



Centrum Fizyki Teoretycznej
Polskiej Akademii Nauk

02-668 Warszawa, Al. Lotników 32/46

REGON 000844815

tel: (+48 22) 847 09 20, tel/fax: (+48 22) 843 13 69

email: cft@cft.edu.pl

www.cft.edu.pl

**SPRAWOZDANIE Z DZIAŁALNOŚCI NAUKOWEJ
CENTRUM FIZYKI TEORETYCZNEJ PAN
w 2015 roku**

W 2015 roku Centrum Fizyki Teoretycznej PAN prowadziło działalność naukową w ramach następujących tematów statutowych:

- Temat 1. Badanie aspektów matematycznych i kosmologicznych ewolucji pól grawitacyjnych**
- Temat 2. Mechanika kwantowa układów nieliniowych i złożonych**
- Temat 3. Fizyczne podstawy przetwarzania informacji**
- Temat 4. Termodynamika i dynamika mezoskopowych układów kwantowych**
- Temat 5. Zastosowanie metod klasycznej i kwantowej teorii rozpraszania do badania struktury obiektów fizycznych**
- Temat 6. Badania zjawisk kosmicznych w różnych skalach czasowych**
- Temat 7. Geometria maksymalnie niecałkowalnych dystrybucji wektorowych na rozmaitościach**
- Temat 8. Astrofizyka wysokich energii**
- Temat 9. Nauki przyrodnicze w zrozumieniu roli nauki w społeczeństwie XXI wieku.**
- Temat 10. Optoelektronika i automatyka w badaniach nad kontrolą i regulacją zachowań metodami neuroinżynierii.**

Działalność naukowa pracowników Centrum w 2015 roku realizowana była głównie w ramach działalności statutowej i **11** projektów badawczych krajowych finansowanych przez **NCN** i **MNiSW** oraz **2** zagranicznych projektów badawczych. Centrum jest m.in. członkiem konsorcjum QOLAPS realizującego ERC Advanced Grant „*Quantum resources: conceptuls and applications*” . Projekt, którego liderem jest prof. R. Horodecki z Uniwersytetu Gdańskiego realizuje w Centrum prof. M. Kuś. Prof. M. Kuś jest głównym wykonawcą projektu *Intrinsic Randomness in the Quantum World* , finansowanego przez John Templeton Foundation. Oprócz tego pracownicy Centrum są wykonawcami **5** projektów badawczych, w tym międzynarodowych, koordynowanych przez inne instytucje naukowe.

Rok 2015 był kolejnym rokiem rozwoju potencjału naukowego Centrum. Korzystając ze środków pochodzących z dotacji na utrzymanie potencjału badawczego oraz z grantów Centrum zatrudniło w otwartych konkursach kolejnych pracowników naukowych, adiunktów i asystentów. W 2015 roku Centrum zatrudniało w przeliczeniu na pełne etaty średniorocznie **37,5** pracowników, w tym **32** pracowników naukowych.

W 2015 roku pracownicy Centrum opublikowali **47** prac naukowych w recenzowanych czasopismach indeksowanych w JCR, a wśród nich **11** artykułów w **Physical Review** i **1** w **Physical Review Letters**. Opublikowano także 2 artykuły w czasopismach „punktowanych” z listy B MNiSW oraz 14 publikacji konferencyjnych, wśród nich 8 w czasopismach indeksowanych w World of Science i 15 publikacji o charakterze popularnonaukowym i społecznym. Pracownicy Centrum opublikowali także 6 rozdziałów w monografiach. W 2015 roku pracownicy Centrum wygłosili **133** wykłady na krajowych i międzynarodowych konferencjach oraz seminariach naukowych.

W 2015 roku **prof. K. Rządewski** otrzymał nagrodę Fundacji Nauki Polskiej, zwaną „Polskim Noblem”.

W 2015 roku kontynuowano w Centrum nabór na 1-3 miesięczne staże naukowe dla uzdolnionych studentów kierunków ścisłych. 27 studentek i studentów z różnych uczelni odbyło w 2015 r. w CFT staże bądź praktyki. **Wielu uzdolnionych studentów prowadzi dalej współpracę naukową z CFT PAN, są także zatrudniani jako wykonawcy w projektach badawczych realizowanych w Centrum.**

W 2015 roku spora **grupa młodych fizyków (13 asystentów)** pracowała w Centrum nad rozprawami doktorskimi.

W 2015 roku w Centrum urodziło się dwoje dzieci.

Współpraca z zagranicznymi instytutami naukowymi odgrywa w Centrum znaczącą rolę. W 2015 roku ukazały się drukiem w międzynarodowych czasopismach naukowych 23 prace naukowe pracowników Centrum, zrealizowane wspólnie z uczonymi z zagranicznych placówek naukowych. W ramach realizacji współpracy z zagranicą w 2015 r. pracownicy Centrum wyjechali na **80** krótkich zagranicznych pobytów naukowych. W 2015 roku Centrum odwiedziło **12** gości zagranicznych. W 2015 roku współpracowało w sposób ciągły, bez zawartego porozumienia z 22 zagranicznymi instytucjami naukowymi.

W 2015 roku Centrum było współorganizatorem czternastu międzynarodowych konferencji naukowych:

Wykaz konferencji współorganizowanych przez CFT PAN w 2015 roku

Nazwa konferencji miejsce, data	Organizator, współorganizatorzy	Rodzaj
		konferencji
FINESS 2015, Sopot, 14-18.09.2015	IF PAN i CFT PAN, Kazimierz Rzażewski Czł. Kom. Org., Krzysztof Pawłowski Sekretarz	międzynarodowa
From Geometry and Chaos to Quantum Information and Neurobiology, Warszawa, 24-25.04.2015	CFT PAN, Adam Sawicki, Michał Oszmaniec, Tomasz Maciążek Czł. Kom. Org.,	międzynarodowa
Astroparticle Physics in Poland 2015, Warszawa, 11-13.05.2015	FUW, Agnieszka Janiuk i Bożena Czerny - SOC	krajowa
1st Roman Juskiewicz Symposium, Warszawa, 24-28.08.2015	CAMK PAN, CFT PAN, ICM UW, PTA, UJ, Agnieszka Janiuk - LOC, Bożena Czerny - SOC	międzynarodowa
Fundamental Problems in Quantum Physics, Erice (Włochy), 23-27.03.2015	European Cooperation in Science and Technology, Marek Kuś, przewodn. sesji plenarnej	międzynarodowa
Randomness in Quantum Physics and Beyond, Barcelona (Hiszpania), 4-8.05.2015	Institute of Photonic Sciences, Marek Kuś, Czł. Kom. Org., przew. sesji plenarnej	międzynarodowa
Symmetries and Universality in Mesoscopic Systems III, Kolonia (RFN), 11-14.05.2015	Uniwersytet w Kolonii, Marek Kuś, przewodn. sesji plenarnej	międzynarodowa
7th Workshop on Quantum Chaos And Localisation Phenomena, Warszawa, 29-31.05.2015	IF PAN i CFT PAN, Marek Kuś, Czł. Kom. Org.	międzynarodowa
22nd Central European Workshop on Quantum Optics, Warszawa, 6-10.07.2015	Uniwersytet Warszawski, Marek Kuś, Czł. Kom. Org.	międzynarodowa
Nonlinear Control and Geometry,	IM PAN, Marek Kuś, Czł. Kom.	

Będlewo, 24-28.08.2015	Naukowego	międzynarodowa
The 19th annual International Conference on Particle Physics and Cosmology (COSMO-15), Warszawa, 7-11.09.2015	NCBJ, UŚ, UW, CFT, CAMK, USz, IFJ PAN, UJ, Bożena Czerny, członek Kom. Naukowego, przewodniczenie sesji, Lech Mankiewicz, członek Kom. Naukowego	międzynarodowa
37 Zjazd Polskiego Towarzystwa Astronomicznego, Poznań, 7-10.09.2015	Polskie Towarzystwo Astronomiczne, Bożena Czerny, członek Kom. Naukowego	międzynarodowa
StatPHys 26, Lyon July 2016	Ł.A. Turski, International Advisory Committee	międzynarodowa
Symposium: Wiarygodność wyborów samorządowych - Analiza ilościowa, Kraków, 1.06.2015	UJ, Karol Życzkowski - komitet programowy	krajowa

Zakupów najbardziej potrzebnych książek do biblioteki podręcznej Centrum dokonuje się najczęściej ze środków zdobytych w ramach projektów badawczych. Począwszy od 2012 roku CFT zrezygnowało z tradycyjnej prenumeraty czasopism w wersji papierowej. Dostęp przez internet do dużych baz czasopism naukowych w wersji elektronicznej zapewniony był dzięki uczestnictwie Centrum w **konsorcjach**, a także dzięki ogólnopolskiej **Wirtualnej Bibliotece Nauki** finansowanej od 2010 roku przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Lista **czasopism zagranicznych** dostępnych dla pracowników Centrum w wersji elektronicznej w 2015 roku w ramach umowy konsorcyjnej obejmującej American Physical Society and American Institute of Physics zawierała **21** tytułów. Centrum posiada lokalną **sieć komputerową** i szybki dostęp do **internetu**, co znakomicie ułatwia pracę naukową. Baza komputerowa jest systematycznie odnawiana i unowocześniana. W 2015 roku zakupiono szybki serwer obliczeniowy, służący pracownikom Centrum do symulacji numerycznych.

Centrum jest członkiem Krajowego Centrum Informatyki Kwantowej w Gdańsku. Oprócz CFT PAN, KCIK tworzą Politechnika Gdańska, Uniwersytet Gdański, Uniwersytet Adama Mickiewicza w Poznaniu, Uniwersytet Jagielloński, Uniwersytet Łódzki, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu i Uniwersytet Wrocławski.

Pracownicy CFT PAN są członkami wielu rad naukowych, komitetów i innych organizacji naukowych. Na przykład, **Prof. Marek Kuś** jest członkiem Rad Naukowych Instytutu Fizyki PAN, Instytutu Studiów Społecznych UW, Instytutu Fizyki Teoretycznej UW, przewodniczącym Rady Naukowej Krajowego Centrum Informatyki Kwantowej w Gdańsku, redaktorem **International Journal of Quantum Information** oraz członkiem komitetu redakcyjnego czasopism **Reports on Mathematical Physics**, **Journal of Physics B** oraz

Open Systems and Information Dynamics. Karol Życzkowski jest członkiem komitetu redakcyjnego **Open Systems and Information Dynamics**. Prof. **Kazimierz Rzażewski** jest członkiem Rady Naukowej KL FAMO, przewodniczącym Rady Naukowej Centrum Inżynierii Kwantowej Atomów i Światła oraz jest członkiem (fellow) Amerykańskiego Towarzystwa Fizycznego (APS) i Brytyjskiego Towarzystwa Fizycznego (IOP). **Prof. Lech Mankiewicz** jest członkiem Rady Programowej Festiwalu Nauki. W sumie, pracownicy Centrum uczestniczą w pracach ponad 50 Rad Naukowych, Komitetów Redakcyjnych i Zespołów eksperckich.

Pracownicy Centrum, będący członkami zewnętrznych Rad Naukowych, Rad Wydziału, Komitetów Redakcyjnych zagranicznych i krajowych czasopism naukowych i popularnonaukowych oraz innych ciał eksperckich w 2015 roku

Lp.	Imię i nazwisko	Rada Naukowa, Komitet Redakcyjny, ciało eksperckie
1.	Prof. dr hab. Kazimierz Rzażewski	Współredaktor EPL
2.	Prof. dr hab. Marek Kuś	Rada Naukowa IF PAN, członek, od 2003 r.
3.	Prof. dr hab. Marek Kuś	Rada Naukowa Instytutu Studiów Społecznych UW, członek, od 1993 r.
4.	Prof. dr hab. Marek Kuś	Rada Naukowa IFT UW, członek, od 2008 r.
5.	Prof. dr hab. Marek Kuś	Rada Naukowa Krajowego Centrum Informatyki Kwantowej w Gdańsku, przewodniczący, od 2007 r.
6.	Prof. dr hab. Marek Kuś	Journal of Physics B, członek Editorial Board, od 2010 r.
7.	Prof. dr hab. Marek Kuś	International Journal of Quantum Information, Editor, od 2010 r.
8.	Prof. dr hab. Marek Kuś	Reports on Mathematical Physics, członek komitetu redakcyjnego, od 2006 r.
9.	Prof. dr hab. Marek Kuś	Open Systems and Information Dynamics, członek komitetu redakcyjnego, 2007
10.	Prof. dr hab. Marek Kuś	Zespół interdyscyplinarny ds. współpracy z zagranicą MNiSW, członek, od 2011 r.

11.	Prof. dr hab. Marek Kuś	European Research Council Advanced Grants evaluation panel, członek, od 2014 r.
12.	Dr hab. Agnieszka Janiuk, Prof. CFT PAN	Delta, Komitet Redakcyjny, od 2009 r.
13.	Dr hab. Agnieszka Janiuk, Prof. CFT PAN	Korpus Ekspertów NCN, od 2013 r.
14.	Dr hab. Agnieszka Janiuk, Prof. CFT PAN	Polskie Towarzystwo Astronomiczne, od 2003 r.
15.	Dr hab. Agnieszka Janiuk, Prof. CFT PAN	Międzynarodowa Unia Astronomiczna, od 2006 r.
16.	Prof. dr hab. Bożena Czerny	The Astrophysical Journal, redaktor, od 2011 r.
17.	Prof. dr hab. Bożena Czerny	Delta, Komitet Redakcyjny, od 2009 r.
18.	Prof. dr hab. Bożena Czerny	Polskie Towarzystwo Astronomiczne, od 1979 r.
19.	Prof. dr hab. Bożena Czerny	Europejskie Towarzystwo Astronomiczne, od 2012 r.
20.	Prof. dr hab. Bożena Czerny	Międzynarodowa Unia Astronomiczna, od 1988 r.
21.	Prof. dr hab. Bożena Czerny	Korpus Ekspertów NCN, od 2015 r.
22.	Prof. dr hab. Bożena Czerny	członek zespołu d/s Otwartego Dostępu, MNiSW, od 2015 r.
23.	Prof. dr hab. Bożena Czerny	członek zespołu d/s nagród, MNiSW, od 2015 r.
24.	prof. dr hab. Paweł Nurowski	Stały członek Międzynarodowego Komitetu Koordynującego cykliczne konferencje 'Marcel Grossman Meeting'
25.	Prof. dr hab. Mariusz Gajda	członek Rady Naukowej IF PAN
26.	Prof. dr hab. Mariusz Gajda	członek Rady Naukowej CFT
27.	Mgr Piotr Waluk	członek Komitetu Głównego Olimpiady Fizycznej, od 2015 r.
28.	Dr Mikołaj Korzyński	członek Polskiego Towarzystwa Relatywistycznego (PoToR), od 2014
29.	Prof. dr hab. Łukasz A. Turski	przewodniczący Rady Programowej Centrum Nauki Kopernik od 2004 r.
30.	Prof. dr hab. Łukasz A. Turski	przewodniczący i honorowy Rady Pikników Naukowych Polskiego Radia i Centrum Nauki Kopernik, od 1997 r.
31.	Prof. dr hab. Łukasz A. Turski	członek Rady Strategiczne Warszawskiego Think-Tank, od 2011 r.

