



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](mailto:cft@cft.edu.pl)

[www.cft.edu.pl](http://www.cft.edu.pl)

# SPRAWOZDANIE Z DZIAŁALNOŚCI NAUKOWEJ CENTRUM FIZYKI TEORETYCZNEJ PAN w 2016 roku

W 2016 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 różnorożnościach**

**Temat 8. Astrofizyka wysokich energii**

**Temat 9. Nauka i społeczeństwo.**

**Temat 10. Optoelektronika i automatyka w badaniach nad kontrolą i regulacją zachowań metodami neuroinżynierii.**

**Temat 11. Wykorzystanie metod elektrodynamiki do opisu fal grawitacyjnych**

**Temat 12. Obserwacyjne ograniczenia na własności ciemnej energii**

Działalność naukowa pracowników Centrum w 2016 roku realizowana była głównie w ramach działalności statutowej i **16** projektów badawczych krajowych finansowanych przez **NCN** i **MNiSW** oraz **3** zagranicznych projektów badawczych. Centrum było m.in. członkiem konsorcjum QOLAPS realizującego ERC Advanced Grant „Quantum resources: conceptuals and applications”. Projekt, którego liderem jest prof. R. Horodecki z Uniwersytetu Gdańskiego realizował w Centrum prof. M. Kuś. Prof. M. Kuś był także głównym wykonawcą projektu Intrinsic Randomness in the Quantum World , finansowanego przez John Templeton Foundation. Program Ramowy Unii Europejskiej [Horyzont 2020](#) jest największym w historii Unii programem w zakresie badań naukowych i innowacji. Od momentu powołania programu Horyzont2020 tj. od 2014 r. Marie Skłodowska-Curie Individual Fellowships przyznano w **całej Polsce 16** projektów, w tym **2 dla CFT PAN**. Pierwszy projekt realizowany jest przez dra Remigiusza Augusiaka pt. „Non-locality in Multipartite Quantum Systems”. Drugi projekt, którego autorem jest dr Wojciech Hellwing pt. „Dance of galaxies: testing General Relativity and alternatives using galaxy velocity fields” CFT jest na etapie negocjowania warunków umowy z Komisją Europejską. Oprócz tego pracownicy Centrum są wykonawcami **4** projektów badawczych, w tym międzynarodowych, koordynowanych przez inne instytucje naukowe.

Rok 2016 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 2016 roku Centrum zatrudniało w przeliczeniu na pełne etaty średniorocznie **33,2** pracowników, w tym **28** pracowników naukowych.

W 2016 roku pracownicy Centrum opublikowali **50** prac naukowych w recenzowanych czasopismach, w tym **37** prac w czasopismach z tzw. listy filadelfijskiej, a wśród nich **15** artykułów w **Physical Review**, w tym **jeden w PRX**, **2 w Physical Review Letters**, **3 w New Journal of Physics oraz 4 w Astrophysical Journal**.. Pracownicy Centrum opublikowali także **8** publikacji o charakterze popularnonaukowym i społecznym. W 2016 roku pracownicy Centrum wygłosili **117** wykładów na krajowych i międzynarodowych konferencjach i seminariach naukowych.

Dwie spośród powstałych w 2016 w Centrum prac naukowych zostały wyróżnione przez redakcję **European Physics Letters** w gronie **najciekawszych prac, opublikowanych w 2016 roku**.

Od 2014 roku CFT PAN ma **własny kanał na YouTube**,

<https://www.youtube.com/channel/UCBmbEBj4eybdApFesQCcc2w> ,

na którym publikowane są nagrania seminariów i wykładów organizowanych przez CFT PAN. Do chwili obecnej opublikowaliśmy 140 filmów, które zebrały 85 tysięcy wyświetleń, a sam kanał cieszy się 700 subskrypcjami. Ta forma informowania społeczeństwa o naszej bieżącej

działalności związana jest z polityką otwartości i otwartego dostępu, praktykowaną w naszym instytucie.

**Współpraca z zagranicznymi instytutami naukowymi** odgrywa w Centrum znaczącą rolę. W 2016 roku w międzynarodowych czasopismach naukowych ukazało się 37 prac naukowych pracowników Centrum, zrealizowanych wspólnie z uczonymi z zagranicznych placówek naukowych. W ramach realizacji współpracy z zagranicą w 2016 r. pracownicy Centrum wyjechali na 73 krótkich zagranicznych pobytów naukowych. W 2016 roku Centrum odwiedziło 11 gości zagranicznych a w ramach konkursów przyjęto do pracy w Centrum 4 cudzoziemców. **Centrum w 2016 roku współpracował w sposób ciągły bez zawartego porozumienia z 27 zagranicznymi instytucjami naukowymi, realizując w ramach współpracy 30 tematów naukowych.**

W 2016 roku Centrum było współorganizatorem dziewięciu międzynarodowych konferencji naukowych:

Lp.	Konferencja	Data	Inne dane
1	<b>CLOUDY: EMIS- SION LINES IN ASTROPHYSICS, FROM GASEOUS NEBULAE TO QUASARS</b>	<i>Mexico City, August 8-12, 2016</i>	Instituto de Astronomía of the Universidad Nacional Autónoma de México, rodzaj: zagr., charakter udziału: SOC, prowadzenie sesji
2	<b>AGN Reverberation Mapping: the pc Scale Garden of Massive Black Holes</b>	<i>Lijiang, China, 24 - 26 October 2016</i>	Institute of High Energy Physics, Chinese Academy of Sciences, rodzaj: zagr., charakter udziału: SOC, prowadzenie sesji
3	<b>LSST in Europe 2</b>	<i>20-24 June, Belgrade, Serbia</i>	Astronomical Observatory, University of Belgrade, rodzaj: zagr., charakter udziału: SOC, prowadzenie sesji
4	<b>EWASS 2016</b>	<i>4-8 June, 2016, Athens, Greece</i>	European Astronomical Society, rodzaj: zagr., charakter udziału: SOC
5	<b>Workshop on Mul- tipartite Entangle- ment</b>	<i>23-27.05.2016 Benasque, Hiszpania</i>	Research Centre Benasque, rodzaj: international, charakter udziału: współorganizacja (KŻ)
6	<b>konferencja "Grav- itational waves: mathematical, com- putational, astro- physical and quan- tum approaches</b>	<i>8.12.2016- 11.12.2016 Warszawa</i>	PoToR (Polskie Towarzystwo Relatywistyczne), rodzaj: international, charakter udziału: Członek komitetu organizacyjnego
7	<b>konferencja Cosmo- torun17: workshop on inhomogeneous cosmology</b>	<i>02.07.2016- 07.07.2016 Toruń</i>	UMK Toruń, rodzaj: international, charakter udziału: Członek komitetu
8	<b>warsztaty "Geome- try of Lagrangian Grassmannians and nonlinear PDEs"</b>	<i>5.09.2016-9.09.2016 Warszawa</i>	IMPAN, rodzaj: international, charakter udziału: współorganizator
9	<b>Konferencja XXXVIII-th IEEE-</b>	<i>30.05 - 05.06.2016r., Wilga pod Warszawą</i>	ISE PW, rodzaj: international, charakter udziału:

