikus esetekben, ahol létezik egy kitüntetett térszerű irány is az idő-irány mellett, indokolt a gravitáció egyenleteinek az $s+1+1$ dimenziós felbontását elvégezni. Ezt a formalizmust kidolgoztuk, eredményeink hasznosíthatók mind a brán világok kezdeti-érték problémájában és kanonikus formalizmusában, mind a klasszikus gravitációelmélet szimmetriákkal rendelkező téridőinek vizsgálatában.

Az általános relativitáselmélet keretein belül, bizonyos anyagi források jelenlétében lehetséges kitüntetett időparaméter kiválasztása. Ilyen anyagi rendszer a két, egymással ellentétes irányban terjedő sugárzás is. A sugárzást geometriai optikai közelítésben null porral modellezzük. A kétkomponensű null por algebrailag egy anizotrop folyadékkal ekvivalens. Ennek sajátidejét használtuk fel az általános relativitáselmélet idő-problémájának feltörésére. Elvégeztük az ilyen típusú forrást tartalmazó téridők hamiltoni analízisét gömbszimmetrikus esetben, mind a sztatikus, mind a homogenitás feltevése mellett. Az új változóiban a hamiltoni kényszer lineárisá vált az időhöz tartozó impulzusban. Ez lehetőséget teremt egy funkcionál Schrödinger-egyenlet felírására. Az új kényszerek kommutátora ún. erős értelemben is nulla.

Sikerült elvégeztük a két Killing vektorral rendelkező téridők (ilyen pl. a forgó fekete lyukakat leíró megoldás) kanonikus kvantálását. Az ily módon kapott effektív kétdimenziós kölcsönható kvantumtérelméletről (ami tulajdonképpen egy nem kompakt belső szimmetriájú nemlineáris σ -modell) sikerült megmutatnunk, hogy az egy nem Gaussi fixponttal rendelkezik. Ez az első olyan egzakt eredmény, ami azt a S. Weinberg által fölvetett lehetőséget támasztja alá, amely szerint a gravitáció kvantumelmélete egy nem Gaussi fixponttal rendelkező elmélet lenne, s ez egy az eddigi elképzelésektől radikálisan más megközelítés. Pl. ebben az elméletben nem lenne „elemi hossz”.

Einstein-Yang-Mills rendszerek

A gravitáció és a mértékmezők kölcsönhatásának tanulmányozása már eddig is sok érdekes eredményt adott (mint pl. a „hajas” fekete lyukak létezését), de mint azt vizsgálataink kiderítették új típusú kozmológiai megoldások is léteznek a gravitációval kölcsönható mértékmezők jelenléte esetén. Matematikailag teljes osztályozását adtuk az Einstein–Yang–Mills egyenletek sztatikus, gömbszimmetrikus megoldásainak kozmológiai állandó jelenlétében. Másrészt egy teljesen új típusú kozmológiai megoldását találtuk az Einstein–Yang–Mills–Higgs egyenleteknek, amelyben nincs kozmológiai állandó. Legfontosabb tulajdonságuk ezen megoldásoknak az eddig ismert esetekkel szemben stabilak.

A Yang-Mills-Higgs rendszerekben található mágneses monopólusok időfejlődésének numerikus vizsgálatát végeztük sík téridőkben. Azt találtuk, hogy a gömbszimmetrikus módon deformált monopólus lassan lecsengő rezgő mozgást végez. Eközben az energia egy része kisugározódik a végtelenbe, egy másik része pedig önhasonlóan táguló héjakban távozik a monopólus környezetéből. Legérdekesebb észrevételünk szerint egy igen hosszú élettartamú „lélegző” (breather) állapot alakul ki, melynek időfejlődése univerzalitást mutat. A numerikus eredmények nagy részét sikerült perturbatív módszerrel végzett analitikus számolással megmagyarázni.