32.	Prof. dr hab. Łukasz A. Turski	członek Rady Centrum Adama Smitha w Warszawie (do grudnia 2015)
33	Prof. dr hab. Łukasz A. Turski	członek American Mathematical Society
34.	Prof. dr hab. Mirosław Brewczyk	członek Rady Naukowej CFT, od 2015 r.
35.	Prof. dr hab. Mirosław Brewczyk	członek Rady Wydziału UwB, od 2007 r.
36.	Prof. dr hab. Jerzy Kijowski	członek Rady Naukowej IM PAN
37.	Prof. dr hab. Jerzy Kijowski	członek Polskiego Towarzystwa Relatywistycznego
38.	Prof. dr hab. Jerzy Kijowski	Editorial Board, Reports on Math. Phys.
39.	Prof. dr hab. Jerzy Kijowski	Editorial Board, Journal of Geom. and Phys.
40.	Prof. dr hab. Jerzy Kijowski	Editorial Board, Acta Physica Polon. A
41.	Mgr Artur Czerwiński	Członek Rady Naukowej IF UMK
42.	Prof. dr hab. Karol Życzkowski	członek Rady Naukowej CFT
43.	Prof. dr hab. Karol Życzkowski	członek Rady Wydziału Fizyki UJ, od 1994 r.
44.	Prof. dr hab. Karol Życzkowski	członek Rady Naukowej Instytutu Informatyki teoretycznej i Stosowanej PAN, od 2014 r.
45.	Prof. dr hab. Karol Życzkowski	członek Rady Krajowego Centrum Informatyki Kwantowej, od 2007 r.
46.	Prof. dr hab. Karol Życzkowski	Open Systems and Information Dynamics, członek komitetu redakcyjnego, od 2001 r.
47.	Prof. dr hab. Karol Życzkowski	Academia European, członek od 2014 r.
48.	Dr hab. Lech Mankiewicz, Prof. CFT PAN	Członek Rady Naukowej CAMK, od 2015 r.
49.	Dr hab. Lech Mankiewicz, Prof. CFT PAN	Członek Rady Naukowej Krajowego Centrum Informatyki Kwantowej, od 2011 r.
50.	Dr hab. Lech Mankiewicz, Prof. CFT PAN	Członek Rady Programowej Festiwalu Nauki, od 2014 r.
51.	Dr hab. Lech Mankiewicz, Prof. CFT PAN	Członek Zespołu Ekspertów d/s Strategii w MEN, od 2014 r.
52.	Dr hab. Lech Mankiewicz, Prof. CFT PAN	Członek Rady Fundacji Nauki Otwartej, od 2014 r.

53.	Dr hab. Lech Mankiewicz, Prof. CFT PAN	Członek Zewnętrznej Rady Doradczej Samsung Polska
54.	Mgr Katarzyna Senger	członek Polskiego Towarzystwa Relatywistycznego, od 2015 r.
55.	Dr hab. Agnieszka Janiuk, Prof. CFT PAN	członek Komitetu Astronomii PAN, od 2015 r.
56.	Prof. dr hab. Kazimierz Rzążewski	fellow Amerykańskiego Towarzystwa Fizycznego
57.	Prof. dr hab. Kazimierz Rzążewski	fellow IOP Brytyjskiego Tow. Fizycznego
58.	Prof. dr hab. Kazimierz Rzążewski	członek panelu grantów ERC-starting
59.	Prof. dr hab. Kazimierz Rzążewski	członek paneli grantów NCN

Naukowi pracownicy Centrum brali żywy udział w **popularyzacji wiedzy fizycznej**. Sporo informacji o dotychczasowych inicjatywach edukacyjnych i popularyzacyjnych Centrum znajduje się na stronie internetowej <http://www.cft.edu.pl/edu/>.

Od 2014 roku CFT PAN ma własny kanał na YouTube, na którym publikowane są nagrania seminariów i wykładów. 77 filmów odsłonięto do tej pory ponad 18 tysięcy razy.

W ramach **XVII Festiwalu Nauki** w Warszawie pracownicy CFT PAN zorganizowali 20 września 2015 r. sesję naukową pt. „Teoria i praktyka”.

Dr hab. Lech Mankiewicz jest krajowym koordynatorem programu „Wszechświat – własnymi rękami”, redaktorem portalu EUHOU - PL <http://www.pl.euhou.net>, koordynatorem Społecznościowego Projektu Naukowego „Zooniverse” w Polsce. Dr hab. Lech Mankiewicz jest także koordynatorem lokalizacji zasobów KhanAcademy w języku polskim. Dzięki środkom uzyskanym z Fundacji PKO Banku Polskiego, Fundacji Orange, darczyńcom prywatnym a także pracy ochotników, polskie zasoby Khan Academy stanowią ponad 2000 filmów z różnych dziedzin wiedzy, odsłoniętych w sumie ponad 4 miliony razy, oraz 70% portalu poświęconego matematyce, na którym w ciągu półtora roku rozwiązano 5 milionów zadań. Do najlepszych materiałów należą filmy z biologii, chemii i fizyki a także interaktywne materiały dotyczące programowania. Pracownicy CFT PAN aktywnie uczestniczą w rozwoju zasobów w dziedzinie fizyki.

Pracownicy naukowcy Centrum występowali publicznie w mediach, udzielali wywiadów w prasie, radio i telewizji (więcej informacji na stronie internetowej Centrum <http://www.cft.edu.pl/media.php>). Na szczególną uwagę zasługuje działalność **prof. Łukasza**

A. Turskiego, Większość wystąpień **prof. Turskiego** wraz z odnośnikami znajduje się na stronie web.me.com/lukaszturski. Prof. Turski opublikował 12 felietonów popularno-naukowych na portalu Project-Syndicate.pl.

Profesor Turski, jako przewodniczący Komitetu Naukowego współorganizował **19 Piknik Naukowy Polskiego Radia i Centrum Nauki Kopernik** w dniu 9.05.2015 r. na Stadionie Narodowym w Warszawie, największą tego typu imprezę naukową w Europie. W Pikniku wzięło udział 250 instytucji z Polski i zagranicy, które w swoich namiotach przeprowadziły ponad 800 pokazów i eksperymentów. **Prof. Łukasz A. Turski** przewodniczy Radzie Programowej warszawskiego eksploratorium **Centrum Nauki „Kopernik”**.

Dr hab. Lech Mankiewicz opublikował serię artykułów dotyczących przykładów innowacji społecznej i ekonomicznej na portalu InnPoland, <http://lechmankiewicz.innpoland.pl/>

Omówienie najważniejszych wyników naukowych

1. W wyniku realizacji zadania statutowego „**Badania aspektów kosmologicznych i grawitacyjnych ewolucji pól kwantowych**” dr Mikołaj Korzyński zajmował się rozwiązaniami kosmologicznymi z siecią czarnych dziur. Wraz ze współpracownikami I. Hinderem z Instytutu Maksa Plancka w Poczdamie i E. Bentivegną z Uniwersytetu w Katanii zbadano numerycznie rozchodzenie się światła w regularnej sieci 8 czarnych dziur na sferze S^3 . Przy okazji odkryto błąd w równaniach ewolucji Einsteina wzdłuż krzywych o lokalnej, dyskretnej symetrii obrotowej i odbiciowej wyprowadzonych przez Cliftona, Gregorisa, Tavakola i Rosqvista. Autorzy zignorowali wpływ magnetycznej części tensora Weyla.
2. W wyniku realizacji zadania statutowego „**Mechanika kwantowa układów nieliniowych i złożonych**” skonstruowano ogólny schemat analizy nieautonomicznych układów liniowych na reduktywnych algebrach Liego, ważny dla sterowania układami kwantowymi z symetrią. Opracowano, metody tomografii stanów kwantowych. Zbadano całkowalność kilku ważnych modeli klasycznych i kwantowych, w szczególności stosowanych w optyce kwantowej. Przeanalizowano doświadczalne i teoretyczne podstawy eksperymentów pomiarowych w atomowym kondensacie Bosego-Einsteina, co umożliwia optymalne wykonanie takich doświadczeń. Wszystkie te wyniki są istotne dla inżynierii kwantowej, w szczególności projektowania i kontroli układów kwantowych mających na celu przetwarzanie, przesyłanie i odczytywanie informacji na poziomie kwantowym.
Skonstruowano klasyfikację stanów kwantowych w układach wielo-kubitowych - potencjalnych procesorach i układach pamięci w kwantowych urządzeniach przetwarzających i magazynujących informację. Podano konstrukcję uniwersalnych bramek kwantowych wykonujących elementarne operacje logiczne w układach optyki liniowej. Wynik ten znacznie upraszcza i uogólnia znane poprzednio rezultaty. Pod kątem „nieklasyczności” (a więc korzyści i ograniczeń narzucanych na korelacje kwantowe) przebadano możliwość transformacji jednych stanów kwantowych w inne (co jest, oczywiście, kluczowe we wszelkich zastosowaniach informatycznych) i korelacji czasowych.

Skonstruowano ogólną teorię prawdopodobieństwa dla najprostszych ogólnych teorii niesygnalizujących, zarówno dwu- jak i wieloskładnikowych. Przeanalizowano przesyłanie informacji klasycznej w takich układach. Choć teorie klasyczna i kwantowa są wystarczające do opisu rzeczywistości, analiza ich w kontekście ogólnych teorii niesygnalizujących pozwala na zrozumienie ich specyfiki, w tym ich probabilistycznej interpretacji, co jest szczególnie istotne w mechanice kwantowej, gdzie „prawdopodobieństwo” ma charakter inny niż w mechanice klasycznej, co m. in. umożliwia wykraczające poza fizykę klasyczną zastosowania informatyczne.

3. W wyniku realizacji zadania statutowego **“Fizyczne podstawy przetwarzania informacji”** zaproponowano uniwersalną metodę detekcji kwantowego splątania w układach dwóch fotonów, bez konieczności wykonywania pełnej tomografii kwantowej stanu mieszanego układów dwóch kubitów.
4. W wyniku realizacji zadania statutowego **“Termodynamika i dynamika mezoskopowych układów kwantowych”** zaproponowano nowatorską metodę obrazowania funkcji falowej atomu w stanie Rydberga zanurzonego w kondensacie.
5. W wyniku realizacji zadania statutowego **“Zastosowanie metod klasycznej i kwantowej teorii rozpraszania do badania struktury obiektów fizycznych”** wyznaczono fluktuacje geometrii (a dokładnie fluktuacje tensora Riemanna) wynikające z rozkładu widmowego gazu grawitonowego w skończonej temperaturze. Nieoczekiwanym wynikiem tych badań było wykazanie, że wzory opisujące fluktuacje tensora nie mają granicy, gdy temperatura dąży do zera.
6. W wyniku realizacji zadania statutowego **“Geometria maksymalnie niecałkowalnych dystrybucji wektorowych na rozmaitościach”** otrzymano uogólnienie twierdzenia Goldberga-Sachsa w trzech wymiarach. W czterowymiarowym twierdzeniu Goldberga-Sachsa główną rolę odgrywa tensor Weyla metryki, który w trzech wymiarach jest tożsamościowo równy zero. W pracy o trzywymiarowym odpowiedniku twierdzenia GS pokazano, że twierdzenia typu GS można formułować bez pojęcia tensora Weyla. Prowadzi to do natychmiastowych uogólnień na inne typy geometrii niż geometrie (pseudo)riemanowskie i do innych wymiarów niż 3 i 4.
7. W wyniku realizacji zadania statutowego **„Astrofizyka wysokich energii”** opublikowano hydrodynamiczny model globalnej struktury przepływu akrecyjnego dla mikrokwazara IGR J17091-3624. Jest to dysk akrecyjny,

niestabilny ze względu na dominację ciśnienia promieniowania, emitujący również wiatr ze swej powierzchni. Reguluje on amplitudę zmienności rentgenowskiej, a okresowo też stabilizuje oscylacje. Obecność wiatru została niezależnie potwierdzona ilościowo, dzięki analizie danych spektroskopowych obiektu zebranych z satelity Chandra.

Ponadto, na podstawie obserwacji źródeł rentgenowskich zebranych przez satelitę RXTE, poddanych ilościowym oszacowaniom na entropię Reny'iego dzięki zastosowaniu nowatorskiej w aspekcie astrofizycznym metody tzw. analizy rekunencyjnej, potwierdziliśmy istnienie zmienności typu chaosu deterministycznego dla źródła GRS 1915+105. Co więcej, metoda działa także dla niedawno odkrytego źródła IGR J17091-3624. Znaleźliśmy też obserwacje wskazujące na istnienie chaosu deterministycznego w źródłach GX 339-4, XTE J1550-564 oraz GRO J1655-40.

8. W wyniku realizacji zadania statutowego „**Badanie zjawisk kosmicznych w różnych skalach czasowych**” opublikowano wyniki obserwacji rozbłysku gwiazdy DG Cvn przez międzynarodowy zespół badawczy, w którego skład wchodzi Pi of the Sky. Obserwacje optyczne Pi of the Sky uzupełniły dane spektroskopowe uzyskane przez teleskopy sieci BOOTES. W pracy przedstawiono interpretację uzyskanych obserwacji.
9. W wyniku realizacji zadania statutowego „**Nauki przyrodnicze w zrozumieniu roli nauki w społeczeństwie XXI wieku**” współpracowano z Centrum Nauki Kopernik, nad nowatorskim projektem pracowni szkolnej przyrody dla szkoły podstawowej, oraz kontynuowano prace nad udostępnieniem w języku polskim zasobów Akademii Khana.
10. W wyniku realizacji zadania statutowego „**Optoelektronika i automatyka w badaniach nad kontrolą i regulacją zachowań metodami neuroinżynierii**” Uruchomiono transfer energii pomiędzy klatką a układem implantowalnym w oparciu o techniki adaptacyjne. Uruchomiono mechanizm zdalnego wybudzania mikromocowego układu implantowalnego oraz transferu danych pomiarowych. Uruchomiono synchronizację modułów elektronicznych, komputera PC oraz systemu video. Uruchomiono i zademonstrowano detekcję zachowań zwierząt laboratoryjnych metodą optoelektroniczną z wykorzystaniem kurtyny laserowej i metod cyfrowego przetwarzania obrazu.

Opis merytoryczny realizowanych prac wg planu zadaniowo-finansowego

ZADANIE BADAWCZE Nr 1.

Badanie aspektów matematycznych i kosmologicznych ewolucji pól grawitacyjnych

Cel badania:

Badania mają charakter podstawowy. Dotyczą fundamentalnych własności pola grawitacyjnego, którego ewolucję opisują równania Einsteina. Równania te stanowią wysoce nieliniowy układ cząstkowych równań różniczkowych. Struktura zagadnienia początkowego, charakterystyczna dla równań hiperbolicznych, jest tutaj bardzo nietypowa, bowiem jednoznaczność rozwiązania uzyskuje się jedynie z dokładnością do dowolnych transformacji czasoprzestrzeni. W sformułowaniu Hamiltonowskim, ewolucja pola jest generowana przez tzw. kwazi-lokalną energię grawitacyjną, której wiele aspektów matematycznych pozostaje dotychczas bardzo zagadkowych. W szczególności wielkość ta nie może być addytywna: energia (masa) zawarta w sumie obszarów A i B nie może być równa sumie energii EA oraz EB, zawartych oddzielnie w obu tych obszarach, bowiem musi ona być pomniejszona o energię oddziaływania (przyciągania grawitacyjnego) między tymi dwiema energiami (masami). Zjawisko to – niewystępujące w innych teoriach pola z cechowaniem – wymaga użycia zupełnie nowych, oryginalnych metod do opisu ewolucji pola, używających m.in. pojęcia "sztywnych sfer" wprowadzonego ostatnio w jednej z naszych prac.