SPIE Joint Symposium Wilga 2016		współorganizator
---------------------------------	--	------------------

W 2016 roku kontynuowano w Centrum nabór na 1-3 miesięczne staże naukowe dla uzdolnionych studentów kierunków ścisłych. **Wielu uzdolnionych studentów prowadzi dalej współpracę naukową z CFT PAN, także są zatrudniani jako wykonawcy w projektach badawczych realizowanych w Centrum.**

W 2016 roku spora **grupa młodych fizyków (11 asystentów)** pracowała w Centrum nad rozprawami doktorskimi, a 11 adiunktów nad habilitacją. W tym okresie dwóch pracowników CFT, dr Musumbu Dibwe i dr hab. Adam Sawicki, uzyskało kolejne stopnie naukowe.

Centrum Fizyki Teoretycznej PAN uczestniczy wspólnie z Instytutem Fizyki PAN w Międzynarodowym Studium Doktoranckim. CFT podpisało także umowę, która umożliwia naszym pracownikom udział w studiach doktoranckich prowadzonych w Centrum Astronomiczne im. Mikołaja Kopernika PAN. Obecnie z tych możliwości korzysta trzech naszych doktorantów, dwóch kształci się w ramach studiów doktoranckich prowadzonych przez IF PAN, a jeden w CAMK PAN.

W 2016 roku w rodzinach naszych pracowników **urodziło się jedno dziecko.**

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 2016 roku w ramach umowy konsorcyjnej obejmującej American Physical Society and American Institute of Physics zawierała **21** tytułów. Centrum posiada lokalną **sieć komputerową** i dostęp do **internetu**, co znakomicie ułatwia pracę naukową. Baza komputerowa jest systematycznie odnawiana i unowocześniana.

Centrum jest aktywnym 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.

1. 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 Rzążewski** 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. **Bożena Czerny** jest redaktorem **The Astrophysical Journal** oraz reprezentatem Polski w akcji **COST Action TD1403 Big Data Era in Sky and Earth Observation**. Prof. **Lech Mankiewicz** jest członkiem Rady Programowej Festiwalu Nauki. W sumie, pracownicy Centrum uczestniczą w pracach 52 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 2016 roku**

Lp.	Imię i nazwisko	Rada Naukowa, Komitet Redakcyjny, ciało eksperckie
1	Prof. Bożena Czerny	Scientific Editor, The Astrophysics Journal, American Astronomical Society Journals
2	Prof. Bożena Czerny	Komitet Redakcyjny, "Delta"
3	Prof. Bożena Czerny	panel NCN
4	Prof. Marek Kuś	Reports on Mathematical Physics, członek komitetu redakcyjnego, od 2006
5	Prof. Marek Kuś	Open Systems and Information Dynamics, członek komitetu redakcyjnego, od 2007
6	Prof. Marek Kuś	International Journal of Quantum Information, członek redakcji, od 2010
7	Prof. Marek Kuś	Rada Naukowa Krajowego Centrum Informatyki Kwantowej w

		Gdańsku, przewodniczący, od 2007
8	Prof. Marek Kuś	Rada Naukowa Instytutu Fizyki Polskiej Akademii Nauk, członek, od 2003
9	Prof. Marek Kuś	Rada Naukowa Instytutu Studiów Społecznych Uniwersytetu Warszawskiego, członek, od 1993
10	Prof. Marek Kuś	Rada Naukowa Instytutu Fizyki Teoretycznej Uniwersytetu Warszawskiego, członek, od 2008
11	Prof. Marek Kuś	Rada Programowa Międzynarodowego Centrum Ontologii Formalnej, WAINS Politechniki Warszawskiej, wiceprzewodniczący, od 2016
12	Prof. Marek Kuś	European Research Council Advanced Grants evaluation panel, członek, od 2014
13	Prof. Marek Kuś	European Commission Expert Group on Quantum Flagship - High Level Steering Committee, członek, od 2016
14	Marek Kuś	Zespół interdyscyplinarny ds. współpracy z zagranicą MNiSW, członek, od 2011
15	Marek Kuś	Academia Europea, od 2016
16	Prof. Karol Życzkowski	panel NCN Harmonia, przewodniczący
17	Prof. Karol Życzkowski	Rada Naukowa Krajowego Centrum Informatyki Kwantowej w Gdańsku
18	Prof. Karol Życzkowski	Rada Naukowa Instytutu Informatyki Teoretycznej i Stosowanej PAN w Gliwicach
19	Prof. Karol Życzkowski	Rada Redakcyjna czasopisma "Open System and Information Dynamics"
20	Prof. Karol Życzkowski	Rada Redakcyjna czasopisma "Quantum"
21	Prof. Karol Życzkowski	Academia Europea
22	Prof. Agnieszka Janiuk	Delta - jestem członkinią Komitetu Redakcyjnego, trzecią kadencję od roku 2009.
23	Prof. Agnieszka Janiuk	Międzynarodowa Unia Astronomiczna, członek od 2006 roku
24	Prof. Agnieszka Janiuk	Polskie Towarzystwo Astronomiczne, członek od 2003 roku
25	Prof. Agnieszka Janiuk	Korpus Ekspertów Narodowego Centrum Nauki, od 2013 roku
26	Prof. Agnieszka Janiuk	Europejskie Towarzystwo Astronomiczne, członek od 2016 roku
27	Prof. Kazimierz Rzążewski	Amerykańskie Towarzystwo Fizyczne, fellow od 1998 roku
28	Prof. Kazimierz Rzążewski	IOP (Brytyjskie towarzystwo Fizyczne), fellow od 2002