A PÁLYÁZAT RÉSZTVEVŐI ÉS TANÍTVÁNYAIK ÁLTAL HAZAI ÉS NEMZETKÖZI RENDEZVÉNYEKEN MEGTARTOTT, A PÁLYÁZAT TEMATIKÁJÁHOZ KAPCSOLÓDÓ ELŐADÁSOK:

	<i>Előadó</i>	<i>Hely, idő</i>	<i>Rendezvény</i>	<i>Cím</i>
[1]	<i>Gergely Árpád László</i>	Gyöngyöstarján, 2004. május	Elméleti Fizikai Iskola	<i>Általánosított Randall-Sundrum és DGP kozmológiák</i>
[2]	<i>Gergely Árpád László</i>	Dublin, Írország, 2004. július	17th International Conference on General Relativity and Gravitation	<i>Orbital evolution of compact binaries to 2PN order</i>
[3]	<i>Gergely Árpád László</i>	Dublin, Írország, 2004. július	17th International Conference on General Relativity and Gravitation	<i>Asymmetric Friedmann branes</i>
[4]	<i>Gergely Árpád László</i>	King's College, University of London, Egyesült Királyság 2005. május	meghívott szeminárium	<i>Brane-world cosmology, relativistic astrophysical objects and gravitational radiation</i>
[5]	<i>Mikóczi Balázs</i>	Como, Olaszország, 2005. május	Sigrav graduate School: A Century From Einstein Relativity: Probing Gravity Theories in Binary Systems	<i>Self-spin interaction in inspiralling compact binaries</i>
[6]	<i>Gergely Árpád László</i>	Banff International Research Centre, Banff, Alberta, Kanada, 2005. május	The Dark Side of Extra Dimensions	<i>Asymmetric Friedmann branes with induced gravity</i>
[7]	<i>Gergely Árpád László</i>	Banff International Research Centre, Banff, Alberta, Kanada, 2005. május	Black Holes V.	<i>Multiple black holes on the brane: a no-go theorem</i>
[8]	<i>Gergely Árpád László</i>	University of British Columbia, Vancouver, British Columbia, Kanada, 2005. június	11th Canadian Conference on General Relativity and Relativistic Astrophysics	<i>The evolution of gravitational wave frequency until the final coalescence of compact binaries</i>
[9]	<i>Gergely Árpád László</i>	University of Calgary, Calgary, Alberta, Kanada, 2005. június	meghívott szeminárium	<i>Brane-worlds, black holes and gravitational radiation</i>
[10]	<i>Gergely Árpád László</i>	Unesco Center, Paris, Franciaország, 2005. július	Albert Einstein Century International Conference	<i>New variables for brane-world gravity</i>
[11]	<i>Mikóczi Balázs</i>	Pécs, 2005. szeptember	PhD conference on <i>Astrophysics of Variable Stars</i>	<i>The evolution of gravitational wave frequency until the final coalescence of the compact binary</i>
[12]	<i>Keresztes Zoltán</i>	Pécs, 2005. szeptember	PhD conference on <i>Astrophysics of Variable Stars</i>	<i>Kepler Equation for the Compact Binaries under the Spin-spin Interaction</i>

