

Projektszám: 87öu16, 90öu1	2 377 800 HUF 540 EUR
Pályázó neve: Prof. Dr. Rác István	Intézménye: MTA Wigner FK
Projektpartner neve: Prof. Dr. Piotr Chruściel	Intézménye: Universität Wien
Pályázat címe: Feketelyukfizika	

A projekt jellege: (kérjük bejelölni)

- Workshop, konferencia
- Publikáció, tananyag
- Kutatási együttműködés
- Oktatási program

***Tudományos beszámoló a 87öu16 és 90öu1 azonosítószámú
"Feketelyukfizika" címen futó kutatási programunkról***

Jelen beszámolónk a „Feketelyukfizika” címen futó, az Osztrák-Magyar AKCIÓ Alapítvány (AÖU) által támogatott kutatási együttműködéshez kapcsolódó eredményeinket hivatott bemutatni. Valójában két egymást követő és kiegészítő projekt beszámolóját adjuk. Az első, a 87öu16-os azonosítószámú 2013. szeptember 1-től 2014. augusztus 31-ig terjedő időszakra vonatkozott, míg a második, 90öu1 azonosítószámú, mely ugyanazon címen 2015. február 1. és 2016. január 31. között realizálódott. Kutatási programunk megvalósításában, a két vezető kutató Prof. Piotr Chruściel és Prof. Rác István kutatócsoportjai mellett – ezek a University of Vienna és a Wigner Fizikai Kutatóközpont egy-egy osztrák és magyar kutatócsoportját jelentették – egy cseh, a prágai Charles University, Prof. Jiri Bičák által vezetett kutatócsoport is részt vett.

Az elsődleges célunk egy olyan inspiráló tudományos közeg kialakítása volt, mely a cseh, magyar és osztrák résztvevők közötti tudományos kapcsolatrendszer megerősítését volt hivatott biztosítani. Mivel a tapasztaltabb résztvevők mind külön-külön is szakterületük elismert kutatói az első projekt a korábbi vállalásaink teljesítése miatt előzetes várakozásainknál lassabban indult. Így, például az első időszak végére a támogatási összegnek is csak 12%-át sikerült felhasználnunk. A kiegészítő, második kutatási időszakra csak az elsőben fel nem használt támogatási keretet pályáztuk meg újra, és erre építettük a korábban megjelölt kutatási programunk valóra váltását.

Közös kutatásainkat olyan kisebb léptékű tudományos találkozók keretében képzeltük el, amelyek során a cseh, magyar és osztrák résztvevők néhány napra rendszeresen találkozhatnak egymással. Mivel a két projektvezető Prof. Piotr Chruściel és Prof. Rác István, továbbá a prágai csoport vezetője Prof. Jiri Bičák fő szervezői voltak a 4th, 5th és 6th Central European Relativity Seminars elnevezésű tudományos találkozónak, melyek 2014, 2015 és 2016 során Bécsben, Budapesten és Prágában kerültek megrendezésre, ezek a találkozók ideális lehetőséget kínáltak a kutatócsoportok tagjai között kialakítani kívánt együttműködések ösztönzésére.

Programunk sikerességét azzal igyekeztünk erősíteni, hogy a fentebb említett találkozók során a feketelyukfizika legfontosabb kurrens, lentebb, az eredmények szekcióban röviden bemutatott problémáira igyekeztünk koncentrálni. A feketelyukfizika jelenleg mind klasszikus, mind pedig kvantum területen tapasztalható örömteli virágzása egy természetes keretet kínál a csoportok jövőbeni együttműködéséhez is. A téma erősen intellektuális kihívás jellegének köszönhetően erős vonzó hatást fejt ki a tehetséges egyetemi hallgatókra, valamint a posztgraduális képzésben résztvevő képzetesebb fiatal kutatókra. Ahogy ezt fentebb már említettük, az AÖU-tól kapott támogatással éppen ezeknek a fiatal kollégáknak kívántunk egy olyan inspiratív környezetet kialakítani, mely segítheti őket a kutatóközösség és a témakör minél széleskörűbb megismerésében. Éppen ezért különösen nagy segítséget jelentett az AÖU-tól kapott anyagi támogatás, mert tudomásunk szerint nincs másik tudományfinanszírozással foglalkozó szervezet, amely az AÖU-hoz hasonló lehetőséget biztosítana az említett három országból származó kutatóközösségek kapcsolatépítésének támogatásához.