29	Prof. Kazimierz Rzażewski	współredaktor (co-editor) w EPL od 2012 roku
30	Prof. Kazimierz Rzażewski	członek rady naukowej OPI (Ośrodek Przetwarzania Informacji) od 2016 roku
31	Prof. Kazimierz Rzażewski	członek rady naukowej KL FAMO od początku czyli chyba od 2000 roku
32	Prof. Kazimierz Rzażewski	członek panelu ERC-starting grants w Brukseli od 2013 roku
33	Prof. Agnieszka Janiuk	Zespół Ekspertów Interdyscyplinarnego Centrum Modelowania - ocena wniosków o granty obliczeniowe, od 2016
34	Prof. Jerzy Kijowski	Acta Physica Polonica A, członek komitetu redakcyjnego, od ok. 20 lat
35	Prof. Jerzy Kijowski	Journal of Geometry and Physics, członek komitetu redakcyjnego, od ok. 35 lat
36	Prof. Jerzy Kijowski	Reports on Mathematical Physics, członek komitetu redakcyjnego, od ok. 35 lat
37	Prof. Jerzy Kijowski	Członek Rady Naukowej Instytutu Matematycznego PAN, od ok. 15 lat
38	Mgr Piotr Waluk	Członek Komitetu Głównego Olimpiady Fizycznej
39	Prof. Agnieszka Janiuk	Komitet Astronomii PAN, 4-letnia kadencja, od 2016 roku
40	Dr hab. Mikołaj Korzyński	Członek Polskiego Towarzystwa Relatywistycznego (POTOR), od 2014 roku
41	Mgr Katarzyna Senger	Członek Polskiego Towarzystwa Relatywistycznego (POTOR) od 2015 roku
42	Dr Tomasz Pawłowski	associate editor, "General Relativity and Gravitation" (2014-2016)
43	Dr Tomasz Pawłowski	Członek Polskiego Towarzystwa Relatywistycznego (POTOR)
44	Mgr Mikołaj Grzędzielski	Polskie Towarzystwo Astronomiczne, członek od 2015 roku
45	Prof. Lech Mankiewicz	Członek Rady Naukowej CAMK, od 2015 r.
46	Prof. Lech Mankiewicz	Członek Rady Naukowej Krajowego Centrum Informatyki Kwantowej, od 2011 r.
47	Prof. Lech Mankiewicz	Członek Rady Programowej Festiwalu Nauki, od 2014 r.
48	Prof. Lech Mankiewicz	Członek Rady Fundacji Nauki Otwartej, od 2014 r.
49	Prof. Lech Mankiewicz	Członek Zewnętrznej Rady Doradczej Samsung Polska, od 2015 r.
50	Prof. Lech Mankiewicz	Członek paneli NCN, w 2016 r.
51	Dr hab. Adam Sawicki	European Research Council, Marie Skłodowska-Curie Fellowships

		evaluation panel, członek, od 10.2016
52	Prof. Łukasz Turski	Przewodniczący Rady Programowej Centrum Nauki Kopernik od 2004r

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/> .

W ramach **XX Festiwalu Nauki** w Warszawie pracownicy CFT PAN zorganizowali 2 października 2016 r. sesję naukową pt. „Fizyka podniebna i przyziemna”.

**Dr hab. Lech Mankiewicz** jest krajowym koordynatorem programu „Wszecławiat – 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 3000 filmów z różnych dziedzin wiedzy, odsłoniętych w sumie ponad 6 milionów razy, oraz 90% portalu poświęconego matematyce, na którym w ciągu dwóch i pół roku rozwiązano 10 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](http://web.me.com/lukaszturski) . Prof. Turski opublikował 4 felietony popularno-naukowe na portalu Project-Syndicate.pl. Za swoją działalność na rzecz zrozumienia nauki w społeczeństwie profesor Turski otrzymał w 2016 roku **wyróżnienie im. Prof. Macieja W. Grabskiego Fundacji Nauki Polskiej**.



## 2. Opis najważniejszych wyników naukowych

W wyniku realizacji zadania statutowego „**Badania aspektów kosmologicznych i grawitacyjnych ewolucji pól kwantowych**” badano strukturę teorii grawitacji opartych na Lagrangianach wyższych rzędów. Wprowadzono pojęcie tensora krzywizny rzędu  $k$  (zwykły tensor krzywizny jest w tej nomenklaturze tensorem rzędu „1” i zbadano strukturę równań pola wynikających z takiego Lagrangianu. Prowadzone są badania mające na celu wykazanie równoważności i takich teorii z teorią Einsteina, przy czym użycie Lagrangianu wyższego rzędu odpowiada znów dodaniu nowych pól materii standardowo sprzężonych z polem grawitacyjnym. Dwie publikacje na ten temat są bliskie ukończenia. Ponadto zbadano ewolucję i własności optyczne sieci czarnych dziur (opublikowane w 2017) oraz wyprowadzono ogólne wzory na relatywistyczne efekty dryfu położenia, przesunięcia ku czerwieni i odległości jasnościowej, przydatne w badaniu niejednorodnych modeli kosmologicznych (publikacja wkrótce).

W wyniku realizacji zadania statutowego „**Mechanika kwantowa układów nieliniowych i złożonych**” Skonstruowano nową klasę stanów koherentnych pozwalających na analizę dynamiki układów elektron-dziura opisywanych równaniem Bogolubowa–de Gennes’a. Przystudiowano mechanizm synchronizacji fazy w układzie dwóch kubitów. Wykazano, że mimo niemożności sklonowania nieznanego stanu kubitu, możliwa jest realizacja celu nieco bardziej ograniczonego – dokładnego sklonowania (synchronizacji) fazy.. Podano matematycznie ściśle uzasadnienie użycia terminu „prawdopodobieństwo” w teoriach niesygnalizujących typu Popescu-Rohrlicha. Wykazanie szeregu nowych własności układów tego typu dotyczących struktury stanów w takich układach. Wyniki mają zastosowanie do badania pozycji, jaką zajmuje mechanika kwantowa w stosunku do innych teorii niesygnalizujących i mają fundamentalne znaczenie z punktu widzenia podstaw mechaniki kwantowej. Wykazano niemożliwość skonstruowania uniwersalnego urządzenia produkującego superpozycję dwóch nieznanymi stanów kwantowych i skonstruowano probabilistyczny algorytm generacji superpozycji w wypadku, gdy mają one znane, ustalone rzuty na stan ustalony referencyjny. Algorytm ten może mieć zastosowanie w optyce kwantowej do generacji nieklasycznych, nie-gaussowskich stanów światła oraz w informatyce kwantowej do wytwarzania superpozycji wyników dwóch niezależnych przebiegów obliczenia kwantowego, co jest istotnym problemem w kwantowym przetwarzaniu informacji. Rozwiązano problem uniwersalności bramek dwu i trójmodowych bramek optycznych (tzn. urządzeniach działających w sposób liniowy na trzech modach promieniowania). W szczególności wykazano, że każde ortogonalne