[13]	<i>Gergely Árpád László</i>	University of Szczecin, Pobierowo, Lengyelország, 2005. szeptember	Pomeranian Workshop in Fundamental Cosmology.	<i>Multiple black holes on the brane</i>
[14]	<i>Gergely Árpád László</i>	Gerencepuszta,, 2005. szeptember	Csillagászati Őszi Iskola: Kutatócsoportok és kutatási projektek a magyar csillagászatban	<i>Brán-kozmológiák és gravitációs sugárzási jelenségek</i>
[15]	<i>Gergely Árpád László</i>	Institut für Radioastronomie, Bonn, Németország 2005. december	ERASMUS szeminárium	<i>Black holes and cosmological evolution</i>
[16]	<i>Keresztes Zoltán</i>	ELTE Budapest, 2006. január 11-13	FIKUT IV - Fialat Csillagász és Asztrofizikus Kutatók IV. Találkozója	<i>Sugárzásnak kitett zárt Friedmann brán világok</i>
[17]	<i>Mikóczy Balázs</i>	ELTE Budapest, 2006. január 11-13	FIKUT IV - Fialat Csillagász és Asztrofizikus Kutatók IV. Találkozója	<i>Általánosított excentrikus és valódi anomália paraméterezések a perturbált Kepler mozgásban</i>
[18]	<i>Nagy Botond</i>	ELTE Budapest, 2006. január 11-13	FIKUT IV - Fialat Csillagász és Asztrofizikus Kutatók IV. Találkozója	<i>Luminozitás távolság – vöröseltolódás összefüggés kozmológiai állandóval rendelkező brán-világokban</i>
[19]	<i>Darázs Barbara</i>	ELTE Budapest, 2006. január 11-13	FIKUT IV - Fialat Csillagász és Asztrofizikus Kutatók IV. Találkozója	<i>Gyenge gravitációs lencsézés brán-világokban</i>
[20]	<i>Horváth Zsolt</i>	ELTE Budapest, 2006. január 11-13	FIKUT IV - Fialat Csillagász és Asztrofizikus Kutatók IV. Találkozója	<i>Kantowski-Sachs kozmológiai modellek kanonikus analízise</i>
[21]	<i>Kovács Zoltán</i>	ELTE Budapest, 2006. január 11-13	FIKUT IV - Fialat Csillagász és Asztrofizikus Kutatók IV. Találkozója	<i>Az OMEGA2000 széles látószögű infravörös kamera tesztelése és alkalmazása extra-galaktikus égbolt- felmérésre</i>
[22]	<i>Gergely Árpád László</i>	Freie Universität Berlin, Németország, 2006 július 23-29	Eleventh Marcel Grossmann Meeting on General Relativity	<i>Black holes on cosmological branes</i>
[23]	<i>Gergely Árpád László</i>	Freie Universität Berlin, Németország, 2006 július 23-29	Eleventh Marcel Grossmann Meeting on General Relativity	<i>Is dark matter futile on the brane?</i>
[24]	<i>Gergely Árpád László</i>	Freie Universität Berlin, Németország, 2006 július 23-29	Eleventh Marcel Grossmann Meeting on General Relativity	<i>The second post-Newtonian order generalized Kepler equation</i>
[25]	<i>Kovács Zoltán</i>	Freie Universität Berlin, Németország, 2006 július 23-29	Eleventh Marcel Grossmann Meeting on General Relativity	<i>Canonical analysis of equilibrium stellar atmospheres</i>
[26]	<i>Kovács Zoltán</i>	Freie Universität Berlin, Németország, 2006 július 23-29	Eleventh Marcel Grossmann Meeting on General Relativity	<i>Hamiltonian theory of brane-world gravity</i>
[27]	<i>Vasúth Mátyás</i>	Freie Universität Berlin, Németország, 2006 július 23-29	Eleventh Marcel Grossmann Meeting on	<i>Orbital phase in inspiring compact binaries</i>