Lentebb röviden ismertetjük a konkrét kutatási szakterületeket, valamint ismertetjük kapcsolódó eredményeinket. Mielőtt ezt megtennénk, fontos annak kiemelése is, hogy az együttműködésben résztvevő tapasztaltabb kollégák kutatási érdeklődésében meglévő nélkülözhetetlen átfedések mellett a három csoport

speciális szaktudásában fontos kiegészítő elemek is alapvető szerepet játszottak a programunk sikeres megvalósításában. Így a feketelyukfizika tanulmányozásához nélkülözhetetlen jó matematikai háttér birtoklása mellett nagyon fontos hozzáadott értéket jelentett a bécsi csoport „loop kvantumgravitáció” területére vonatkozó speciális szaktudása, a budapesti csoport numerikus módszerek alkalmazásában elért kiemelkedő jártassága, de a prágai csoport különféle anyagmezők feketelyuk háttéren való viselkedésének leírásában szerzett szaktudása is hasonló fontossággal bírt. Mindezek lényegesen hozzájárultak újszerű elemeket is ötvöző kutatási programunk sikeres megvalósításához.

Főbb kutatási témáink az alábbiak voltak:

- Stacionárius feketelyukak egyértelműségének bizonyítása négy és magasabb dimenzióban.
- A deformált feketelyukak általános leírása.
- Anyagmezők és részecskék viselkedésének vizsgálata feketelyukak környezetében.

Eredmények:

Ahogy az korábban már említettük, a feketelyukfizika területén végzett vizsgálataink elsősorban elméleti jellegű problémák megoldására irányultak. Három országból összesen tizenhárman vettek részt a kutatási program megvalósításában. Az AÖU-tól kapott támogatást teljes egészében a 4th, 5th és 6th Central European Relativity Seminars elnevezésű – ezek elsősorban fiatalok számára nyújtanak a tudományos közösség előtti bemutatkozási lehetőséget – rendezvények való részvétel költségeinek fedezéséhez használtuk fel.

Fontos azt is kiemelni, hogy a két egyéves közös kutatási időszak hozománya sokkal több, mint azt a lentebb felsorolt publikációk engedik érzékeltetni. Nyilvánvaló, hogy az inspiratív környezetnek köszönhetően olyan szakmai kapcsolatépítésre nyílt lehetőség, mely hosszú távú hatással bír, és számos, csak a jövőben megszülető tudományos közleményben realizálódik majd.

Publikációs jegyzék:

Msc szakdolgozatok:

1. [Dražen Vrzan](#): *Angular Momentum Inequalities for Black Holes*, a master thesis at the University of Vienna (2015), supervised by Walter Simon
2. [Károly Csukás](#): *The stability of codimension-two surfaces in slowly rotating black holes*, a master thesis at the Eötvös University, Budapest (2015), supervised by István Racz

Kutatási eredményeket ismertető referált publikációk:

1. [I. Rácz](#): *Stationary Black Holes as Holographs II*, Class. Quantum Grav. **31** (2014) 035006
2. [P.T. Chruściel, M. Hörzinger](#): *The Euclidean quantisation of Kerr-Newman-de Sitter black holes*, arXiv:1511.08496 [gr-qc]
3. [I. Rácz](#): *Cauchy problem as a two-surface based ‘geometro-dynamics’*, Class. Quantum Grav. **32** (2015) 015006
4. [P.T. Chruściel, J. Jezierski, J. Kijowski](#): *Hamiltonian dynamics in the space of asymptotically Kerr-de Sitter spacetimes*, Phys. Rev. D **92** (2015) 084030
5. [I. Rácz, J. Winicour](#): *Black hole initial data without elliptic equations*, Phys. Rev. D **91** (2015) 124013
6. [J. Bičák, F. Hejda](#): *Near-horizon description of extremal magnetised stationary black holes and Meissner effect*, Phys. Rev. D **92** (2015) 104006
7. [M.E.G. Clement, M. Reiris and W. Simon](#): *The area-angular momentum inequality for black holes in cosmological spacetimes*, arXiv:1501.07243 [gr-qc]
8. [I. Rácz, J. Winicour](#): *On solving the constraints by integrating a strongly hyperbolic system*, arXiv:1601.05386 [gr-qc]
9. [M. Mars, T. Paetz, J.M.M. Senovilla, W. Simon](#): *Characterization of (asymptotically) Kerr-de Sitter-like spacetimes at null infinity*, arXiv:1603.05839 [gr-qc]
10. [D. Kofroň](#): *Separability of test fields equations on the C-metric background*, Phys. Rev. D **92** (2015) 124064
11. [I. Rácz](#): *Constraints as evolutionary systems*, Class. Quantum Grav. **33** (2016) 015014
12. [A. Anabalón, J. Bičák](#): *Aspects of Stability of Hairy Black Holes*, arXiv:1602.01291[gr-qc]

Projektnummer: 87öu16, 90öu1	2 377 800 HUF 540 EUR
Antragsteller: Prof. Dr. István Rácz	Institut: MTA Wigner FK
Projektpartner: Prof. Dr. Philipp Ther	Institut: Universität Wien
Titel: Physik schwarzer Löcher	

Art der Förderung:

- Workshop, Konferenz
- Publikation, Lehrmaterial
- Forschungsprojekt
- Unterrichtsprojekt

***Scientific report on our research projects 87öu16 and 90öu1
under the title “Black hole physics”***

We report here on the research project entitled “Black hole physics” supported by Die Aktion Österreich-Ungarn, Wissenschafts- und Erziehungskooperation (AÖU). It is a combined report on the original project number 87öu16 for the period September 1, 2013 - August 31, 2014 and its extension for the period February 1, 2015 - January 31, 2016 with project number 90öu1 and with the same title. The two main research groups, from the University of Vienna and from the Wigner Research Center of the Hungarian Academy of Sciences, are headed by Prof. Piotr Chruściel and Prof. István Rácz, and we also had a third involved group from Charles University, Prague headed by Prof. Jiri Bičák.

The main purpose of our joint applications was to strengthen the scientific links between the involved Austrian Czech and Hungarian research teams. As all the participants are active researchers in their fields and they were already involved in various parallel projects the first period had to be extended as only a small fragment (about 12%) of the grant allocated by AÖU had been used by the end of the first period. During the extension the leftover part of the original budget was used to realize our research plans.

Our framework was planned to be grounded on a series of small scale scientific meetings involving the group members of the Budapest, Prague and Vienna groups. As the two project leaders Profs. Piotr Chrusciel, István Rácz and the leader of the Czech participants, Prof. Jiri Bičak were all organizers of the 4th, 5th and 6th Central European Relativity Seminars held in Vienna, Budapest and Prague in 2014, 2015 and 2016, respectively, these scientific meetings provided an ideal frame for the interactions of the researchers involved in our proposal and to strengthen scientific links between members of these three groups.

To warrant success of the realization of our scientific research plans our meetings were centered around the most actively investigated current issues in black hole physics as indicated by the short outline of our results below. The current blooming in black hole physics, at both classical and quantum levels, or in mathematical or physical aspects created a natural background for our future collaboration. It came with the additional value that the importance of this field attracts students at both undergraduate and graduate levels. The main purpose of the submission of our proposal to AÖU was to get support for the creation of the proposed stimulating exchange and training framework for the young participants of the involved groups in black hole physics. We highly appreciate the financial support provided by AÖU that is apparently the only founding agency providing support for the foundation of the type of trilateral research network we intended to develop.