odwzorowanie w  $N$  wymiarach można skonstruować za pomocą odpowiedniego składania pojedynczej (zasadniczo dowolnej, a dokładniej z wyjątkiem bardzo szczególnych przypadków) bramki dwu lub trójmodowej. Zagadnienie uniwersalności ma duże znaczenie z punktu widzenia „ekonomii” konstrukcji urządzeń kwantowych dla przesyłania i przetwarzania informacji, istnienie bramek uniwersalnych pozwała na ograniczenie liczby elementarnych składników potrzebnych do konstrukcji takich urządzeń. Rozszerzono formalizm tzw. “Exact Uncertainty Principle” na przypadek relacji nieoznaczoności ogólniejszych niż relacja Heisenberga. W rezultacie, otrzymano nową klasę nieliniowych równań Schrödingera o własności separowalności dla układów nieoddziałujących, niezależności od normy funkcji falowej i niezmienniczości Galileusza. Za pomocą tzw. uogólnionej zasady nieoznaczoności wyprowadzone zostało nieliniowe równanie Schrödingera z poprawkami grawitacyjnymi. Otrzymano niespodziewany wniosek, iż fale płaskie mogą być nieczułe na fluktuacje pola grawitacyjnego. Wprowadzono, na wzór teorii kwantowego splątania, pojęcie monotoniczności dla miar tzw. Statistical Complexity. Pokazano, że (podstawowe) miary Fishera-Shannona i Cramera-Rao są monotoniczne w sensie konwolucji z wygładzającym jądrem gaussowskim. Zaprojektowano protokoły samotestowania dla dwóch układów oparte o dwuobserwatorową tzw. łańcuchową nierówność Bella, która pozwała na użycie dowolnej ilości dwuwynikowych pomiarów przez każdego z obserwatorów. Pokazano, że nierówność ta pozwała na samotestowanie dwukubitowego stanu maksymalnie splątanego oraz dowolnej ilości pomiarów na każdego z obserwatorów. Ponadto, pokazano, że łańcuchowa nierówność Bella może być wykorzystana do uwierzytelniania dwóch bitów idealnej losowości. Udowodniono, że kwantowa informacja Fishera, wielkość określająca precyzję w metrologii kwantowej, spełnia warunek Lipschitza dla metryki Buresa, a więc jest funkcją jednostajnie ciągłą. Przy użyciu tego warunku wprowadzono pierwszy w literaturze analityczny związek pomiędzy kwantową informacją Fishera i pewną miarą splątania dla układów wielocząstkowych. Pokazano też, że granicy dużej liczby cząstek, pewne wielocząstkowe stany kwantowe pozwalają uzyskiwać skalowanie precyzji w kwantowej metrologii, które jest dowolnie bliskie tzw. granicy Heisenberga (granicy, której stany kwantowe nie mogą przekroczyć) pomimo tego, że wraz ze wzrostem ilości cząstek splątanie tych stanów zanika. Zbadano użyteczność losowych stanów kwantowych w metrologii kwantowej. Po pierwsze, udowodniono, że rozróżnialne losowe stany czyste typowo nie prowadzą do polepszenia precyzji w kwantowej metrologii. Z drugiej strony, pokazano, że symetryczne czyste stany wielocząstkowe typowo osiągają optymalne skalowanie Heisenberga. Zaskakujący jest fakt, że takie skalowanie jest osiągnięte dla losowych stanów izospektralnych dla dowolnie małej czystości i zachowuje się przy stratach skończonej liczny cząstek. Co więcej, pokazaliśmy, że typowe wielokubitowe stany czyste osiągają skalowanie Heisenberga w standardowym schemacie interferometrycznym dla dowolnej wartości fazy.

W wyniku realizacji zadania statutowego **“Fizyczne podstawy przetwarzania informacji”** zbadano entropowe relacje nieoznaczoności przy dwóch lub więcej pomiarów ortogonalnych w przy założeniu, iż unitarna macierz przejścia pomiędzy bazami jest macierzą losową względem miary Haara na grupie unitarnej i uzyskano szacowania zachowania się ograniczeń w przypadku dużych wymiarów macierzy. Entropowe relacje nieoznaczoności otrzymano w dla przypadku pomiarów uogólnionych. Przedstawiono konstrukcje silnie splatanych stanów kwantowych w układach heterogenicznych, składających się z podukładów o różnych liczbach poziomów. Zbadano własności rodziny samo-komplementarnych kanałów kwantowych, które działają identycznie na układ badany jak i na otoczenie. Wyprowadzono relację nieoznaczoności dla wariancji trzech, wzajemnie nieobciążonych zmiennych na przestrzeni fazowej, oraz kryteria kwantowego splątania dla zmiennych ciągłych wykorzystujące ten rezultat.

W wyniku realizacji zadania statutowego **“Termodynamika i dynamika mezoskopowych układów kwantowych”** odkryto sekwencję dwóch przemian fazowych w dwuskładniowym gazie Fermiego z oddziaływaniami odpychającymi. Jest to ważna realizacja tak zwanej niestabilności Stonera. W pracach wyróżnionych przez redakcję European Physics Letters na liście najlepszych artykułów opublikowanych 2016 r. ściśle opisano ruch dwu atomów obdarzonych dużym momentem magnetycznym (dysproz) w sferycznej pułapce harmoniczej zarówno bez zewnętrznego pola magnetycznego jak i z polem zewnętrznym. Wykazano możliwość rozkręcenia takiej pary atomów do niezwykle wysokiego stanu rotacyjnego w wyniku zjawiska Einsteina-de Haasa.

W wyniku realizacji zadania statutowego **“Zastosowanie metod klasycznej i kwantowej teorii rozpraszania do badania struktury obiektów fizycznych”** wykazano, że analiza wyników doświadczalnych dotyczących rozpraszania wiązek elektronów obdarzonych momentem pędu wymaga zmiany opisu. Wyniki uzyskiwane dotąd przy użyciu nierelatywistycznego równania nie są poprawne. Praca ta została uznana przez redakcję Physical Review Letters za wyróżniającą i umieszczona w dziale Editors' Suggestions.

W wyniku realizacji zadania statutowego **“Wykorzystanie metod elektrodynamiki do opisu fal grawitacyjnych”** wykazano, że fale grawitacyjne obdarzone momentem pędu mają zdolność pułapkowania cząstek, które znalazły się w pobliżu osi takiej fali.