Opis zrealizowanych prac:

Uzyskano ważne wyniki dotyczące struktury danych Cauchy'ego dla równań Einsteina, oparte na tzw. (2+2)-rozkładzie czasoprzestrzeni. Wyniki te pozwalają mieć nadzieję na konstrukcję zupełnie nowego sformułowania dyskretnej wersji równań Einsteina, co może zaowocować również postępem w tzw. „numerical gravity”.

Zbadano różne aspekty zaproponowanej niedawno dyskretnej wersji Ogólnej Teorii Względności, opartej na sieci hiper-kubicznej. W szczególności zbadano własności występujących w tej teorii więzów oraz generowanej przez nie algebry transformacji cechowania. Otrzymane wyniki wymagają jeszcze uzupełnienia, co nastąpi w najbliższym czasie.

Zbadano uogólnienie klasycznych metod geometrycznej kwantyzacji na przypadek zwartych przestrzeni fazowych. Odkryto zupełnie nowy algorytm, prowadzący do zaskakującej możliwości opisu stanów takiego układu w języku funkcji falowej. Oczywiście opis taki jest równoważny klasycznemu, jednak otwiera zupełnie nowe możliwości, takie jak np. konstrukcja funkcji Wignera dla q-bit'u lub ogólniej układu spinowego. Opis dowolnego stanu (mieszanego) takiego układu w języku funkcji Wignera dostarcza nowego narzędzia które,

mamy nadzieję, znajdzie zastosowanie m.in. w informatyce kwantowej. Na razie powstała jedna wspólna publikacja: "Wigner function of a qubit", która wkrótce ukaże się w druku. Zbadano gruboziarniste uśrednianie równań Einsteina z uwzględnieniem części dynamicznej równań. Publikacja na ten temat powinna pojawić się w przyszłym roku.

Opis najważniejszych osiągnięć:

Dr Mikołaj Korzyński zajmował się rozwiązaniami kosmologicznymi z siecią czarnych dziur. Wraz ze współpracownikami I. Hinderem z Instytutu Maksa Plancka w Poczdamie i E. Bentivegną z Uniwersytetu w Katanii zbadaliśmy numerycznie rozchodzenie się światła w regularnej sieci 8 czarnych dziur na sferze S^3 . Przy okazji odkryliśmy błąd w równaniach ewolucji Einsteina wzdłuż krzywych o lokalnej, dyskretnej symetrii obrotowej i odbiciowej wyprowadzonych przez Cliftona, Gregorisa, Tavakola i Rosqvista. Autorzy zignorowali wpływ magnetycznej części tensora Weyla. Opublikowano na ten temat pracę [1].

Wykorzystanie uzyskanych wyników:

Dr Mikołaj Korzyński zaprezentował swoje wyniki dotyczące gruboziarnistego uśredniania równań Einsteina na konferencji Marcel Grossmann Meeting 14 w Rzymie. Wygłosił 30-minutowe wystąpienie na sesji równoległej na zaproszenie jej przewodniczącego T. Bucherta. Artykuł na ten temat pojawi się w publikacjach konferencyjnych w 2016 roku.

Wyniki opublikowano w czasopiśmie o zasięgu światowym:

[1] "On the vacuum Einstein equations along curves with a discrete local rotation and reflection symmetry" Mikołaj Korzyński, Ian Hinder, Eloisa Bentivegna. May 21, 2015. 18 pp., JCAP 08 (2015) 025

[2] "Nonlinear effects of general relativity from multiscale structure" Mikołaj Korzyński. Dec 11, 2014. 32 pp. Classical and Quantum Gravity 32 (2015) 21, 215013

.

ZADANIE BADAWCZE Nr 2.

Mechanika kwantowa układów nieliniowych i złożonych

Cel badania:

Badania mają charakter podstawowy, a dotyczą podstaw teoretycznych i fundamentalnych aspektów układów kwantowych mających szczególne znaczenie i zastosowanie w inżynierii kwantowej. Teoria układów nieliniowych i chaosu znajduje zastosowanie w różnych działach fizyki, a także w innych dyscyplinach, np. chemii i biologii. W szczególności interesujące jest zastosowanie tej teorii do opisu nieliniowych problemów mikroświata, gdy w grę wchodzi efekty kwantowe. Celem planowanych badań będzie zastosowanie opracowanych w trakcie dotychczasowej realizacji zadań metod, zarówno do układów modelowych, jak i konkretnych układów fizycznych w których występują efekty nieliniowe i kwantowe. Szczególnym wyzwaniem jest połączenie metod probabilistycznych oraz pochodzących z geometrii

różniczkowej i algebraicznej oraz teorii układów dynamicznych, które skonstruowaliśmy dotychczas do analizy kwantowych układów złożonych.

Opis realizowanych prac:

Badania dotyczyły trzech obszarów :

1. Dynamiki, sterowania i kontroli w układach kwantowych (prace 4-6, 8, 9, 10, 12, 14, 16, 19, 21, 22, 24-27, 30, 31). Głównymi narzędziami badawczymi były teoria równań różniczkowych, w szczególności różniczkowa teoria Galois, teoria sterowania optymalnego i kontroli w układach dynamicznych, oraz teoria grup i algebr Liego i algebra liniowa.
2. Geometrii stanów, odwzorowań kwantowych i korelacji w kwantowych układach złożonych, w związku z ich potencjalnymi zastosowaniami informatycznymi (1, 3, 7, 15, 17, 20, 23, 28). Podstawowych narzędzi badawczych dostarczyły geometria symplektyczna i algebraiczna oraz teoria grup i algebr Liego.
3. Fundamentów mechaniki kwantowej (11, 13, 18, 29). Badania dotyczyły, przede wszystkim, tzw. teorii niesygnalizujących (tzn. spełniających elementarną zasadą przyczynowości), do których należą mechanika klasyczna i kwantowa. W badaniach wykorzystano logiki kwantowe i ogólną teorię krat.

Opis najważniejszych osiągnięć:

ad 1. Skonstruowano ogólny schemat analizy nieautonomicznych układów liniowych na reduktywnych algebrach Liego, ważny dla sterowania układami kwantowymi z symetrią (10, 12). Opracowano, metody tomografii stanów kwantowych (9, 14, 16, 21, 22, 24, 25, 27). Zbadano całkowalność kilku ważnych modeli klasycznych i kwantowych, w szczególności stosowanych w optyce kwantowej (4-6, 19, 26, 30, 31). Przeanalizowano doświadczalne i teoretyczne podstawy eksperymentów pomiarowych w atomowym kondensacie Bosego-Einsteina, co umożliwiła optymalne wykonanie takich doświadczeń (8). Wszystkie te wyniki są istotne dla inżynierii kwantowej, w szczególności projektowania i kontroli układów kwantowych mających na celu przetwarzanie, przesyłanie i odczytywanie informacji na poziomie kwantowym.

ad 2. Skonstruowano klasyfikację stanów kwantowych w układach wielo-kubitowych - potencjalnych procesorach i układach pamięci w kwantowych urządzeniach przetwarzających i magazynujących informację (1, 20). Podano konstrukcję uniwersalnych bramek kwantowych wykonujących elementarne operacje logiczne w układach optyki liniowej. Wynik ten znacznie upraszcza i uogólnia znane poprzednio rezultaty (15). Pod kątem „nieklasyczności” 5 (a więc korzyści i ograniczeń narzucanych na korelacje kwantowe) przebadano możliwość transformacji jednych stanów kwantowych w inne (co jest, oczywiście, kluczowe we wszelkich zastosowaniach informatycznych) i korelacji czasowych (23, 7).

ad 3. Skonstruowano ogólną teorię prawdopodobieństwa dla najprostszych ogólnych teorii niesygnalizujących, zarówno dwu- jak i wieloskładnikowych (11, 29). Przeanalizowano przesyłanie informacji klasycznej w takich układach (18). Choć teorie klasyczna i kwantowa są wystarczające do opisu rzeczywistości, analiza ich w kontekście ogólnych teorii niesygnalizujących pozwala na zrozumienie ich specyfiki, w tym ich probabilistycznej interpretacji, co jest szczególnie istotne w mechanice kwantowej, gdzie „prawdopodobieństwo” ma charakter inny niż w mechanice klasycznej, co m. in. umożliwia wykraczające poza fizykę klasyczną zastosowania informatyczne (13).

Wykorzystanie uzyskanych wyników:

Wyniki opublikowano w czasopismach i monografiach o zasięgu światowym:

1. **T.Maciążek, A.Sawicki**, *J. Phys.A:Math.Theor.* **48**, 045305 (2015).
 2. **T.Maciążek**, J.Wojtkiewicz, *Physica A* **441**, 131–140 (2016).
 3. **T.Maciążek**, C.Joyner, U.Smilansky, *Acta Phys. Pol. A*, **128**, 983-989 (2015).
 4. **A.Maciejewski, M.Przybylska, T.Stachowiak**, *Phys.Lett. A* **379**, 1503-1509 (2015).
 5. **T.Stachowiak**, W.Szumiński, *Phys. Lett. A* **379**, 3017-3024 (2015).
 6. **A.Maciejewski, M.Przybylska, T.Stachowiak**, *Phys.Rev.A* **91**, 037801 (2015).
 7. S.Brierley, A.Kosowski, **M.Markiewicz**, T.Paterek, A.Przysiężna, *Phys.Rev.Lett.* **115**, 120404 (2015).
 8. **K. Kowalczyk-Murynka**, *Phys.Rev.A*, **92**, 023639 (2015).
 9. A. Jamiołkowski, T. Kamizawa, **G. Pastuszek**, *Int.J.Theor.Phys.* **54**, 2662–2674 (2015).
 10. **S. Charzyński, M. Kuś**, *J.Diff.Eqs* **259**, 1542–1559 (2015).
 11. **T. Tylec, M. Kuś**, *J.Phys.A.* **48** 505303 (2015).
 12. **J. Gutt, S.Charzyński, M.Kuś**, *Diff.Geom.Appl.* **42**, 37–43 (2015).
 13. **M. Kuś**, [w:] *Metaphysics in Contemporary Physics*, 425–436, (2015).
- Ponadto 5 prac zostało przyjętych do druku:
14. **A.Czerwiński**, [arXiv:1506.03441](https://arxiv.org/abs/1506.03441), w druku w *Int. J. Theor. Phys.*
 15. **A.Sawicki**, [arXiv:1507.08255](https://arxiv.org/abs/1507.08255), w druku w *Quant.Inf.Comp.*
 16. **A. Czerwiński**, [arXiv:1601.02002](https://arxiv.org/abs/1601.02002), w druku w *J. Phys. A: Math. Theor.*
 17. S.Gnutzmann, **M.Kuś**, J.Langham-Lopez, [arXiv:1509.06936](https://arxiv.org/abs/1509.06936), w druku w *J. Phys.A*
 18. W.Kłobus, **M.Ozmaniec**, R.Augusiak, A.Grudka, [arXiv:1408.1223](https://arxiv.org/abs/1408.1223), w druku w *Found.Phys*
- 13 następnych zostało wysłanych do druku (są dostępne w postaci reprintów)
19. **M.Jóźwikowski**, W.Respondek, [arXiv:1310.8528](https://arxiv.org/abs/1310.8528)
 20. E.Hristova, **T.Maciążek**, V.Tsanov, [arXiv:1504.01110](https://arxiv.org/abs/1504.01110)
 21. **A.Czerwiński**, [arXiv:1504.01326](https://arxiv.org/abs/1504.01326)
 22. **A.Czerwiński**, [arXiv:1504.04385](https://arxiv.org/abs/1504.04385)

23. **M.Oszmaniec**, A.Grudka, M.Horodecki, A.Wójcik, [arXiv:1505.04955](https://arxiv.org/abs/1505.04955)
24. **A.Czerwiński**, [arXiv:1506.00654](https://arxiv.org/abs/1506.00654)
25. **A.Czerwiński**, [arXiv:1507.04327](https://arxiv.org/abs/1507.04327)
26. **M.Jóźwikowski**, W.Respondek, [arXiv:1509.01628](https://arxiv.org/abs/1509.01628)
27. **A.Czerwiński**, A.Jamiołkowski, [arXiv:1509.09318](https://arxiv.org/abs/1509.09318)
28. L.Fiderer, **M.Kuś**, D.Braun, [arXiv:1511.04309](https://arxiv.org/abs/1511.04309)
29. **T.Tylec**, J.Krajczok, **M.Kuś**, [arXiv:1512.02457](https://arxiv.org/abs/1512.02457)
30. **Z.Domański**, M.Błaszak, [arXiv:1601.02114](https://arxiv.org/abs/1601.02114)
31. M.Błaszak, K.Marciniak, **Z.Domański**, [arXiv:1501.00576](https://arxiv.org/abs/1501.00576)

ZADANIE BADAWCZE Nr 3.

Fizyczne podstawy przetwarzania informacji

Cel badania:

Badania efektów kwantowych istotnych przy opisie przetwarzania informacji stają się kluczowe wobec postępującej miniaturyzacji używanych układów fizycznych. Z drugiej strony, szybki rozwój fizyki eksperymentalnej motywowanej kwantową teorią informacji, stymuluje badania teoretyczne, które w przyszłości mogą zaowocować nowymi technologiami (kwantowa kryptografia, kwantowa komunikacja i obliczenia kwantowe).

Opis zrealizowanych prac:

Splątanie kwantowe stanowi kluczowy zasób wykorzystywany w wielu algorytmach kwantowych oraz protokołach przetwarzania informacji kwantowej. W roku 2015 zrealizowano badania teoretyczne dotyczące klasyfikacji oraz opisu stanów splatanych układów wielocząstkowych, a także nowych metod detekcji kwantowego splatania.

Opis najważniejszych osiągnięć:

W pracy [1] zaproponowano uniwersalną metodę detekcji kwantowego splatania w układach dwóch fotonów, bez konieczności wykonywania pełnej tomografii kwantowej stanu mieszanego układów dwóch kubitów.

Badania struktury zbioru stanów splatanych prowadzono przy pomocy algebraicznego pojęcia zasięgu numerycznego operatora oraz cienia operatora ograniczonego do zbioru stanów splatanych. Takie podejście pozwala na analizę projekcji wielowymiarowego zbioru stanów separowalnych (stanów splatanych) na zadaną płaszczyznę [2] i służy do badań własności geometrycznych miar kwantowego splatania. W pracy [3] poświęconej układom wielocząstkowym, badano minimalną entropię rozkładu danego stanu czystego w dowolnej bazie produktowej i pokazano na związek tej wielkości z geometryczną miarą splatania. Analizę kwantowego splatania względem dwóch różnych rozkładów całego układu na dwa podukłady można powiązać z entropowymi zasadami nieoznaczoności. W artykule [4]

wyprowadzono nowe entropowe zasady nieoznaczoności (dolne ograniczenia) na sumę entropii pomiaru badanego stanu w kilku różnych bazach. Ponadto dla trzech pomiarów znaleziono nietrywialne więzy górne na sumę takich entropii, które można nazwać "zasadami oznaczoności", oraz pokazano analogiczne więzy dla sumy entropii splatania badanego stanu względem kilku różnych podziałów badanego układu na dwa podukłady.