			General Relativity	
[28]	Vasúth Mátyás	Freie Universität Berlin, Németország, 2006 július 23-29	Eleventh Marcel Grossmann Meeting on General Relativity	<i>Gravitational waves of a Lense-Thirring system</i>
[29]	Vasúth Mátyás	Freie Universität Berlin, Németország, 2006 július 23-29	Eleventh Marcel Grossmann Meeting on General Relativity	<i>Perturbations of a cosmological constant dominated universe</i>
[30]	Gergely Árpád László	Gyöngyöstarján, 2006 augusztus 28 - szeptember 1	Elméleti Fizikai Iskola - Mérések és a gravitáció Einstein-féle elmélete	<i>Fekete lyukak az általános relativitáselméletben és brán-világokban (3 előadás)</i>
[31]	Vasúth Mátyás	Gyöngyöstarján, 2006 augusztus 28 - szeptember 1	Elméleti Fizikai Iskola - Mérések és a gravitáció Einstein-féle elmélete	<i>Pulzár megfigyelése</i>
[32]	Vasúth Mátyás	Gyöngyöstarján, 2006 augusztus 28 - szeptember 1	Elméleti Fizikai Iskola - Mérések és a gravitáció Einstein-féle elmélete	<i>Poszt-newtoni formalizmus I.</i>
[33]	Mikóczy Balázs	Gyöngyöstarján, 2006 augusztus 28 - szeptember 1	Elméleti Fizikai Iskola - Mérések és a gravitáció Einstein-féle elmélete	<i>Poszt-newtoni formalizmus II. Mozgásegyenletek és spin</i>
[34]	Keresztes Zoltán	Gyöngyöstarján, 2006 augusztus 28 - szeptember 1	Elméleti Fizikai Iskola - Mérések és a gravitáció Einstein-féle elmélete	<i>Brán-kozmológia</i>
[35]	Vasúth Mátyás	Palma de Mallorca, Spanyolország 2006 szeptember 4-8	29th Spanish Relativity Meeting, ERE-2006	<i>Gravitational waves from compact binary systems</i>
[36]	Gergely Árpád László	University of Cardiff, Egyesült Királyság: 2006 szeptember 14-15	Spinning Coalescing Binaries Workshop	<i>Spin and quadrupole moment effects in the post-Newtonian dynamics of compact binaries</i>
[37]	Gergely Árpád László	Institute of Cosmology and Gravitation, University of Portsmouth, Egyesült Királyság, 2006 szeptember 18-29	Brane-world Gravity: Progress and Problems	<i>Gravitational collapse and Swiss-Cheese cosmologies on the brane</i>
[38]	Gergely Árpád László	Université Montpellier 2, Franciaország, 2006 november 23-24	Cosmology Workshop, Cosmology and Astroparticles	<i>Dark energy, dark matter and dark radiation in brane-worlds</i>
[39]	Gergely Árpád László	Institut für Radioastronomie, Bonn, Németország 2006 december 5	ERASMUS szeminárium	<i>Dark radiation, dark energy and dark matter in brane-worlds</i>

RÉSZVÉTEL EGYÉB KONFERENCIÁKON:

[1]	<i>Mikóczy Balázs</i>	Gyöngyöstarján, 2004 május	Elméleti Fizikai Iskola
[2]	<i>Keresztes Zoltán</i>	Gyöngyöstarján, 2004 május	Elméleti Fizikai Iskola
[3]	<i>Gergely Árpád László</i>	Observatoire de Paris, Franciaország, 2004. december	Ecole Internationale Daniel Chalonge, 8 th Paris Cosmology Colloquium: WMAP and the Early Universe
[4]	<i>Gergely Árpád László</i>	LPNHE Paris, Franciaország, 2005. december	Eden in Paris, Workshop of the European Dark Energy Network
[5]	<i>Gergely Árpád László</i>	ELTE Budapest, 2006. január	FIKUT IV – International Conference of Young Astronomers,
[6]	<i>Gergely Árpád László</i>	London, Egyesült Királyság, 2006. január	LISA – Gravitational-Wave Astronomy in Space, RAS/IoP Meeting
[7]	<i>Gergely Árpád László</i>	Newcastle, Egyesült Királyság, 2006. március	UKCosmo Meeting
[8]	<i>Gergely Árpád László</i>	Oxford, Egyesült Királyság, 2006. április	Cosmology, Galaxy Formation and Astroparticle Physics
[9]	<i>Vasúth Mátyás</i>	Cascina, Olaszország, 2006. május	1st VESF School on Gravitational Waves,
[10]	<i>Mikóczy Balázs</i>	Cascina, Olaszország, 2006. május	1st VESF School on Gravitational Waves,
[11]	<i>Keresztes Zoltán</i>	Cascina, Olaszország, 2006. május	1st VESF School on Gravitational Waves,
[12]	<i>Kovács Zoltán</i>	Gyöngyöstarján, 2006 augusztus 28 - szeptember 1	Elméleti Fizikai Iskola - Mérések és a gravitáció Einstein-féle elmélete
[13]	<i>Gergely Árpád László</i>	Imperial College London, Egyesült Királyság, 2006. október	3d ILIAS-GW Annual General Meeting + WG2 Meeting