W wyniku realizacji zadania statutowego **„Badanie zjawisk kosmicznych w różnych skalach czasowych”** wykazano, że czerwone galaktyki pasywne były już uformowane 7 miliardów lat temu, co oznacza, że bardzo prosty scenariusz, w którym galaktyki pasywne ewoluują z galaktyk aktywnych nie może być prawdziwy, a proces formowania różnych typów galaktyk jest bardziej skomplikowany. Dodatkowo szczegółowo przeanalizowano markery D4000<sub>n</sub>, oraz H $\delta$ <sub>A</sub> w funkcji masy gwiazdowej, jak i przesunięcia ku czerwieni. Przeprowadzona po raz pierwszy jednoczesna analiza tych dwóch wskaźników poza

lokalnym Wszechświatem w szerokim zakresie masy gwiazdowej oraz równoczesne porównanie otrzymanych wyników z wielkościami teoretycznymi, pozwoliło określić epokę gwiazdotwórczą dla czerwonych galaktyk pasywnych i jej ewolucję w funkcji masy gwiazdowej. Wykazano, że  $D4000_n$  i  $H\delta_A$  są równomiernie efektywne w wyznaczaniu wieku populacji gwiazdowych w galaktykach wczesnego typu.

W wyniku realizacji zadania statutowego **“Geometria maksymalnie niecałkowalnych dystrybucji wektorowych na rozmaitościach”** podano pełną klasyfikację modeli jednorodnych dla  $sp(3,R)$  geometrii Monge'a w wymiarze 8. Po raz pierwszy podano niezależną od metody redukcji Cartana metodę poszukiwania takich modeli i pokazano, że ta nowa metoda jest efektywna przynajmniej w wymiarach  $n < 9$ .

Najważniejszym osiągnięciem uzyskanym w wyniku realizacji zadania statutowego **„Astrofizyka wysokich energii”** jest praca dotycząca pierwszego odkrytego źródła fal grawitacyjnych, GW150914, które ogłoszone zostało w lutym 2016 roku przez kolaborację LIGO. Jednocześnie, zarejestrowany został słaby sygnał w zakresie promieniowania elektromagnetycznego gamma, co pokazały dane z satelity Fermi Gamma-Ray Burst Monitor. W publikacji przedyskutowano pewien scenariusz teoretyczny, w którym taka koincydencja jest możliwa. Modelem jest ciasny układ podwójny, złożony z masywnej odewoluowanej gwiazdy oraz czarnej dziury. Gwiazda, zapadając się, tworzy drugą czarną dziurę, zaś zlanie się pary prowadzi do emisji fal grawitacyjnych. Jednocześnie, akrecja części pozostałej otoczki gwiazdy na produkt zlewania się, odpowiada za sygnał elektromagnetyczny. Jego energetykę można w tym wypadku wytłumaczyć emisją z dżetu materii, wyrzucanego z okolic średnio szybko rotującej czarnej dziury: tempo rotacji zgodne z danymi z LIGO. Od czasu publikacji (wersja on-line dostępna od września 2016, artykuł będzie wydrukowany na papierze w 2017) praca ta doczekała się już 11 cytowań.

W wyniku realizacji zadania statutowego **„Obserwacyjne ograniczenia na własności ciemnej energii”** zaproponowano interpretację kwazara HE 0435-3212 jako ekstremalnego przypadku układu podwójnego czarnych dziur, w którym mniejsza czarna dziura znajduje się wewnątrz dysku akrecyjnego dominującej czarnej dziury, i nie zaburza obszaru szerokich linii emisyjnych poza systematycznym przesuwaniem się linii Mg II w czasie. Pokazano, że nasz model dobrze odtwarza położenie obszaru szerokich linii emisyjnych.

W wyniku realizacji zadania statutowego **„Nauki przyrodnicze w zrozumieniu roli nauki w społeczeństwie XXI wieku”** przygotowano i przekazano Ministerstwu Edukacji Narodowej, w związku z przyjętym przez Sejm RP programem przebudowy edukacji powszechnej w Polsce, pisemną ocenę projektu Podstawy Programowej nauczania fizyki w klasach VI-VIII dla planowanej nowej szkoły podstawowej. Opublikowano szereg tekstów i wywiadów w periodykach ogólnej cyrkulacji (Odra, Teologia Polityczna), poświęconych sytuacji edukacji i nauki w Polsce.

Kontynuowano opiekę merytoryczną nad polską wersją portalu Akademia Khana wspierającego nauczanie za pomocą internetu. Nadzorowano powstanie około 500 filmów i przetłumaczenie ponad 2,5 miliona słów na portalu Khan Academy. W 2016 roku zasoby Khan Academy, powstałe z inicjatywy CFT PAN, odsłonięto 2 850 tysięcy razy a użytkownicy polskiej wersji portalu odwiedzili portal 1 400 tysięcy razy i rozwiązali na nim ponad 10 600 tysięcy zadań i problemów z matematyki i informatyki.

W wyniku realizacji zadania statutowego „**Optoelektronika i automatyka w badaniach nad kontrolą i regulacją zachowań metodami neuroinżynierii**” uruchomiono część sprzętową i programową układu implantowalnego. Opracowano alternatywną metodę zasilania implantów oraz alternatywną metodę pozycjonowania zwierząt w klatce.

## Opis merytoryczny realizowanych prac wg planu zadaniowo-finansowego

### ZADANIE BADAWCZE Nr 1.

#### **Badanie aspektów matematycznych i kosmologicznych ewolucji pól grawitacyjnych**

##### **Cel badania:**

Badania dotyczą fundamentalnych własności pola grawitacyjnego, którego ewolucję opisują równania Einsteina. 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  $E_A$  oraz  $E_B$ , 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, bowiem wszystkie proponowane w literaturze sposoby opisu ewolucji pola grawitacyjnego są tu zupełnie bezradne.

##### **Opis zrealizowanych prac:**

1) Badano proponowane „uogólnienia” Ogólnej Teorii Względności, które otrzymuje się gdy jako Lagrangian pola dopuścić dowolną, nieliniową funkcją pełnego tensora krzywizny (a nie tylko – jak standardowy Lagrangian Hilberta – funkcją *liniową*, zależną jedynie od *krzywizny skalarnej*). Pokazano, że teorie takie są równoważne teorii Einsteina z – być może – dodatkowymi polami

materii. Oznacza to, że teoria Einsteina jest uniwersalna. Poszukując zatem sensownego opisu ciemnej materii wystarczy zatem poszukiwać jej opisu polowego, nie zmieniając sprzężenia ze standardowym polem grawitacyjnym Einsteina.