Wykorzystanie uzyskanych wyników:

Wyniki opublikowano w czasopismach o zasięgu światowym:

- [1] K. Bartkiewicz, P. Horodecki, K. Lemr, A. Miranowicz, K. Życzkowski, Method for universal detection of two-photon polarization entanglement, Phys. Rev. A 91, 032315 (2015).
- [2] Z. Puchała, A. Miszczak, P. Gawron, C. F. Dunkl, J. A. Holbrook, and K. Życzkowski, Restricted numerical shadow and geometry of quantum entanglement, Lin. Algebra Appl. 479, 12-51 (2015).
- [3] M. Enriquez, Z. Puchała and K. Życzkowski, Minimal Renyi-Ingarden-Urbaniak entropy of multipartite quantum states, Entropy 17, 5063-5084 (2015).
- [4] Z. Puchała, Ł. Rudnicki, K. Chabuda, M. Paraniak and K. Życzkowski, Certainty relations, mutual entanglement and non-displacable manifolds, Phys. Rev. A 92, 032109, (2015).

ZADANIE BADAWCZE Nr 4.

Termodynamika i dynamika mezoskopowych układów kwantowych

Cel badania:

Badania mają charakter podstawowy. Celem jest lepsze zrozumienie własności gazów kwantowych. Prowadzi to do lepszego zrozumienia kwantowych własności materii i, być może, do nowych zastosowań technologicznych, zwłaszcza rozwoju informatyki kwantowej.

Opis zrealizowanych prac:

1. W pracy [2] zbadaliśmy związek pomiędzy wcześniej odkrytymi przez nas spontanicznie generowanymi ciemnymi solitonami w bozonowym gazie kwazi jednowymiarowym, a tak zwanymi wzbudzeniami drugiego rodzaju w ściśle rozwiązywalnym modelu takiego gazu podanym przez Lieba i Linigera. Pokazaliśmy, że statystyczne własności zbioru takich solitonów w próbce o określonej temperaturze są zgodne z rozkładem termicznym tych kwazicząstek drugiego rodzaju. W wyższych temperaturach użyliśmy uogólnienia Yanga-Yanga.
2. W pracy [1] podaliśmy opis za pomocą metody Pól Klasycznych doświadczenia, w którym

badano fluktuację różnicy populacji kwazi jednowymiarowego kondensatu Bosego-Einsteina gwałtownie dzielonego barierą potencjału. Zgodne z doświadczeniem fluktuacje mniejsze niż wynikające z rozkładu dwumiennego otrzymaliśmy tylko uwzględniając odpowiednio wydłużony czas pomiaru.

3. W pracy [4] zastosowaliśmy metodę Pól Klasycznych do opisu doświadczenia grupy Tilmana Pfau z atomami w stanie Rydberga wzbudzonymi w kondensacie Bosego-Einsteina. W zgodzie z doświadczeniem opisaliśmy starty kondensatu jako wynik oddziaływania z wysoko wzbudzonymi elektronami. Zaproponowaliśmy także metodę "fotografowania" orbitala rydbergowskiego poprzez wywołane przez elektron zaburzenie gęstości kondensatu.

4. W pracy [3] zbadaliśmy ściśle rozwiązania równania Schrödingera dla kilku fermionów dwu rodzajów przyciągających się wzajem i umieszczonych w kwazi jednowymiarowej pułapce. Badając rozkład spektralny dwucząstkowej macierzy gęstości znaleźliśmy zjawisko parowania się fermionów dwóch typów analogiczne do par Coopera znanych w teorii nadprzewodnictwa.

5. W pracy [5] odkryliśmy istnienie ciemnych solitonów w jednowymiarowym gazie dipolowym. W przeciwieństwie do przypadku gazu z oddziaływaniem kontaktowym, takie solitony oddziałują na odległość oraz zderzają się nieelastycznie. W takich zderzeniach przyspieszają emitując fonony.

Opis najważniejszych osiągnięć:

Za najważniejszy należy uznać wynik z pracy [4] proponujący nowatorską metodę obrazowania funkcji falowej atomu w stanie Rydberga zanurzonego w kondensacie. Innym ważnym wynikiem jest zbadane w pracy [5] nieelastyczne zderzenie ciemnych solitonów w gazie dipolowym.

Wykorzystanie uzyskanych wyników:

Wyniki opublikowano w czasopiśmie o zasięgu światowym oraz prezentowano na licznych konferencjach międzynarodowych:

1. T. Górski and K. Rzążewski, Classical fields and quantum measurement for Bose-Einstein condensate. *Journal of Physics B*, **48**, 035303 (2015)
2. Tomasz Karpiuk, Tomasz Sowiński, Mariusz Gajda, Kazimierz Rzążewski, and Mirosław Brewczyk, Correspondence between dark solitons and the type II excitations of the Lieb-Liniger model. *Phys. Rev. A*, **91**, 013621 (2015)
3. Tomasz Sowiński, Mariusz Gajda and Kazimierz Rzążewski, Pairing in a system of a few attractive fermions in a harmonic trap, *EPL*, **109**, 26005 (2015)
4. T. Karpiuk, M. Brewczyk, K. Rzążewski, A. Gaj, J. B. Balewski, A. T. Krupp, M. Schlagmüller, R. Löw, S. Hofferberth and T. Pfau, Imaging single Rydberg electrons in a Bose-Einstein condensate, *New J. Phys.* **17**, 053046 (2015)
5. K. Pawłowski and K. Rzążewski, Dipolar dark solitons *New J. Phys.* **17** (2015) 105006

ZADANIE BADAWCZE Nr 5.

Zastosowanie metod klasycznej i kwantowej teorii rozpraszania do badania struktury obiektów fizycznych

Cel badania:

Jedną z podstawowych metod badawczych fizyki jest badanie szeroko pojętej struktury obiektów fizycznych poprzez rozpraszanie różnego rodzaju fal. Podstawowym narzędziem teoretycznym do opisu rozpraszania jest macierz S. Metoda macierzy S znalazła swoje główne zastosowanie do opisu rozpraszania cząstek elementarnych. W innych działach fizyki metoda ta jest bardzo rzadko stosowana. Pod tym względem badanie są nowością. Celem badań jest znalezienie odpowiedzi na pytanie: jakie informacje fizyczne można uzyskać obserwując jedynie fale rozpraszane przez ten obiekt.

Opis zrealizowanych prac:

Z powodu przedłużającego się wyjazdu zagranicznego dra Łukasza Rudnickiego prace w ramach tego zadania uległy opóźnieniu. Obecnie zadanie to wykonuje Stanisław Sołtan. Będzie podstawa jego pracy magisterskiej. Wykonane zostały jednak dwie prace, omówione poniżej, które są tematycznie zbliżone.

Opis najważniejszych osiągnięć:

1. W pracy "Fluctuations of geometry in a hot Universe" (Classical and Quantum Gravity 32, 215015 (2015) autor Iwo Białynicki-Birula) wyznaczono fluktuacje geometrii (a dokładnie fluktuacje tensora Riemanna) wynikające z rozkładu widmowego gazu grawitonowego w skończonej temperaturze. Nieoczekiwanym wynikiem tych badań było wykazanie, że wzory opisujące fluktuacje tensora nie mają granicy, gdy temperatura dąży do zera.
2. W pracy "Gravitational waves carrying orbital angular momentum" (w druku New Physics Journal autorzy Iwo Białynicki-Birula i Zofia Białynicka-Birula) znaleziono matematyczną postać fal grawitacyjnych obdarzonych orbitalnym momentem pędu. Fale takie zawierają dodatkową informację o obiektach astrofizycznych wysyłających fale grawitacyjne.

ZADANIE BADAWCZE Nr 6.

Badania zjawisk kosmicznych w różnych skalach czasowych

Cel badania:

Zaobserwowanie rzadkiego i krótkotrwałego zjawiska, takiego jak poświata towarzysząca kosmicznemu rozbłyskowi gamma (GRB) lub stowarzyszona ze źródłem fal grawitacyjnych wymaga ciągłej obserwacji dużych obszarów nieba oraz analizowania w czasie rzeczywistym zebranego strumienia danych. Z tych względów, w tej dziedzinie jesteśmy praktycznie zdani

wyłącznie na obserwacje za pomocą teleskopów - robotów. Zespół Pi of the Sky dysponuje obecnie systemem zlokalizowanym w Huelva w Hiszpanii, który pokrywa obszar nieba o wielkości 80 x 80 stopni i drugim, mniejszym znajdującym się w obserwatorium San Pedro de Atacama w Chile. Celem zadania jest wykorzystanie tego unikalnego systemu do ciągłej obserwacji nieba do poszukiwania krótkotrwałych zjawisk kosmicznych pochodzenia kosmologicznego, takich jak rozbłyski gamma czy poświaty związane ze źródłami fal grawitacyjnych. Będziemy prowadzić także badania nad wykorzystaniem małych teleskopów do obserwacji orbit okołozemskich w programach Space Situational Awareness.

Opis zrealizowanych prac:

Kontynuowano obserwacje nieba w poszukiwaniu poświat optycznych pochodzenia kosmologicznego oraz prace nad optymalizacją analizy fotometrycznej uzyskanych danych. Zagadnienie to jest przedmiotem rozprawy doktorskiej mg Rafała Opiela. Uzyskane wyniki pozwalają na redukcję błędu wyznaczenia krzywych blasku.

Opis najważniejszych osiągnięć:

Publikacja [1] dotyczy obserwacji rozbłysku gwiazdy DG Cvn przez międzynarodowy zespół badawczy, w którego skład wchodzi Pi of the Sky. Obserwacje optyczne Pi of the Sky uzupełniły dane spektroskopowe uzyskane przez teleskopy sieci BOOTES. W pracy przedstawiono interpretację uzyskanych obserwacji.

Publikacja [2] dotyczy analizy dokładności detekcji okresowości gwiazd zmiennych obserwowanych w projekcie Pi of the Sky. Publikacja [3] dotyczy przeglądu obserwacji wykonanych w 2014/na początku 2015 roku przez detektory Pi of the Sky. Publikacja [4] prezentuje wyniki testów obserwacji śmieci kosmicznych i satelitów za pomocą detektorów Pi of the Sky. Zaprezentowano oszacowania dokładności wyznaczenia orbit na podstawie pomiarów. Praca [5] poświęcona jest opisowi konstrukcji nowego teleskopu-roboty dla Pi of the Sky.

Wykorzystanie uzyskanych wyników:

Wyniki opublikowano w formie artykułu w MNRAS i 3 wystąpień konferencyjnych i rozdziału w monografii:

[1] M. D. Caballero-Garcia, V. Simon, M. Jelínek, A. J. Castro-Tirado, Arek Ćwiek, A. Claret, Rafał Opiela, Aleksander Żarnecki, J. Gorosabel, S. R. Oates, R. Cunniffe, S. Jeong, R. Hudec, V. V. Sokolov, D. I. Makarov, J. C. Tello, O. Lara-Gil, P. Kubanek, S. Guziy, J. Bai, Y. Fan, C. Wang, I. H. Park, „Early optical follow-up of the nearby active star DG CVn during its 2014 superflare”, MNRAS, **452**, 4195-4202 (2015).

[2] R. Opiela, L. Mankiewicz, A.F. Żarnecki, „Comparison of the period detection algorithms based on Pi of the Sky data”, Proc. of SPIE, **9662** (2015), 12 stron.

[3] A. Majcher et al., „Status of the Pi of the Sky telescopes in Spain and Chile”, Proc. of SPIE, **9662** (2015), 8 stron.

[4] A. Ćwiek, T. Batsch, A. Majcher, L. Mankiewicz, G. Wrochna, A. Zadrozny, A. F. Żarnecki, „Prospects for satellite and space debris observations with Pi of the Sky”, Proc. of SPIE, **9662** (2015), 8 stron.

[5] J. Grygorczuk, M. Dobrowolski, G. Juchnikowski, M. Morawski, **L. Mankiewicz**, A. Żarnecki, M. Ćwiok, M. Zaremba, T. Batsch, R. Wilczyński, “Design of the New Pi of the Sky Robotic Telescope Controlled via Internet”, Aerospace Robotics II, 117, (2015).

ZADANIE BADAWCZE Nr 7.

Geometria maksymalnie niecałkowalnych dystrybucji wektorowych na rozmaitościach

Cel badania:

Dystrybucje wektorowe na rozmaitościach to podstawowa struktura geometryczna używana do opisu kinematyki układów fizycznych z nieholonomicznymi więzami. Zadanie dystrybucji na przestrzeni konfiguracyjnej odpowiada wyróżnieniu (w sposób liniowy w każdym punkcie) dopuszczalnych kierunków prędkości układu. Dystrybucje maksymalnie niecałkowalne opisują układy, dla których każde dwie konfiguracje łączy trajektoria, wzdłuż której układ ewoluuje z dopuszczalną prędkością. Zrozumienie własności takich dystrybucji uprości wiele problemów w teorii sterowania. Klasyfikacja maksymalnie niecałkowalnych dystrybucji za pomocą niezmienników pozwala na porównanie danego układu ze znanymi, przebadanymi modelami.

Istotnym źródłem matematycznych modeli maksymalnie niecałkowalnych dystrybucji są tzw. uogólnione rozmaitości flag: przestrzenie jednorodnie wyposażone w kanoniczny sposób w niezmienniczą dystrybucję. Każdy z tych modeli określa pewną szerszą klasę dystrybucji, które można lokalnie opisać jako "zakrzywione" deformacje modelu. Interpretację tego "zakrzywienia" umożliwia teoria tzw. geometrii parabolicznej, wykorzystująca narzędzia teorii grup i teorii reprezentacji. Ich zastosowanie pozwala w szczególności na podanie (i obliczenie) niezmienników dystrybucji.

Celem tego projektu jest powiązanie następujących zagadnień: sterowania nieholonomicznymi układami kinematycznymi, teorii maksymalnie niecałkowalnych dystrybucji i geometrii parabolicznych. Jego realizacja wiąże się z: charakteryzacją dystrybucji dopuszczających opis w języku geometrii parabolicznej, konstrukcją kinematycznych modeli dla takich dystrybucji, interpretacją bogatej struktury geometrii parabolicznej w terminach modelu kinematycznego.

Opis zrealizowanych prac:

W ramach tego zadania w roku 2015 opublikowano podstawową pracę p.t. 'Non-rigid parabolic geometries of Monge type', definiującą nową, ciekawą dla zastosowań klasę dystrybucji wektorowych na rozmaitościach. Dystrybucje te, nazwane przez nas dystrybucjami Monge'a, są naturalnym uogólnieniem jednego z najbardziej interesujących gatunków dystrybucji, mianowicie dystrybucji (2,3,5), opisywanych koneksją Cartana z wyjątkową algebrą Liego typu g_2 . W omawianej pracy podano pełną listę geometrii parabolicznych, które pochodzą od dystrybucji Monge'a, i mogą mieć niezerową krzywiznę odpowiadającej jej koneksji Cartana.