Below we shall give a short outline of the concrete research problems studied. Before doing so we would also like to emphasize that in addition to the overlap in the research interest of the groups involved there also were considerable complementary aspects that provided important support to the success of our scientific activities. In addition to the high standard mathematical backgrounds available at either of the involved groups there was important expertise on loop quantum gravity in the Vienna group, an outstanding numerical relativity project contributed by the Budapest group, and expertise on the behavior of fields and particles around black holes was provided by the Prague group. All these capabilities significantly enhanced progress in our discussions and novel studies.

The main research topics our activities were centered around are:

- The uniqueness of stationary black holes in four and higher dimensions
- Distorted black hole configurations
- Fields and particles around black holes

Results:

As indicated above our investigations focused on various theoretical aspects of black hole physics. The research program was carried out by a group of thirteen people, researchers and students, coming together from three Central European countries. The financial support provided by AÖU was used only to cover traveling and living expenses of the involved researchers and students in their attendance of the aforementioned Central European Relativity Seminars where we also had our satellite meetings.

Clearly, the meetings of the involved researchers have had much more long lasting impact than simply the publications, listed below, as these meetings provided a stimulating background to strengthen our collaborative links which, in the long run, will have important impact on joint projects and publications in the future.

Publikationsliste:

Master thesis:

3. [Dražen Vrzan](#): *Angular Momentum Inequalities for Black Holes*, a master thesis at the University of Vienna (2015), supervised by Walter Simon
4. [Károly Csukás](#): *The stability of codimension-two surfaces in slowly rotating black holes*, a master thesis at the Eötvös University, Budapest (2015), supervised by István Racz

Research papers:

13. [I. Rácz](#): *Stationary Black Holes as Holographs II*, *Class. Quantum Grav.* **31** (2014) 035006
14. [P.T. Chruściel](#), [M. Hörzinger](#): *The Euclidean quantisation of Kerr-Newman-de Sitter black holes*, arXiv:1511.08496 [gr-qc]
15. [I. Rácz](#): *Cauchy problem as a two-surface based 'geometro-dynamics'*, *Class. Quantum Grav.* **32** (2015) 015006
16. [P.T. Chruściel](#), [J. Jezierski](#), [J. Kijowski](#): *Hamiltonian dynamics in the space of asymptotically Kerr-de Sitter spacetimes*, *Phys. Rev. D* **92** (2015) 084030
17. [I. Rácz](#), [J. Winicour](#): *Black hole initial data without elliptic equations*, *Phys. Rev. D* **91** (2015) 124013
18. [J. Bičák](#), [F. Hejda](#): *Near-horizon description of extremal magnetised stationary black holes and Meissner effect*, *Phys. Rev. D* **92** (2015) 104006
19. [M.E.G. Clement](#), [M. Reiris](#) and [W. Simon](#): *The area-angular momentum inequality for black holes in cosmological spacetimes*, arXiv:1501.07243 [gr-qc]
20. [I. Rácz](#), [J. Winicour](#): *On solving the constraints by integrating a strongly hyperbolic system*, arXiv:1601.05386 [gr-qc]
21. [M. Mars](#), [T. Paetz](#), [J.M.M. Senovilla](#), [W. Simon](#): *Characterization of (asymptotically) Kerr-de Sitter-like spacetimes at null infinity*, arXiv:1603.05839 [gr-qc]
22. [D. Kofroň](#): *Separability of test fields equations on the C-metric background*, *Phys. Rev. D* **92** (2015) 124064
23. [I. Rácz](#): *Constraints as evolutionary systems*, *Class. Quantum Grav.* **33** (2016) 015014
24. [A. Anabalon](#), [J. Bičák](#): *Aspects of Stability of Hairy Black Holes*, arXiv:1602.01291[gr-qc]