2) Opracowano nowy sposób *quasi*-lokalnego ustalania cechowania w teorii względności, polegającego na (2+2)-foliacji czasoprzestrzeni rodziną tzw. „sztywnych sfer”. Takie cechowanie przekształca równania więzów w dwuwymiarowe równania eliptyczne na każdej z tych sfer oddzielnie. Jest to zupełnie nowy, bardzo obiecujący sposób analizy dynamiki pola grawitacyjnego. Projekt badań w tym kierunku złożono w NCN i w listopadzie 2016 r. został on zatwierdzony do finansowania w programie OPUS (*Stabilność zagadnienia początkowego dla równań Einsteina: aspekty klasyczne i kwantowe*, UMO-2016/21/B/ST1/00940).

3) Badano możliwość konstrukcji grawitacji kwantowej przy pomocy schematu *projektywnego* (w odróżnieniu od konstrukcji Ashtekara-Lewandowskiego, opartej na granicy *induktywnej*). Ten mój stary pomysł, który zaproponowałem jeszcze w 1977 roku (*Symplectic geometry and second quantization*, Rep. Math. Phys. **11** (1977) p. 97 – 109 oraz: *Algebra of Observables and Charge Superselection Sectors for QED on the Lattice*, Comm. Math. Phys. **188** (1997) p. 535 -- 564.) zyskał ostatnio popularność, głównie dzięki pracom wybitnego fizyka matematycznego z Erlangen, Thomasa Thiemanna. Okazało się, że konstrukcję tę można znacznie uprościć, co zaproponowaliśmy w pracy złożonej do druku.

4) Badano strukturę teorii grawitacji opartych na Lagrangianach wyższych rzędów. Wprowadzono pojęcie tensora krzywizny rzędu  $k$  (zwykły tensor krzywizny jest w tej nomenklaturze tensorem rzędu „1” i zbadano strukturę równań pola wynikających z takiego Lagrangianu. Prowadzone są badania mające na celu wykazanie równoważności i takich teorii z teorią Einsteina, przy czym użycie Lagrangianu wyższego rzędu odpowiada znów dodaniu nowych pól materii standardowo sprzężonych z polem grawitacyjnym. Wyniki te są bardzo zaawansowane i wejdą do pracy doktorskiej pani mgr Katarzyny Senger. Dwie publikacje na ten temat są bliskie ukończenia.

5) Badano własności optyczne sieci czarnych dziur metodami numerycznymi i podano interpretację wyników metodą konstrukcji rozwiązania przybliżonego.

6) Badano efekty dryfu w Ogólnej Teorii Względności, tzn. zmianę pozornego położenia dalekich obiektów, ich przesunięcia ku czerwieni i jasności w czasie, spowodowane ewolucją Wszechświata w wielkich skalach oraz niejednorodnościami na małych skalach. Wyprowadzono ścisłe wzory na intensywność tych efektów oraz badano je numerycznie w modelach LTB oraz użyciu kosmologicznego rachunku zaburzeń. Badania prowadzono we współpracy z Filipem Fickiem (studentem WFAIS UJ) i mgr Jarosławem Kopińskim (doktorantem FUW). Przygotowywana jest publikacja do druku w *Journ. of Cosm. and Astroparticle Phys.*

### **Opis najważniejszych osiągnięć:**

Odkrycie nowej, oryginalnej struktury tensorów krzywizny wyższych rzędów, opisanej powyżej w punkcie 4).

### **Wykorzystanie uzyskanych wyników:**

Wyniki opublikowano w czasopismach o zasięgu światowym:

- 1) J. Kijowski, *Universality of the Einstein theory of gravitation*, Int. J. of Geometric Methods in Modern Physics, **13** (2016), p. 1640008
- 2) H.-P. Gittel, J. Jezierski, J. Kijowski, *On the Existence of Rigid Spheres in Four-Dimensional Spacetime Manifolds* **44** (2016) pp. 231-249.
- 3) J. Kijowski, A. Okołów: *A modification of the projective construction of quantum states for field theories*, Journ. Math. Phys, submitted, (arXiv:1605.06306 [math-ph])
- 5) Eloisa Bentivegna, Mikołaj Korzyński, Ian Hinder, Daniel Gerlicher: *Light propagation through black-hole lattices*, przyjęta w Journ. Cosm. Astroparticle Phys. (arXiv:1611.09275)

### **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. Nowym kierunkiem będzie badanie podstaw probabilistycznych mechaniki kwantowej w celu zrozumienia jej roli wśród innych teorii probabilistycznych i związanych z tym możliwości praktycznego wykorzystania w przechowywaniu i przesyłaniu informacji.

#### **Opis realizowanych prac:**

Badania dotyczyły kilku obszarów teorii kwantowych układów złożonych:

1. Dynamiki elektronów w półprzewodnikach. Dla opisu i analizy takiej dynamiki posłużono się teorią teorii grup i ich reprezentacji oraz teorii stanów koherentnych.
2. Synchronizacji w układach kwantowych. Głównymi narzędziami badawczymi były tu teoria odwzorowań dodatnich i całkowicie dodatnich oraz metody standardowe metody algebry liniowej.
3. Podstaw mechaniki kwantowej:
  - a) problemu uogólnionej teorii prawdopodobieństwa dla ogólnych teorii niesygnalizujących (w szczególności teorii, w których występują korelacje silniejsze niż w mechanice kwantowej). Narzędziami badawczymi były tu teoria krat, teoria algebr Boole'a i techniki tzw. logik kwantowych,
  - b) zagadnienia wytwarzania superpozycji nieznanymi stanów kwantowych
4. Uniwersalności układów optyki kwantowej w zastosowaniu do konstrukcji uniwersalnych bramek kwantowych. Głównymi narzędziami badawczymi były metody teorii sterowania i teorii grup.

### **Opis najważniejszych osiągnięć:**

1. Skonstruowanie nowej klasy stanów koherentnych pozwalających na analizę dynamiki układów elektron-dziura opisywanych równaniem Bogolubowa–de Gennes'a. Wyniki mają zastosowanie w analizie wzburzeń elektronowych w nadprzewodnikach. [1]
2. Przystudiowanie mechanizmu synchronizacji fazy w układzie dwóch kubitów. Wykazano, że mimo niemożności sklonowania nieznanego stanu kubitów, możliwa jest realizacja celu nieco bardziej ograniczonego – dokładnego sklonowania (synchronizacji) fazy. W wielu zastosowaniach kwantowo-informatycznych jest to wystarczające. [2]
3. Podanie matematycznie ścisłego uzasadnienia użycia terminu „prawdopodobieństwo” w teoriach niesygnalizujących typu Popescu-Rohrlicha. Wykazanie szeregu nowych własności układów tego typu dotyczących struktury stanów w takich układach. Wyniki mają zastosowanie do badania pozycji, jaką zajmuje mechanika kwantowa w stosunku do innych teorii niesygnalizujących i mają fundamentalne znaczenie z punktu widzenia podstaw mechaniki kwantowej. [3]
4. Wykazanie niemożliwości skonstruowania uniwersalnego urządzenia produkującego superpozycję dwóch nieznanymi stanów kwantowych i skonstruowanie probabilistycznego algorytmu generacji superpozycji w wypadku, gdy mają one znane, ustalone rzuty na stan ustalony referencyjny. Algorytm ten może mieć zastosowanie w optyce kwantowej do generacji nieklasycznych, nie-gaussowskich stanów światła oraz w informatyce kwantowej do wytwarzania superpozycji wyników dwóch niezależnych przebiegów obliczenia kwantowego, co jest istotnym problemem w kwantowym przetwarzaniu informacji. [4]
5. Rozwiązano problem uniwersalności bramek dwu i trójmodowych bramek optycznych (tzn.