Innym wynikiem z zakresu teorii dystrybucji, który został podany w 2015 roku jest zawarty w pracy 'A Goldberg-Sachs theorem in dimension 3'. Dotyczy on pewnych szczególnych kongruencji zerowych (dystrybucji 1-wymiarowych) na 3-wymiarowych rozmaitościach ze strukturą (pseudo)-riemannowską i ich związków z algebraiczną specjalnością krzywizny metryki. Twierdzenie dotyczące tych związków podane w przytoczonej tu pracy, jest nietrywialnym analogiem klasycznego twierdzenia Goldberga-Sachsa z Ogólnej Teorii Względności.

Kolejnym wynikiem otrzymanym w ramach tego zadania jest wyróżnienie pewnej ciekawej klasy układów równań różniczkowych cząstkowych na rozmaitościach, nazwanych przez nas 'Generalised Ricci Solitons' w pracy pod takim samym tytułem. W przypadku rozmaitości 2-wymiarowych (i dla niektórych rozmaitości 3-wymiarowych) znaleziono rozwiązania tych równań i opisano geometrie z nimi związaną.

Ponadto, w pracy 'Analog of selfduality in dimension 9', opisano także pewną ciekawą klasę geometrii w wymiarze 9, która stanowi naturalne uogólnienie pojęcia (pseudo)-riemannowskich geometrii samodualnych z wymiaru 4.

Opis najważniejszych osiągnięć:

Zdefiniowane w ramach tego zadania dystrybucje Monge'a, stanowią doskonale źródło przykładów geometrii parabolicznych, które niedługo powinny znaleźć zastosowania w teorii sterowania mechanicznymi układami nieholonomicznymi. Znalezienie takich zastosowań jest jednym z głównych długofalowych celów tego zadania. Jesteśmy w trakcie realizacji tego celu zarówno we współpracy z naszymi zagranicznymi kolegami I. Andersonem, Zh. Nie, K. Sagerschnig, Th. Leistnerem, G. Borem, jak i w ramach dyskusji z uczonymi prowadzącymi takie badania niezależnie od nas (A. Cap, J. Slovak i ich współpracownicy, Th. Morimoto i K. Yamaguchi i ich współpracownicy). Nasza praca o dystrybucjach Monge'a jest podstawą tych badań, i spodziewamy się, że w roku 2016 zostanie rozwinięta zarówno w kierunku zastosowań jak i dalszej analizy teoretycznych własności tych dystrybucji.

Twierdzenie Goldberga-Sachsa (GS) w trzech wymiarach otrzymane w ramach tego zadania, jest dość nieoczekiwane: w czterowymiarowym twierdzeniu Goldberga-Sachsa główną rolę odgrywa tensor Weyla metryki, który w trzech wymiarach jest tożsamościowo równy zero. W

naszej pracy o trzywymiarowym odpowiedniku twierdzenia GS, pokazaliśmy, że twierdzenia typu GS można formułować bez pojęcia tensora Weyla. Prowadzi to do natychmiastowych uogólnień na inne typy geometrii niż geometrie (pseudo) riemanowskie i do innych wymiarów niż 3 i 4. W roku 2016 zamierzamy zbadać takie uogólnienia na przypadek innych niż konforemne geometrii parabolicznych. W szczególności zamierzamy podać odpowiednik twierdzenia GS dla geometrii dystrybucji (2,3,5).

Wykorzystanie uzyskanych wyników:

Wyniki opublikowano w czasopismach o zasięgu światowym:

- 1) I. Anderson, Zh. Nie, P. Nurowski, 'Non-rigid parabolic geometries of Monge type', *Adv. Math.* **277**, 24-55, (2015).
- 2) P. Nurowski, A. Taghavi-Chabert 'A Goldberg-Sachs theorem in dimension three' *Class. Quantum Grav.* **32** 115009 (2015).
- 3) P. Nurowski, M. Randall 'Generalised Ricci Solitons', *J. Geom. Anal.*, DOI 10.1007/s12220-015-9592-8 (2015).
- 4) A. Fino, P. Nurowski, 'Analog of selfduality in dimension nine', *J. Reine Angew. Math.*, **699**, 67-110 (2015).

ZADANIE BADAWCZE Nr 8. **Astrofizyka wysokich energii**

Cel badania:

Celem badań jest analiza i modelowanie numeryczne zjawisk zachodzących w silnym polu grawitacyjnym gwiazdy zwartej, przede wszystkim astrofizycznej czarnej dziury. Czarne dziury oraz gwiazdy neutronowe są najbardziej ekstremalnymi obiektami we wszechświecie a w zachodzących wokół nich zjawiskach bierze udział namagnesowana, zjonizowana relatywistyczna plazma, emitująca promieniowanie w szerokim zakresie widma elektromagnetycznego i pochłaniana przez centralny obiekt w procesie akrecji. Może temu towarzyszyć stały lub epizodyczny wyrzut strug materii w kierunkach osi rotacji czarnej dziury a prostopadle do płaszczyzny dysku. W naszych badaniach będziemy starali się stworzyć jak najpełniejszy, fizyczny model przepływającej plazmy, przy uwzględnieniu warunków istotnych z punktu widzenia rzeczywistych obiektów kosmicznych i testowalności obliczeń. Na ogół, nie jest to możliwe przy użyciu metod analitycznych i modelowanie musi bazować na zaawansowanych obliczeniach numerycznych.

Opis zrealizowanych prac:

Badania zespołu prowadzone w 2015 r. dotyczyły analizy szeregów czasowych, które charakteryzują zmienność wysokoenergetycznego promieniowania z akreujących czarnych

dziur. Interesowało nas rozróżnienie pomiędzy czysto stochastyczną zmiennością, a zmiennością chaotyczną w sensie chaosu deterministycznego. Do tej pory, to ostatnie zjawisko zostało potwierdzone w sposób bezsporny jedynie w wypadku jednego źródła, którym jest mikrokwazar GRS 1915+105.

Drugim z głównych tematów były wielowymiarowe symulacje numeryczne akreującej materii, rotującej w polu grawitacyjnym czarnej dziury. Prace nad modelem 1-wymiarowym uzyskały kontynuację w postaci pełnych relatywistycznych symulacji 3-wymiarowych, przy pomocy pakietu oprogramowania "Einstein Toolkit". Zaadaptowaliśmy do kodu odpowiednie warunki początkowe i brzegowe, opisujące problem akrecji z małym momentem pędu na czarną dziurę Kerr'a. Wstępne wyniki pokazujące naddźwiękową strukturę przepływu zostały przedstawione w postaci plakatu i artykułu do materiałów z 37. Zjazdu Polskiego Towarzystwa Astronomicznego.

Ponadto, badano ciepły ośrodek absorpcyjny w kwazarach (obiekt Mkn 590, dla którego istnieją dobre dane w zakresie rentgenowskim). Pokazaliśmy, że model ciepłego absorbera w równowadze ciśnieniowej pozwala przy pomocy jednej tylko warstwy absorbującej wyjaśnić absorpcję przez materię o szerokim zakresie parametru jonizacji. Oprócz tego, zajmowaliśmy się fizyczną interpretacją pewnego składnika widmowego, wykorzystywanego fenomenologicznie do parametryzowania widm rentgenowskich akreujących czarnych dziur i znanego pod nazwą termicznej optycznie grubej komptonizacji. Nasze badania pokazały, że taka konfiguracja nie jest sprzeczna z faktem, że wg. przybliżenia dyfuzyjnego transferu promieniowania inwersja temperatury może istnieć tylko w warstwach optycznie cienkich, lecz wymagane jest istnienie silnego pola magnetycznego.

Opis najważniejszych osiągnięć:

Przekrojowa praca dotycząca mikrokwazara IGR J17091-3624 przedstawia nasz hydrodynamiczny model globalnej struktury przepływu akrecyjnego w tym źródle. Jest to dysk akrecyjny, niestabilny ze względu na dominację ciśnienia promieniowania, emitujący również wiatr ze swej powierzchni. Reguluje on amplitudę zmienności rentgenowskiej, a okresowo też stabilizuje oscylacje. Obecność wiatru została niezależnie potwierdzona ilościowo, dzięki analizie danych spektroskopowych obiektu zebranych z satelity Chandra. Ponadto, na podstawie obserwacji źródeł rentgenowskich zebranych przez satelitę RXTE, poddanych ilościowym oszacowaniom na entropię Reny'iego dzięki zastosowaniu nowatorskiej w aspekcie astrofizycznym metody tzw. analizy rekunencyjnej, potwierdziliśmy istnienie zmienności typu chaosu deterministycznego dla źródła GRS 1915+105. Co więcej, metoda działa także dla niedawno odkrytego IGR J17091-3624. Znaleźliśmy też obserwacje wskazujące na istnienie chaosu deterministycznego w źródłach GX 339-4, XTE J1550-564 oraz GRO J1655-40.

Modele numeryczne dotyczyły badania warunków występowania fal uderzeniowych w słabo rotujących, kwazi-sferycznych przepływach akrecyjnych, w obiektach takich jak Centrum Galaktyki Sgr A* czy też w układ podwójny GX 339-4. Pokazałyśmy, że zależnie od wartości specyficznego momentu pędu, oraz historii jego zmian, w przepływie może występować zjawisko 'histerezy', polegające na przeskakiwaniu rozwiązań pomiędzy sąsiednimi punktami dźwiękowymi. Tego typu zachowanie zostało teraz potwierdzone po raz pierwszy w pełnym modelu hydrodynamicznym (wcześniejsze badania innych autorów dotyczyły jedynie rozwiązań stacjonarnych). Okazało się, że dla pewnego wąskiego zakresu parametrów (wartość specyficznego momentu pędu na zewnętrznym brzegu), charakter przepływu lokalnie zmienia się z poddźwiękowego na naddźwiękowy w sposób cykliczny, czemu towarzyszą wyraźne zmiany tempa akrecji materii.

Wykorzystanie uzyskanych wyników:

Wyniki opublikowano w czasopismach o zasięgu światowym:

1. **Sukova P., Janiuk A.**, "Oscillating shocks in the low angular momentum flows as a source of variability of accreting black holes", 2015, MNRAS, 447, 1565
2. Kunert-Bajraszewska M., Katarzyński K., **Janiuk A.**, "Broadband nuclear emission in two radio-loud broad absorption line quasars", 2015, A&A, 574, 110
3. **Janiuk A., Grzędzielski M.**, Capitanio F., Bianchi S., "Interplay between heartbeat oscillations and wind outflow in microquasar IGR J17091-3624", 2015, A&A, 574, 92
4. **Grzędzielski M., Sukova P., Janiuk A.**, "Deterministic chaos in the X-Ray sources", 2015, Journal of Astrophysics and Astronomy, Article 9356
5. **Sukova P., Janiuk A.**, "Shocks in the low angular momentum accretion flow", 2015, in Journal of Physics: Conference Series, vol. 600, p. 6
6. Adhikari T.P., Różańska A., Sobolewska M., **Czerny B.**, "Absorption Measure Distribution in Mrk 509", 2015, Astrophysical Journal, 815, 83
7. Różańska A., Malzac J., Belmont R., **Czerny B.**, Petrucci P.-O., "Warm and optically thick dissipative coronae above accretion disks", 2015, Astronomy & Astrophysics, 580, 77

a także przedstawiono na szeregu konferencji w formie referatów i plakatów. Kilka kolejnych prac jest wysłanych do czasopism i jest w trakcie recenzji.

ZADANIE BADAWCZE Nr 9.

Nauki przyrodnicze w zrozumieniu roli nauki w społeczeństwie XXI wieku.

Cel badania:

CFT PAN jest jedyną placówką badawczą PAN realizującą w praktyce od 19 lat zadanie upowszechniania nauki wśród najszerszych grup społeczeństwa a szczególnie młodzieży zarówno szkolonej jak i akademickiej. Efektem tego zaangażowania CFT było stworzenie Szkoły Nauk Ścisłych oraz następnie jej włączenie w strukturę UKSW oraz zorganizowanie przez pracowników CFT PAN największych w Polsce przedsięwzięć edukacyjnych: Pikniku Naukowego, Centrum Nauki Kopernik oraz ostatnio przeniesienia na teren Polskiej Akademii Khana. Przemiany w dziedzinie IT w ostatnich latach wskazują na konieczność gruntownego przemyślenia i przebudowania sposobu edukacji o ile ma ona być w Polsce podstawowym motorem rozwoju społeczeństwa wiedzy, to znaczy analiza i wypracowanie wskazówek co do koniecznych zmian w kształceniu nauk przyrodniczych poczynając od szkoły powszechnej podstawowej poprzez krytyczną analizę obecnych podstaw programowych i wskazanie konsekwencji tych zmian w dalszych etapach kształcenia.

Opis zrealizowanych prac:

W 2015 r w ramach realizacji powyższego zadania pracownicy CFT prowadzili aktywną działalność podzielna na następujące kierunki:

- 1.Porównanie sytuacji nauczania przedmiotów przyrodniczych (fizyka, matematyka, astronomia, chemia, biologia) w obecnej strukturze przedmiotowej i administracyjnej szkoły w Polsce z podobną w krajach rozwiniętych i wyciągnięcia stąd wniosków co do zmian nie tylko podstaw programowych ale i metod nauczania
- 2.Aktywnego przenoszenia do Polskiej kultury edukacyjnej najlepszych metod ze światowej edukacji on-line szczególnie Akademii Khana
- 3.Szeroko rozumiane upowszechnianie wiedzy z przedmiotów przyrodniczych w mediach powszechnie dostępnych.

Opis najważniejszych osiągnięć:

- 1.Udział pracowników CFT w realizowaniu pierwszego w Polsce eksperymentu dydaktycznego przygotowania przez Centrum Nauki Kopernik nowatorskiego projektu pracowni szkolnej przyrody dla szkoły podstawowej.
- 2.Udział pracowników CFT w szeregu polskich jak i zagranicznych konferencji poświęconych współczesnym problemom edukacji i wygłaszanie na nich wykładów zaproszonych, z których część ukazuje się również w publikacjach
- 3.Publicowanie przez pracowników CFT tekstów poświęconych nauczaniu, przede wszystkim przedmiotów przyrodniczych, w mediach powszechnego dostępu, np. ukierunkowanie debaty o nauczaniu matematyki w szkołach powszechnych wywołanej kolejną falą publicystyki sugerującej celowość ograniczenia tegoż nauczania. Liczne wystąpienia w telewizjach i radiach poświęcone tej tematyce. CFT jest postrzegane przez media, zarówno publiczne jak i prywatne za jedno z najważniejszych źródeł obiektywnej informacji o edukacji.

4. Udostępnienie 60% zasobów Akademii Khana w dziedzinie matematyki i informatyki. Lokalizacja odbywa się pod nadzorem merytorycznym CFT PAN.

5. Zbadanie przydatności nowoczesnych portali do lokalizacji zasobów internetowych, na przykładzie Zooniverse, do kształcenia tłumaczy, publikacja w czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym.