urządzeniach działających w sposób liniowy na trzech modach promieniowania). W szczególności wykazano, że każde ortogonalne odwzorowanie w  $N$  wymiarach można skonstruować za pomocą odpowiedniego składania pojedynczej (zasadniczo dowolnej, a dokładniej z wyjątkiem bardzo szczególnych przypadków) bramki dwu lub trójmodowej. Zagadnienie uniwersalności ma duże znaczenie z punktu widzenia „ekonomii” konstrukcji urządzeń kwantowych dla przesyłania i przetwarzania informacji, istnienie bramek uniwersalnych pozawala na ograniczenie liczby elementarnych składników potrzebnych do konstrukcji takich urządzeń. [5]

6. Rozszerzono formalizm tzw. “Exact Uncertainty Principle” na przypadek relacji nieoznaczoności ogólniejszych niż relacja Heisenberga. W rezultacie, otrzymano nową klasę nieliniowych równań Schrödingera o własności separowalności dla układów nieoddziałujących, niezależności od normy funkcji falowej i niezmienniczości Galileusza. Za pomocą tzw. uogólnionej zasady nieoznaczoności wyprowadzone zostało nieliniowe równanie Schrödingera z poprawkami grawitacyjnymi. Otrzymano niespodziewany wniosek, iż fale płaskie mogą być nieczułe na fluktuacje pola grawitacyjnego. [6]

7. Wprowadzono, na wzór teorii kwantowego splątania, pojęcie monotoniczności dla miar tzw. Statistical Complexity. Pokazano, że (podstawowe) miary Fishera-Shannona i Cramera-Rao są monotoniczne w sensie konwolucji z wygładzającym jądrem gaussowskim. [7]

8. Zaprojektowano protokoły samotestowania dla dwóch układów oparte o dwuobserwatorową tzw. łańcuchową nierówność Bella, która pozwala na użycie dowolnej ilości dwuwynikowych pomiarów przez każdego z obserwatorów. Pokazano, że nierówność ta pozwala na samotestowanie dwukubitowego stanu maksymalnie splątanego oraz dowolnej ilości pomiarów na każdego z obserwatorów. Ponadto, pokazano, że łańcuchowa nierówność Bella może być wykorzystana do uwierzytelniania dwóch bitów idealnej losowości. [8]

9. Udowodniono, że kwantowa informacja Fishera, wielkość określająca precyzję w metrologii kwantowej, spełnia warunek Lipschitza dla metryki Buresa, a więc jest funkcją jednostajnie ciągłą. Przy użyciu tego warunku wprowadzono pierwszy w literaturze analityczny związek pomiędzy kwantową informacją Fishera i pewną miarą splątania dla układów wielocząstkowych. Pokazano też, że granicy dużej liczby cząstek, pewne wielocząstkowe stany kwantowe pozwalają uzyskiwać skalowanie precyzji w kwantowej metrologii, które jest dowolnie bliskie tzw. granicy Heisenberga (granicy, której stany kwantowe nie mogą przekroczyć) pomimo tego, że wraz ze wzrostem ilości cząstek splątanie tych stanów zanika. [9]

10. Zbadano użyteczność losowych stanów kwantowych w metrologii kwantowej. Po pierwsze, udowodniono, że rozróżnialne losowe stany czyste typowo nie prowadzą do polepszenia precyzji w kwantowej metrologii. Z drugiej strony, pokazano, że symetryczne czyste stany wielocząstkowe typowo osiągają optymalne skalowanie Heisenberga. Zaskakujący jest fakt, że takie skalowanie jest

osiągane dla losowych stanów izospektralnych dla dowolnie małej czystości i zachowuje się przy stratach skończonej liczny cząstek. Co więcej, pokazaliśmy, że typowe wielokubitowe stany czyste osiągają skalowanie Heisenberga w standardowym schemacie interferometrycznym dla dowolnej wartości fazy. [10]

### **Wykorzystanie uzyskanych wyników:**

Wyniki opublikowano w czasopismach i monografiach o zasięgu światowym:

- [1] S. Gnutzmann, M. Kuś, J. Langham-Lopez, *Electron–hole coherent states for the Bogoliubov–de Gennes equation*, J. Phys. A **49**, 085302 (2016)
- [2] L. Fiderer, M. Kuś, D. Braun, *Quantum-phase synchronization*, Phys. Rev. A **94**, 032336 (2016).
- [3] T. I. Tylec, M. Kuś, J. Krajczok, *Non-signalling Theories and Generalized Probability*, Int. J. Theor. Phys. **56**, 3832–3842 (2016)
- [4] M. Oszmaniec, A. T. Grudka, M. Horodecki, A. Wójcik, *Creating a Superposition of Unknown Quantum States*, Phys. Rev. Lett. **116**, 110403, (2016)
- [5] Sawicki, *Universality of Beamsplitters*, Quant. Inf. Comp. **16**, 0291–0312 (2016).
- [6] Ł. Rudnicki, *Nonlinear Schrödinger equation from generalized exact uncertainty principle*, J. Phys. A: Math. Theor. **49**, 375301 (2016).
- [7] Ł. Rudnicki, I. V. Toranzo, P. Sánchez-Moreno, J. S. Dehesa, *Monotone measures of statistical complexity*, Phys. Lett. A **380**, 377 (2016).
- [8] I. Šupić, R. Augusiak, A. Salavrakos, A. Acín, *Self-testing protocols based on the chained Bell inequalities*, New Journal of Physics **18**, 035013 (2016).
- [9] R. Augusiak, J. Kołodyński, A. Streltsov, M. N. Bera, A. Acín, M. Lewenstein, *Asymptotic irrelevance of entanglement in quantum metrology*, Phys. Rev. A **94**, 012339 (2016).
- [10] M. Oszmaniec, R. Augusiak, C. Gogolin, J. Kołodyński, A. Acín, M. Lewenstein, *Random Bosonic States for Robust Quantum Metrology*, Phys. Rev. X **6**, 041044 (2016).