Wykorzystanie uzyskanych wyników:

1. Publikacje w internecie kolejnych wykładów Akademii Khana. Lech Mankiewicz.
2. Udział w przygotowaniu przez zespół Centrum Nauki Kopernik tzw. Rekomendacji dla Nowej Pracowni Przyrody.
3. Publikacje felietonów na platformie InnPoland (Lech Mankiewicz).
4. 12 publikacji felietonów popularno-naukowych na portalu Project-Syndicate.pl (Łukasz A. Turcki).
5. K. Michalak (stażysta w CFT), "Online localization of Zooniverse Citizen Science Projects – in the use of translation platforms as tools for translator education", Teaching English with Technology, **3**, 61, (2015).

ZADANIE BADAWCZE Nr 10.

Optoelektronika i automatyka w badaniach nad kontrolą i regulacją zachowań metodami neuroinżynierii.

Cel badania:

Zadanie realizowane jest w ramach grantu "Kontrola i regulacja zachowań metodami neuroinżynierii", finansowanego w ramach konkursu NCN pod nazwą SYMFONIA 1 na międzydziedzinowe projekty badawcze realizowane przez wybitnych naukowców, których badania wyróżniają się najwyższą jakością, odważnym przekraczaniem granic pomiędzy różnymi dziedzinami nauki, przyczyniając się do tworzenia nowych wartości i otwierania nowych perspektyw w nauce. Projekt realizuje konsorcjum w składzie: Instytut Biologii Doświadczalnej im. M. Nenckiego PAN (koordynator), Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie (Wydział Fizyki i Matematyki Stosowanej), Uniwersytet Warszawski (Wydział Fizyki) i Centrum Fizyki Teoretycznej PAN. Zadaniem CFT PAN jest zaprojektowanie, zbudowanie i przetestowanie zautomatyzowanych, autonomicznych urządzeń do badań funkcjonalności wybranych obszarów mózgu metodami optogenetyki.

Opis zrealizowanych prac:

- Budowa części sprzętowej prototypu ostatecznej wersji modułowego systemu zarządzającego zespołem 64 anten indukcyjnych służących do przekazywania energii

układom implantowalnym oraz ich pozycjonowaniu w przestrzeni. Zlecono produkcję kontraktową modułów elektronicznych i uruchomiono otrzymane urządzenia.

- Opracowanie oprogramowania i rozwiązań sprzętowych służących synchronizacji w dziedzinie czasu wszystkich składowych systemu: komputera PC, modułów zarządzających antenami indukcyjnymi oraz toru przetwarzania video.
- Opracowanie i implementacja oprogramowania (język C) i konfiguracji FPGA (język VHDL) do stabilizacji mocy w nadajnikach energii.
- Opracowanie oprogramowania zarządzającego pracą układu implantowalnego (język C) wraz z implementacją protokołu radiowego oraz funkcjonalności pozycjonowania zwierząt.
- Budowa 64-kanalowego zespołu anten indukcyjnych do przekazu energii i pozycjonowania
- Opracowanie koncepcji oprogramowania na komputer PC służącego do zarządzania pracą eksperymentu optogenetycznego
- Opracowanie koncepcji elektrody implantowalnej z diodą LED umieszczoną na czubku kaniuli.
- Opracowanie koncepcji i weryfikacja eksperymentalna alternatywnego toru przekazu energii pracującego w paśmie 27MHz dla uproszczonych scenariuszy eksperymentów optogenetycznych

Opis najważniejszych osiągnięć:

- Uruchomienie transferu energii pomiędzy klatką a układem implantowalnym w oparciu o techniki adaptacyjne.
- Uruchomienie mechanizmu zdalnego wybudzania mikromocowego układu implantowalnego oraz transferu danych pomiarowych.
- Uruchomienie i demonstracja metody synchronizacji modułów elektronicznych, komputera PC oraz systemu video.
- Uruchomienie i demonstracja detekcji zachowań metodą optoelektroniczną z wykorzystaniem kurtyny laserowej i metod cyfrowego przetwarzania obrazu.

Wykorzystanie uzyskanych wyników:

Wykorzystanie uzyskanych wyników:

Zgłoszenie patentowe: EKOLOGICZNIE ADEKWATNY SYSTEM I METODA TESTOWANIA SPONTANICZNYCH ZACHOWAŃ SPOŁECZNYCH U MYSZY HODOWANYCH W GRUPIE.

Komunikaty konferencyjne:

FENS Featured Regional Meeting, Thessaloniki, 2015

BETTER TOGETHER - EFFICIENT ASSESSMENT OF SOCIAL INTERACTIONS IN RODENTS, Puścian A.; Łęski S.; Winiarski M.; Boguszewski P.; **Kasprowicz G.**, Knapska E.

Aspects of Neuroscience, Warsaw, 2015

BETTER TOGETHER - EFFICIENT ASSESSMENT OF SOCIAL INTERACTIONS IN RODENTS

Puścian A.; Łęski S.; Winiarski M.; Boguszewski P.; **Kasprowicz G.**, Knapska E.

Plakaty konferencyjne:

European Brain and Behaviour Society & European Behavioural Pharmacology Society Joint Meeting, Verona, 2015

ECO-HAB - FULLY AUTOMATED AND ECOLOGICALLY RELEVANT ASSESSMENT OF SOCIAL IMPAIREMENTS IN MOUSE MODELS OF AUTISM

Puścian, Alicja; Łęski, Szymon; Winiarski, Maciej; Boguszewski, Paweł; **Kasprowicz, Grzegorz**, Knapska, Ewelina.

EMBO Young Scientists Forum, Warsaw, 2015

ECO-HAB - AUTOMATED ASSESSMENT OF SOCIAL IMPAIREMENTS IN MOUSE MODELS OF AUTISM

Puścian, Alicja; Łęski, Szymon; Winiarski, Maciej; Boguszewski, Paweł; **Kasprowicz, Grzegorz**, Knapska, Ewelina.

Neuronus, Kraków, 2015

FULLY AUTOMATED AND ECOLOGICALLY RELEVANT ASSESSMENT OF SOCIAL INTERACTIONS IN PRENATALLY INDUCED MOUSE MODEL OF AUTISM IN TWO DIVERGENT GENETIC BACKGROUNDS

Alicja Puścian, Szymon Łęski, Maciej Winiarski, Paweł Boguszewski, Grzegorz Kasprowicz, Ewelina Knapska.

Annual Meeting of Society for Neuroscience, Chicago, 2015

ECO-HAB - FULLY AUTOMATED AND ECOLOGICALLY RELEVANT ASSAY FOR
INDIVIDUALIZED MEASUREMENT OF SOCIAL IMPAIRMENTS IN MOUSE
MODELS OF AUTISM

Puścian, Alicja; Łęski · Szymon; Winiarski, Maciej; Boguszewski, Paweł ; **Kasprowicz, Grzegorz** , Knapska, Ewelina.

Wykaz projektów badawczych realizowanych w CFT PAN w 2015 r.

Wykaz krajowych projektów badawczych

Kierownik	Temat	Nr projektu	Okres od-do
prof. Iwo Białynicki-Birula	Odtworzenie geometrii z danych rozproszonych	UMO-2012/07/B/ST1/03347	2013-2016
dr hab. Agnieszka Janiuk	Astrofizyka procesów wokół zwartych obiektów kosmicznych	UMO-2012/05/E/ST9/03914	2013-2018
prof. Kazimierz Rzążewski	Zjawiska termiczne w zimnych gazach atomowych	UMO-2012/04/A/ST2/00090	2012-2016
prof. Jerzy Kijowski	Energia pola grawitacyjnego: aspekty geometryczne, funkcjonalno analityczne oraz zastosowania fizyczne	UMO-2011/03/B/ST1/02625	2012-2015
dr Łukasz Rudnicki	Collectibility – nowe kryterium splątania oparte o relacje nieoznaczoności	0468/IP3/2011/71	2012-2015
prof. Marek Kuś	Rozwiązalność, chaos i sterowanie w układach kwantowych	UMO-2011/02/A/ST1/00208	2012-2016
prof. Paweł Nurowski	Geometria dystrybucji Monge'a	UMO-2013/09/B/ST1/01799	2014-2016
dr Michał Oszmaniec	Zastosowanie koncentracji	UMO-	2014-2016

	miary do badania właściwości statystycznych układów kwantowych	2013/09/N/ST1/027 72	
Mgr Tomasz Maciążek	Badanie wielokubitowych stanów maksymalnie splątanych i równoważność stanów ze względu na działanie operacji SLOCC	0165/DIA/2014/43	2014-2018
dr Łukasz Rudnicki	Dekoherencja stanów niegaussowskich	UMO- 2014/13/D/ST2/018 86	2015-2017
dr Krzysztof Pawłowski	Splątanie i dekoherencja ultrazimnych atomów	UMO- 2014/13/D/ST2/018 83	2015-2018

Wykaz międzynarodowych projektów badawczych

Kierownik	Temat	Nr projektu	Okres od-do
Prof. Marek Kuś	Quantum Resources: Conceptuals and Applications, (QOLAPS)	ERC-2011- AGD_2011 0209	2012-2016
Prof. Marek Kuś	Intrinsic Randomness in the Quantum World	ID# 4137	2013-2016

Wykaz projektów badawczych zlokalizowanych poza CFT, w których uczestniczyli pracownicy CFT PAN jako wykonawcy projektu

Wykonawcy z CFT PAN	Temat	Kierownik (jednostka)	Okres od-do
dr hab. Lech Mankiewicz	Kontrola i regulacja zachowań metodami neuroinżynierii	Prof. A. Wróbel IBD im. NENCKIEGO	2013-2018
dr Łukasz Rudnicki	Optimal dynamical control of quantum entanglement	dr Florian Mintert (Institute for Advanced Studies at University of Freiburg)	2011-2015
prof. Marek Kuś	Symetrien und Universalität in Mesoskopischen Systemen	prof. Alexander Altland (Universität Köln, RFN)	2011-2015

prof. Marek Kuś	Fundamental Problems in Quantum Physics	prof. Angelo Bassi (Uniwersytet w Trieście, Włochy),	2011-2015
Prof. Lech Mankiewicz	Obserwacje procesów astrofizycznych w silnych polach grawitacyjnych z wysoką rozdzielczością czasową i w różnych zakresach widma i polaryzacji	NARODOWE CENTRUM BADAŃ JĄDROWYCH	2010-2015

Najważniejsze wyniki projektów badawczych zakończonych w 2015 r.

1. Projekt badawczy Juventus Plus nr IP2011 046871 pt. „*Collectibility - nowe kryterium splątania oparte o relacje nieoznaczoności*”.

kierownik: dr Łukasz Rudnicki

okres realizacji: 04.04.2012-03.04.2015

Celem projektu było rozwinięcie i uogólnienie nowego testu splątania bazującego na wielkości nazwanej „*Collectibility*”, wprowadzonego dla tzw. stanów czystych w pracy [Phys. Rev. Lett. 107, 150502 (2011)]. W telegraficznym skrócie, *Collectibility* jest swoistą miarą korelacji w układzie składającym się z wielu podukładów (np. *Collectibility* dla dwudzielnych stanów czystych jest funkcją miary splątania zwanej *Negativity*). Test splątania motywowany (entropowymi) relacjami nieoznaczoności wykorzystuje górne ograniczenie na *Collectibility* stosujące się jedynie do stanów separowalnych. Jeśli zatem *Collectibility* badanego stanu ma wartość większą niż owe górne ograniczenie, to stan ten jest splątany. Z doświadczalnego punktu widzenia, *Collectibility* można zmierzyć przy pomocy interferencji Hong-Ou-Mandela.

Zadanie badawcze nr 1 niniejszego projektu dotyczyło uogólnienia wielkości *Collectibility* (a co za tym idzie testu splątania) na przypadek stanów mieszanych. Wykonanie zadania stanowi w istocie treść pracy [1]. Co istotne, otrzymane uogólnienie nie jest trywialnym rozszerzeniem na stany mieszane definicji wielkości *Collectibility* dla stanów czystych. Zwykle zastąpienie stanu czystego ogólnym stanem mieszanym, przy zachowaniu dotychczasowej definicji, prowadzi do utraty zdolności detekcji splątania. Tak zdefiniowana wielkość nie odróżnia czystego stanu maksymalnie splątanego dla stanu maksymalnie mieszanego (który jest separowalny). Właściwa definicja uwzględnia pozadiagonalne elementy macierzy gęstości, co z kolei prowadzi do szeregu ciekawych rezultatów zawartych w [1].

Zadanie badawcze nr 2 dotyczyło sposobów doświadczalnej implementacji zaproponowanej metody w przypadku, gdy badany stan jest mieszany. W odniesieniu do tego zadania, w pracy [1] wyprowadzone zostały poprawki do wcześniejszych kryteriów splątania (przeznaczonych dla stanów czystych) zależne od czystości stanów jednocząstkowych otrzymanych po wykonaniu pomiaru na „reszcie” badanego układu. Przeprowadzona została analiza pokazująca, że poprawione kryteria splątania są szczególnie użyteczne, gdy badany

stan jest „prawie czysty” (tzn. bardzo mało zmieszany). Przypadek taki jest interesujący z doświadczalnego punktu widzenia, gdyż w praktycznych zastosowaniach najbardziej pożądane są często właśnie stany czyste maksymalnie splątane. Ponieważ nie da się wyprodukować (np. poprzez zjawisko spontanicznego parametrycznego obniżenia częstości) stanu maksymalnie splątanego w sposób idealny, w każdym eksperymencie mamy do czynienia z szumem, który sprawia, że stan teoretycznie czysty (i maksymalnie splątany) jest w istocie „prawie czystym” stanem splątanym „niemaksymalnie”. Dla opisanego powyżej testu zaproponowaliśmy schemat jego doświadczalnej implementacji, rozbudowując wcześniejszą propozycję dla stanów czystych. W przeprowadzonej analizie pokazaliśmy w jakich aspektach zaproponowany test jest użyteczny. Okazuje się, iż ma on mniejszą czułość niż najważniejsze znane testy jednakże jest w porównaniu z nimi prostszy i szybszy w wykonaniu.

Na dalszym etapie projektu, zaproponowany został nowy test splątania blisko związany z wielkością *Collectibility*, a bazujący na nierównościach trójkąta dla metryk na przestrzeniach Hilberta. W pracy [2] wyprowadzona została hierarchia dolnych ograniczeń na geometryczną miarę splątania dla stanów mieszanych (*Collectibility* jest niejako wielkością dualną do geometrycznej miary splątania). Miara ta pozwala badać splątanie dowolnych stanów (tzn. dopuszcza podział na dowolną ilość podprzestrzeni Hilberta dowolnych wymiarów). Otrzymane dolne ograniczenie prowadzi do silnego testu splątania, który jest jedynym znanym testem zdolnym wykryć splątanie pełnej rodziny stanów dwóch kubitów maksymalnego rzędu (rodzinę tę tworzą stany Wernera), a także splątanie związane. W pracy [2] zostało pokazane, jak nowy test optymalnie wykonać przy użyciu standardowej procedury tomografii kwantowej.

W pracy [Phys. Rev. Lett. 107, 150502 (2011)] badaliśmy także prawdopodobieństwo tego, że test bazujący na *Collectibility* wykryje splątanie stanu kwantowego, w przypadku gdy użyte w doświadczeniu polaryzatory zostaną ustawione w sposób losowy. W pracy [3] rozwinięta została powyższa idea, a losowości wyboru polaryzatorów przypisana została niewiedza na temat przygotowania stanu kwantowego, działania układu doświadczalnego, lub niewiedza na temat operacji wykonanych ze stanem przed jego pomiarem. Wszystkie te przypadki mają związek z kryptografią kwantową. W pracy [3] wprowadziliśmy probabilistyczne podejście do detekcji splątania pokazując, że dla interesujących stanów trzech kubitów prawdopodobieństwo eksperymentalnej detekcji jest wysokie pomimo wymienionej powyżej niewiedzy. Zaproponowaliśmy metody ulepszające znane testy splątania bazujące na wykonaniu tego samego testu w kilku odpowiednio dobranych konfiguracjach.

Na zakończenie warto wspomnieć, iż rok 2013 przyniósł znaczny postęp (po 25 latach przerwy) w temacie entropowych relacji nieoznaczoności, które niejako stanowią podwaliny testu opartego o *Collectibility*. Praca nr [4] (uznana za jedną z najlepszych prac 2013 roku czasopisma *Journal of Physics A*) opisuje ulepszone relacje nieoznaczoności (bazujące na idei majoryzacji), które nawet dla małej liczby wymiarów (np. 5) okazują się dominować nad „podręcznikowym” ograniczeniem Maassena i Uffinka w ponad 98% przypadków. W pracy [5] idea przedstawiona w [4] została istotnie rozwinięta. Można z powodzeniem stwierdzić, iż zaproponowany w pracy [5] zestaw dolnych ograniczeń na sumy entropii, stanowi najlepszy „na rynku” zbiór tego typu wielkości. W pracy [6] *majoryzacyjne* relacje nieoznaczoności zostały przeniesione na grunt zmiennych ciągłych. Nowe wyniki dla zmiennych ciągłych można stosować do badania splątania w optyce kwantowej.

BIBLIOGRAFIA

- Ł. Rudnicki, Z. Puchała, P. Horodecki, K. Życzkowski, *Collectibility for mixed quantum states*, Phys. Rev. A **86**, 062329 (2012).

- Ł. Rudnicki, Z. Puchała, P. Horodecki, K. Życzkowski, *Constructive entanglement test from triangle inequality*, J. Phys. A **47**, 424035 (2014).
- A. Gabriel, Ł. Rudnicki, B. C. Hiesmayr, *Device-Independent Test for Genuine Multipartite Entanglement*, New. J. Phys. **15**, 073033 (2013).
- Z. Puchała, Ł. Rudnicki, K. Życzkowski, *Majorization entropic uncertainty relations*, J. Phys. A **46**, 272002 (2013).
- Ł. Rudnicki, Z. Puchała, K. Życzkowski, *Strong Majorization Entropic Uncertainty Relations*, Phys. Rev. A **89**, 052115 (2014).
- Ł. Rudnicki, *Majorization approach to entropic uncertainty relations for coarse-grained observables*, Phys. Rev. A **91**, 032123 (2015).

Współpraca z zagranicą

Współpraca z zagranicznymi instytutami naukowymi odgrywa w Centrum zasadniczą rolę w realizacji ustanowionego na dany rok programu naukowego. Zarówno tematy badawcze z zakresu badań statutowych, jak i poszczególnych projektów badawczych, prowadzone są często przy współudziale uczonych z zagranicy

W 2015 roku Centrum kontynuowało realizację roku umowy o naukowej współpracy bezpośredniej zawartej w 2011 z grupą placówek niemieckich koordynowaną przez **Institut für Theoretische Physik Universität zu Köln** w ramach projektu badawczego DFG nr SFB/TR-12. W skład grupy wchodziły uniwersytety w **Bochum, Kolonii (Köln) i Duisburgu/Essex**. Ponadto w 2012 roku Centrum podpisało umowę o współpracy z **Uniwersytetem w Monachium i Uniwersytetem w Sztokholmie** w ramach konsorcjum QOLAPS powołanego do realizacji **ERC Advanced Grant**. Centrum zawarło umowy o współpracy naukowej ze **Specjalnym Obserwatorium Astronomicznym Rosyjskiej Akademii Nauk** oraz z **5 Instytutem Fizyki Uniwersytetu w Stuttgarcie**. Do umowy pomiędzy Polską Akademią Nauk i Rosyjską Akademią Nauk włączono projekt „Transient” realizowany przez zespół „Pi of the Sky”, reprezentowany przez CFT PAN i **Centrum Badań Kosmicznych (IKI) Rosyjskiej Akademii Nauk**. Centrum podpisało także, w imieniu zespołu Pi of the Sky, Memorandum of Understanding z eksperymentami LIGO i VIRGO, dotyczące obserwacji poświat optycznych stowarzyszonych ze źródłami fal grawitacyjnych.

Wykaz umów o międzynarodowej współpracy, realizowanych przez CFT PAN

Kraj	Instytucja	Umowa	Okres trwania
Rosja	Space Research Center of Russian Academy of Science	Projekt TRANSIENT zawarty w porozumieniu pomiędzy Polską Akademią Nauk i Rosyjską Akademią Nauk	Od 2011
Rosja	Specjalne Obserwatorium Astronomicznym Rosyjskiej Akademii Nauk	Umowa o współpracy	2012 – 2015
Hiszpania	Institut of Astrophysics of Andalusia	Agreement of mutual co-operation between the University of Warsaw and the Institute of Astrophysics of Andalusia	od 2011 (automatycznie przedłużana co 3 lata)
Hiszpania	Institut nauk Fonicznych w Castelldefels	Projekt John Templeton Foundation ID# 4137, <i>Intrinsic Randomness in the Quantum World</i>	2013-2016
Niemcy	Uniwersytet w Bochum, Uniwersytet w Kolonii, Uniwersytet w Duisburgu/Essen	Specjalny Obszar Badawczy DFG, SFB/T-12, <i>Symetrien und Universalität in Mesoskopischen Systemen</i>	2011-2015
Szwecja, Niemcy	Stockholms Universitet, Ludwig-Maximilians-Universitaet Muenchem	Quantum Resources: Conceptuals and Applications, (QOLAPS)	2012 – 2016
USA	Zespoły eksperymentów LIGO i VIRGO	Memorandum of Understanding between Pi of the Sky and LIGO and VIRGO regarding follow-up observations of gravitational wave event candidates, LIGO-M1400082, VIR-	2014 - 2017

	0114-14	
--	---------	--

Ponadto, Centrum Fizyki Teoretycznej współpracuje bez podpisania formalnej umowy z następującymi placówkami naukowymi:

- 1) Oxford University, Oxford, Anglia;
- 2) Uniwersytet Wiedeński, Austria;
- 3) Universite Marseille-Luminy, Department de Physique, Marseille, Francja;
- 4) Universite M. et P. Curie (Paris VI), Francja;
- 5) Institute of Photonic Sciences, Barcelona, Hiszpania;
- 6) Perimeter Institute for Theoret. Physics, Waterloo, Kanada;
- 7) Laboratorium Synchrotronowe HASYLAB przy Deutsches Elektronen-Synchrotron (DESY), Hamburg, Niemcy;
- 8) Max-Planck-Institut für Physik Komplexer Systeme, Drezno, Niemcy;
- 9) Max-Planck-Institut für Mathematik in Naturwissenschaften, Lipsk, Niemcy;
- 10) Uniwersytet w Lipsku, Niemcy;
- 11) Universität Ulm, Abteilung für Quantenphysik, Ulm, Niemcy;
- 12) Uniwersytet w Tuluzie, Francja;
- 13) Instytut Fizyki Uniwersytetu w Sztokholmie, KszAN, Szwecja;
- 14) International Center for Mathematical Modeling, Växjö University, Szwecja;
- 15) Queen Mary College, Londyn, Anglia;
- 16) University of New Mexico, Department of Physics and Astronomy, Albuquerque, USA;
- 17) University of Arizona, USA;
- 18) CNR-INFM, BEC Center, Uniwersytet w Trydencie, Włochy;
- 19) Politecnico di Milano, Dipartimento di Matematica Applicata, Mediolan, Włochy;
- 20) Università degli Studi di Milano, Istituto di Fisica, Istituto di Matematica, Mediolan, Włochy;
- 21) Uniwersytet w Pawii, Pawia, Włochy;
- 22) Uniwersytet w Neapolu, Włochy;
- 23) Space Research Center (IKI), Russian Academy of Science, Rosja;
- 24) Keldysh Institute for Applied Mathematics, Rosja;
- 25) University of Nevada Las Vegas, USA;
- 26) Harvard Smithsonian Center for Astrophysics, USA;
- 27) University of California Los Angeles, USA;
- 28) University of Science and Technology of China, Hefei, Chiny;
- 29) Inter University Center for Astronomy and Astrophysics, Pune, India;

- 30) Osservatorio Astronomico di Brera/INAF, Mediolan, Włochy,
- 31) Osservatorio Astronomico di Bologna/INAF, Włochy,
- 32) Laboratoire d'Astrophysique de Marseille, Francja,
- 33) Institute d'Astrophysique de Paris, Francja,
- 34) University of Portsmouth, Wielka Brytania,
- 35) University of Edingburgh, Wielka Brytania,
- 36) Uniwersytet w Stuttgarcie, Niemcy,
- 37) IASF/INAF Mediolan, Włochy,
- 38) Uniwersytet w Nagoi, Japonia,
- 39) Technical University of Madrid, Hiszpania,
- 40) Astronomical Institute, Republika Czeska,
- 41) Spanish Research Council, Hiszpania,
- 42) Czech Technical University, Republika Czeska,
- 43) Institute of Physics, Academy of Sciences of the Czech Republic,
- 44) Astrophysics Institute of Canarias – El Teide Observatory, Hiszpania,
- 45) Special Astrophysical Observatory, Rosja,
- 46) University College Dublin, Irlandia,
- 47) Univeristy of Malaga, Hiszpania,
- 49) Institute of Astrophysics of Andalusia.
- 50) Uniwersytet Federalny w Rio de Janeiro (Brazylia)
- 51) FRIAS - Freiburg Institute for Advanced Studies (Niemcy)

Współpraca Centrum z zagranicznymi ośrodkami naukowymi jest jednym z najważniejszych elementów działalności Centrum. Wynikiem tej współpracy są przede wszystkim wykonane wspólnie z kolegami z zagranicy prace naukowe.

Krótkie wyjazdy badawcze zagraniczne pracowników Centrum odgrywają ważną rolę w realizacji zadań naukowych naszej placówki oraz w utrzymaniu wysokiego poziomu osiągnięć naukowych placówki na tle nauki światowej. Przyjazdy fizyków z zagranicznych ośrodków naukowych umożliwiają przeprowadzenie wnikliwych dyskusji naukowych, a wygłaszane przez gości seminaria mają za słuchaczy nie tylko pracowników Centrum, ale też pracowników innych instytutów naukowych oraz Uniwersytetu Warszawskiego i Politechniki Warszawskiej.

Uczestnictwo w międzynarodowych konferencjach naukowych służy prezentacji wyników naukowych Centrum na forum międzynarodowym.

Wykaz publikacji pracowników CFT PAN w 2015 roku

Wszystkie czasopisma są indeksowane w JCR

Lp.	Autorzy	Tytuł	Czasopismo
1.	Agata Róžańska, Julian Malzac, r. Belmont, Bożena Czerny , P.O. Petrucci	Warm and optically thick dissipative coronae above accretion disks	ASTRONOMY & ASTROPHYSICS, 580 ,1, (2015)
2.	Magdalena Kunert-Bajraszewska, Krzysztof Katarzyński, Agnieszka Janiuk	Broadband nuclear emission in two radio-loud broad absorption line quasars	ASTRONOMY & ASTROPHYSICS, 574 , 10, (2015)
3.	Paweł Nurowski , Arman Taghavi-Chabert	A Goldberg–Sachs theorem in dimension three	CLASSICAL AND QUANTUM GRAVITY, 32 , 115009, (2015)
4.	Paweł Nurowski , Matthew Randall	Generalized Ricci solitons	JOURNAL OF GEOMETRIC ANALYSIS, 1 , (2015)
5.	Petra Sukova' , Agnieszka Janiuk	Oscillating shocks in the low angular momentum flows as a source of variability of accreting black holes	MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY, 447 , 1565, (2015)
6.	Katarzyna Kowalczyk - Muryńska	Phase estimation in an atom interferometer with finite-resolution single-atom position measurements	PHYSICAL REVIEW A, 92 , (2015)
7.	Łukasz Rudnicki	Majorization approach to entropic uncertainty relations for coarse-grained observables	PHYSICAL REVIEW A, 91 , (2015)
8.	Jerzy Kijowski , Moreno Giovanni	Symplectic structures related with higher order variational problems	NEW JOURNAL OF PHYSICS, (2015)
9.	Tomasz Maciążek , Adam Sawicki	Critical points of the linear entropy for pure L-qubit states	Journal of Physics A-Mathematical and Theoretical, 48 , (2015)
10.	Vojtěch Witzany, Oldřich Semerák, Petra Sukova'	Free motion around black holes with discs or rings: between integrability and chaos – IV	MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY, 451 , 1770, (2015)
11.	Artur Czerwinski	Applications of the Stroboscopic Tomography to Selected 2-Level Decoherence Models	INTERNATIONAL JOURNAL OF THEORETICAL PHYSICS, (2015)
12.	Krzysztof Pawłowski , Kazimierz Rzażewski	Dipolar dark solitons	NEW JOURNAL OF PHYSICS, 17 , 105006, (2015)
13.	Agnieszka Janiuk , Mikołaj Grzędzielski , Fiamma Capitanio, Stefano Bianchi	Interplay between heartbeat oscillations and wind outflow in microquasar IGR J17091-3624	ASTRONOMY & ASTROPHYSICS, 574 , 11, (2015)

14.	Mikołaj Korzyński , Ian Hinder, Eloisa Bentivegna	On the vacuum Einstein equations along curves with a discrete local rotation and reflection symmetry	JOURNAL OF COSMOLOGY AND ASTROPARTICLE PHYSICS, 8 , 17, (2015)
15.	Tomasz Sowiński, Mariusz Gajda, Kazimierz Rzążewski	Pairing in a system of a few attractive fermions in a harmonic trap	Europhysics Letters, 109 , 26005, (2015)
16.	Marco Enríquez, Zbigniew Puchała, Karol Życzkowski	Minimal Renyi-Ingarden-Urbanik entropy of multipartite quantum states	Entropy, (2015)
17.	Szymon Charzyński, Marek Kuś	Wei–Norman equations for classical groups	JOURNAL OF DIFFERENTIAL EQUATIONS, 259 , 1542, (2015)
18.	Jan Gutt , Szymon Charzyński, Marek Kuś	Wei–Norman equations for classical groups via cominuscule induction	DIFFERENTIAL GEOMETRY AND ITS APPLICATIONS, 42 , 37, (2015)
19.	Piotr T. Chrusciel, Jerzy Kijowski , Jacek Jezierski	Hamiltonian dynamics in the space of asymptotically Kerr-de Sitter spacetimes	PHYSICAL REVIEW D, 92 , 84030, (2015)
20.	Dutta Omjyoti, Mariusz Gajda , Philipp Hauke, Maciej Lewenstein, Lühmann Dirk-Sören, Boris A Malomed, Tomasz Sowiński, Jakub Zakrzewski	Non-standard Hubbard models in optical lattices: a review	Reports on Progress in Physics, 78 , 6601, (2015)
21.	Andrzej Maciejewski, Maria Przybylska, Tomasz Stachowiak	An exactly solvable system from quantum optics	PHYSICS LETTERS A, 379 , 6601, (2015)
22.	Andrzej Maciejewski, Maria Przybylska, Tomasz Stachowiak	Comment on “Solvability of the two-photon Rabi Hamiltonian”	PHYSICAL REVIEW A, 91 , 37801, (2015)
23.	Tomasz Maciążek , Jerzy Wojtkiewicz	On the phase diagram of the anisotropic XY chain in transverse magnetic field	PHYSICA A-STATISTICAL MECHANICS AND ITS APPLICATIONS, 441 , 131, (2015)
24.	Erik Aurell, Jakub Zakrzewski, Karol Życzkowski	Time reversals of irreversible quantum maps	Journal of Physics A-Mathematical and Theoretical, 48 , (2015)
25.	Tomasz Stachowiak , Wojciech Szumiński	Non-integrability of restricted double pendula	PHYSICS LETTERS A, 379 , 3017, (2015)
26.	Krzysztof Gawryluk, Mariusz Gajda , Mirosław Brewczyk	Density fluctuations in a quasi-one-dimensional Bose gas as observed in free expansion	PHYSICAL REVIEW A, 92 , 43607, (2015)
27.	Tomasz Karpiuk, Tomasz Sowiński , Mariusz Gajda, Kazimierz Rzążewski , Mirosław Brewczyk	Correspondence between dark solitons and the type II excitations of Lieb-Liniger model	PHYSICAL REVIEW A, 91 , 13621, (2015)
28.	Charles F Dunkl, Piotr Gawron, Łukasz Paweła, Zbigniew Puchała, Karol Życzkowski	Real numerical shadow and generalized B-splines	LINEAR ALGEBRA AND ITS APPLICATIONS, 479 , 12, (2015)
29.	Zbigniew Puchała, Łukasz Marek Rudnicki , Krzysztof Chabuda, Mikołaj Paraniak, Karol Życzkowski	Certainty relations, mutual entanglement and non-displacable manifolds	PHYSICAL REVIEW A, 92 , 32109, (2015)
30.	M. D. Caballero-Garcia, V. Simon, M. Jelínek, A. J. Castro-	Early optical follow-up of the nearby active star DG CVn during	MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL

	Tirado, Arek Ćwiek, A. Claret, Rafał Opiela , Aleksander Żarnecki, J. Gorosabel, S. R. Oates, R. Cunniffe, S. Jeong, R. Hudec, V. V. Sokolov, D. I. Makarov, J. C. Tello, O. Lara-Gil, P. Kubanek, S. Guziy, J. Bai, Y. Fan, C. Wang, I. H. Park	its 2014 superflare	ASTRONOMICAL SOCIETY, 452 , 4195, (2015)
31.	Wojciech Młotkowski, Maciej A. Nowak, Karol A. Penson, Karol Życzkowski	Spectral density of generalized Wishart matrices and free multiplicative convolution	PHYSICAL REVIEW E, 48 , 35303, (2015)
32.	Tomasz Górski, Kazimierz Rzążewski	Classical fields and quantum measurement for Bose–Einstein condensate.	JOURNAL OF PHYSICS B-ATOMIC MOLECULAR AND OPTICAL PHYSICS, 48 , 35303, (2015)
33.	Tomasz Ignacy Tylec, Marek Kuś	Non-signaling boxes and quantum logics	Journal of Physics A-Mathematical and Theoretical, 48 , 505303, (2015)
34.	Mikołaj Korzyński	Nonlinear effects of general relativity from multiscale structure	Classical and Quantum Gravity, 32 , 215013, (2015)
35.	I. Białynicki-Birula	Quantum fluctuations of geometry in a hot Universe	Classical and Quantum Gravity, 32 , 215015, (2015)
36.	Adhikari, T. P., Różańska, A., Sobolewska, M., Czerny, B.	Absorption Measure Distribution in Mrk 509	Astronomy & Astrophysics, 815 , A83, (2015)
37.	T. Karpiuk, M. Brewczyk, K. Rzążewski , A. Gaj, J. B. Balewski, A. T. Krupp, M. Schlagsmüller, R. Löw, S. Hofferberth and T. Pfau	Imaging single Rydberg electrons in a Bose–Einstein condensate	New Journal of Physics, 17 , 53046, (2015)
38.	Jerzy Kijowski , Giovanni Moreno	Symplectic structures related with higher order variational problems	Int. J. Geom. Meth. in Modern Phys, 12 , 1550084, (2015)
39.	Piotr Chruściel, Jacek Jezierski, Jerzy Kijowski	Hamiltonian dynamics in the space of asymptotically Kerr-de Sitter spacetimes	Phys. Rev D, 92 , 084030, (2015)
40.	I. Anderson, Zh. Nie, P. Nurowski	Non-Rigid Parabolic Geometries of Monge Type	Adv. Math., 277 , 24, (2015)
41.	A. Fino, P. Nurowski	Analog of selfduality in dimension nine	J. Reine Angew. Math., 699 , 67, (2015)
42.	Christopher H. Joyner, Uzy Smilansky, Tomasz Maciążek	The probability distribution of spectral moments for the Gaussian beta-ensembles	Acta Physica Polonica A, 983 , 983, (2015)
43.	Mikołaj Grzędzielski, Petra Sukova, Agnieszka Janiuk	Deterministic Chaos in the X-ray Sources	Journal of Astrophysics and Astronomy, (2015)
44.	Ł. Rudnicki , I. V. Toranzo, P. Sánchez-Moreno, J. S. Dehesa	Monotone measures of statistical complexity	Physics Letters A, 380 , 377, (2015)
45.	S. Brierley, A. Kosowski, M. Markiewicz , T. Paterek, and A. Przysiężna	Nonclassicality of temporal correlations.	Physical Review Letters, 115 , 120404, (2015)
46.	Wiesław Laskowski, Marcin	Correlation-based entanglement	Physical Review A, 92 ,

	Markiewicz , Danny Rosseau, Tim Byrnes, Kamil Kostrzewa, and Adrian Kołodziejcki	criterion in bipartite multiboson systems	22339, (2015)
47.	Karol Bartkiewicz, Paweł Horodecki, Karel Lemr, Adam Miranowicz, Karol Życzkowski	Method for universal detection of two-photon polarization entanglement	PHYSICAL REVIEW A, 91 , 32315, (2015)

Publikacje w czasopismach z listy B MNiSW

Lp.	Autorzy	Tytuł	Czasopismo
1.	Piotr Gawron, Łukasz Paweła, Zbigniew Puchała, Jacek Szklarowski, Karol Życzkowski	Wybory samorządowe 2014 w poszukiwaniu anomalii statystycznych	Studia Wyborcze, 19 , 53, (2015)
2.	Krzysztof Michalak	Online localization of Zooniverse Citizen Science Projects – in the use of translation platforms as tools for translator education	Teaching English with Technology, 3 , 61, (2015)

Publikacje konferencyjne

Lp.	Autorzy	Tytuł	Publikacje konferencyjne
1.	Petra Sukova' , Agnieszka Janiuk	Shocks in the low angular momentum accretion flow	Journal of Physics: Conference Series, 600 , 6, (2015)
2.	Rafał Opiela , Lech Mankiewicz , Aleksander Żarnecki	Comparison of the period detection algorithms based on Pi of the Sky data	PROCEEDINGS OF SPIE, 9662 , 12, (2015)
3.	Adam Zadrozny, Marcin Sokołowski, Ariel Majcher, Rafał Opiela , Łukasz Obara	Pi of the Sky preparations for LSC-Virgo's electromagnetic follow-up project	PROCEEDINGS OF SPIE, 9662 , 8, (2015)
4.	Ariel Majcher, Tadeusz Batsch, Alberto J. Castro-Tirado, Arkadiusz Ćwiek, Henryk Czyrkowski, Roman Dąbrowski, Mikołaj Ćwiok, Grzegorz Kasprowicz , M. Jelínek, Katarzyna Małek, Lech Mankiewicz , Krzysztof Nawrocki, Łukasz Obara, Rafał Opiela , Lech Piotrowski, Małgorzata Siudek , Marcin Sokołowski, Roman Wawrzaszek, Grzegorz Wrochna, Marcin Zaremba, Aleksander Żarnecki	Status of the Pi of the Sky telescopes in Spain and Chile	PROCEEDINGS OF SPIE, 9662 , 8, (2015)
5.	M. Siudek , K. Malek, B. Garilli, M. Scodreggio, A. Fritz, A. Pollo, U. Abbas,	VIPERS view of the star formation history of early-type galaxies	PROCEEDINGS OF SPIE, 9662 , 8, (2015)

	C. Adami, S. Arnouts, J. Bel, M. Bolzonella, D. Bottini, E. Branchini, A. Cappi, J. Coupon, O. Cucciati, I. Davidzon, G. De Lucia, S. de la Torre, P. Franzetti, M. Fumana, B. R. Granett, L. Guzzo, O. Ilbert, A. Iovino, J. Krywult, V. Le Brun, O. Le Fèvre, D. Maccagni, F. Marulli, H. J. McCracken, L. Paoro, M. Polletta, H. Schlegelhauser, L. A. M. Tasca, R. Tojeiro, D. Vergani, A. Zanichelli, A. Burden, C. Di Porto, A. Marchetti, C. Marinoni, Y. Mellier, L. Moscardini, R. C. Nichol, J. A. Peacock, W. J. Percival, S. Phleps, M. Wolk, G. Zamorani		
6.	M. Jamroży, G. Kasprowicz , R. Romaniuk, K. Poźniak	Development of low noise CCD readout front-end	PROCEEDINGS OF SPIE, 9662 , 12, (2015)
7.	A. Ćwiek, T. Batsch, A. Majcher, L. Mankiewicz , G. Wrochna, A. Zadrożny, A. F. Żarnecki	Prospects for satellite and space debris observations with Pi of the Sky	PROCEEDINGS OF SPIE, 9662 , 10, (2015)
8.	Michał Józwiowski , Witold Respondek	A comparison of vakonomic and nonholonomic dynamics for systems on Lie groups	IFAC-PapersOnLine, 48 , 5, (2015)
9.	You, B., Czerny, B. , Sobolewska, M., Rozanska, A., Bursa, M., Straub, O.	Tests of outflow as explanation for the spin fitting problem in continuum-fitting method	The Extremes of Black Hole Accretion, Proceedings of the conference held 8-10 June, 2015 in Madrid, Spain, (2015)
10.	Ł.A. Turski	Comment on Pugwash: Physicist, nuclear weapons and scientists responsibility	e-EPS Bulletin, (2015)
11.	Ł.A. Turski	Steinmetz i dzieci	PAUza akademicka, (2015)
12.	Ł.A. Turski	Going On-Line	Federica Web Learning INternational MOOC Conference, (2015)
13.	Ł.A. Turski	Collapse of science and Mathematics education in Poland in XX Century and what to do with that.	Exact Sciences and Mathematics in Central and Eastern Europe from mid XIX Century till WWII, Kraków 2015

14.	Dibwe Pierrot Musumbu , Maria Przybylska, Andrzej J Maciejewski	Thermalization in many-particle quantum walks	CEWQO2015 proceedings, (2015)
------------	--	---	-------------------------------

CFT PAN Publikacje popularno-naukowe i inne w 2015 roku

Lp.	Autorzy	Tytuł	Wydawnictwo
1.	A. Janiuk	Wszechświaty wyspowe	Delta, 6, 20, (2015)
2.	Łukasz A. Turski	Nieśmiertelny Elementarz	Project-syndicate.pl, 2, (2015) http://project-syndicate.pl/artykul/nie%C5%9Bmiertelny-elementarz%E2%80%9D,1372.html?snippet=Turski
3.	Łukasz A. Turski	Bezpieczeństwo a rozum	Project-syndicate.pl, 2, (2015) http://project-syndicate.pl/artykul/bezpiecze%C5%84stwo-rozum,1450.html?snippet=Turski
4.	Łukasz A. Turski	Postęp nie zna litości	Project-syndicate.pl, 2, (2015) http://project-syndicate.pl/artykul/post%C4%99p-nie-zna-lito%C5%9Bci,1498.html?snippet=Turski
5.	Łukasz A. Turski	Sztuczna inteligencja w starciu z bronią biologiczną	Project-syndicate.pl, 2, (2015) http://project-syndicate.pl/artykul/sztuczna-inteligencja-w-starciu-z-broni%C4%85-biologiczn%C4%85,1596.html?snippet=Turski
6.	Łukasz A. Turski	Egzaminacyjne tsunami	Project-syndicate.pl, 2, (2015) http://project-syndicate.pl/artykul/egzaminacyjne-tsunami,1652.html?snippet=Turski
7.	Łukasz A. Turski	Wybuch wulkaniczny 7 stopnia	Project-syndicate.pl, 2, (2015) http://project-syndicate.pl/artykul/wybuch-wulkaniczny-si%C3%B3dmego-stopnia,1702.html?snippet=Turski
8.	Łukasz A. Turski	Upał	Project-syndicate.pl, 2, (2015) http://project-syndicate.pl/artykul/upa%C5%82,1790.html?snippet=Turski
9.	Łukasz A. Turski	Samotność człowieka	Project-syndicate.pl, 2, (2015) http://project-syndicate.pl/artykul/samotno%C5%9B%C4%87-cz%C5%82owieka,3936.html?snippet=Turski
10.	Łukasz A. Turski	Spalinowy Test Prawdy	Project-syndicate.pl, 2, (2015) http://project-syndicate.pl/artykul/spalinowy-test-prawdy,3999.html?snippet=Turski
11.	Łukasz A. Turski	Trwoga Historyczna	Project-syndicate.pl, 2, (2015) http://project-syndicate.pl/artykul/trwoga-

			historyczna,4067.html?snippet=Turski
12.	Łukasz A. Turski	Prezent na Gwiazdkę	Project-syndicate.pl, 2, (2015) http://project-syndicate.pl/arttykul/prezent-na-gwiazdk%C4%99,4111.html?snippet=Turski
13.	Łukasz A. Turski	Does Science Need Its Own Commandments	Studia Aloisiana, 6, 11, (2015)
14.	Łukasz A. Turski	Matura jest kompletnie bez znaczenia	Rzeczpospolita, (2015)
15.	Łukasz A. Turski	Innowacyjna gospodarka a nauka w czasie kanikuły	Project-syndicate.pl, 2, (2015), http://project-syndicate.pl/arttykul/innowacyjna-gospodarka-nauka-w-czasie-kaniku%C5%82y,3814.html?snippet=Turski
16.	Jerzy Kijowski	Energia pola grawitacyjnego	Delta, 12, 9, (2015)

Warszawa, 16 marca 2016 r.

Sprawozdanie przyjęte przez Radę Naukową CFT PAN w dniu 1.04.2016r.