### **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:**

Zbadano entropowe relacje nieoznaczoności przy dwóch lub więcej pomiarów ortogonalnych w przy założeniu, iż unitarna macierz przejścia pomiędzy bazami jest macierzą losową względem miary Haara na grupie unitarnej i uzyskano szacowania zachowania się ograniczeń w przypadku dużych wymiarów macierzy [1]. Entropowe relacje nieoznaczoności otrzymano w dla przypadku pomiarów uogólnionych [2]. Przedstawiono konstrukcje silnie splatanych stanów kwantowych w układach heterogenicznych, składających się z podukładów o różnych liczbach poziomów [3]. Zbadano własności rodziny samo-komplementarnych kanałów kwantowych [4], które działają identycznie na układ badany jak i na otoczenie.

Wyprowadzono relację nieoznaczoności dla wariancji trzech, wzajemnie nieobciążonych zmiennych na przestrzeni fazowej [5] oraz kryteria kwantowego splątania dla zmiennych ciągłych wykorzystujące ten rezultat. Wyprowadzono kwantową relację nieoznaczoności dla funkcji charakterystycznych rozkładów prawdopodobieństwa dla położenia i pędu [6]. Pokazano także, iż ta relacja jest silniejsza od standardowej relacji nieoznaczoności Heisenberga i prowadzi do nierówności użytecznych w dziedzinie kwantowego obrazowania. W pracy [7] zbadano ilość informacji klasycznej, która może być przesłana za pomocą wielociałowych korelacji łamiących relacje monogamii dla nierówności Bella. Przystudiowano naturalne uogólnienie dwuwynikowych gier XOR na przypadek dowolnej ilości wyników i zaproponowano łatwe do obliczenia ograniczenie górne na kwantową wartość takich gier [8]. Uogólniono także tzw. zasadę braku kwantowego zysku w zadaniach nielokalnych obliczeń, a następnie, używając powyższego ograniczenia, pokazano, że teoria kwantowa nie daje żadnego zysku w takich zadaniach dla pewnej klasy funkcji w przypadku  $d$  wyników dla  $d$  będącego liczbą pierwszą. Używając pewnej klasy odwzorowań dodatnich, w pracy wyprowadzono klasę warunków dostatecznych separowalności dla dwupodukładowych stanów kwantowych [9].

### **Opis najważniejszych osiągnięć:**

Doświadczenie wykonane z przestrzennymi stopniami swobody dwóch fotonów potwierdziło skuteczność nowej metody detekcji splątania opracowanej w artykule [5]. Wyznaczano także minimalną ilość informacji, która może być przesłana przy użyciu korelacji, które łamią relacje monogamii dla tzw. łańcuchowej nierówności Bella [7].

### **Wykorzystanie uzyskanych wyników:**

Wyniki opublikowano w czasopismach o zasięgu światowym:

- [1] R. Adamczak, R. Latała, Z. Puchała, K. Życzkowski, Asymptotic entropic uncertainty relations, *J. Math. Phys.* **57**, 032204 (2016).
- [2] A. E. Rastegin and K. Życzkowski, Majorization entropic uncertainty relations for quantum operations, *J. Phys. A* **49**, 355301 (2016)
- [3] D. Goyeneche, J. Bielawski, K. Życzkowski, Multipartite entanglement in heterogeneous systems, *Phys. Rev. A* **94**, 012346 (2016).
- [4] M. Smaczynski, W. Roga, K. Życzkowski, Selfcomplementary quantum channels, *Open Systems Inform. Dynamics* **23**, 1650001-26 (2016).
- [5] E. C. Paul, D. S. Tasca, Ł. Rudnicki, S. P. Walborn, *Detecting entanglement of continuous variables with three mutually unbiased bases*, *Phys. Rev. A* **94**, 012303 (2016).
- [6] Ł. Rudnicki, D. S. Tasca, S. P. Walborn, *Uncertainty relations for characteristic functions*, *Phys. Rev. A* **93**, 022109 (2016).
- [7] W. Kłobus, M. Oszmaniec, R. Augusiak, A. Grudka, *Communication Strength of Correlations Violating Monogamy Relations*, *Found. Phys.* **46**, 620 (2016).
- [8] R. Ramanathan, R. Augusiak, G. Murta, *Generalized XOR games with  $d$  outcomes and the task of nonlocal computation*, *Phys. Rev. A* **93**, 022333 (2016).
- [9]. M. Lewenstein, R. Augusiak, D. Chruściński, S. Rana, J. Samsonowicz, *Sufficient separability criteria and positive maps*, *Phys. Rev. A* **93**, 042335 (2016).

#### **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:**

Zbadano przemiany kwantowe w dwuskładnikowym gazie fermionów, znane jako niestabilność Stonera. W przypadku odpychającego oddziaływania pomiędzy składnikami wykryto sekwencję dwu przemian polegających na rozdzielaniu składników: najpierw zgodną ze sferyczną symetrią pułapki, a następnie łamiącą ową symetrię. Zastosowano metodę Thomasa-Fermiego z nieodzownymi poprawkami gradientowymi.

W układzie dwuskładnikowym niewielkiej liczby fermionów zbadano proces dyfuzji atomów w pułapce o dwu minimach\*.

W dwu pracach zbadano zachowanie obdarzonych magnetycznym momentem dipolowym atomów

w pułapce sferycznej. Znalaziono numerycznie poziomy energetyczny układ wykrywając liczne antyprzecięcia\*. Wykazano, że atomy dysprozu można mocno "rozkręcić" zmieniając natężenie pola magnetycznego. Jest to spektakularna realizacja klasycznego zjawiska Einsteina-deHaasa. Rozwijając wcześniejsze badania, udoskonalono model zjawisk towarzyszących wzbudzeniom pojedynczych atomów kondensatu Bosego-Einsteina. Praca dobrze opisuje wyniki doświadczenia ze Sztutgartu.

\*Te dwie prace zostały w 2016 roku wyróżnione przez czasopismo EPL, w którym są wydrukowane.

### **Opis najważniejszych osiągnięć:**

Odkrycie sekwencji dwóch przemian fazowych w dwuskładniowym gazie Fermiego z oddziaływaniami odpychającymi. Jest to ważna realizacja tak zwanej niestabilności Stonera.

### **Wykorzystanie uzyskanych wyników:**

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

1. M-I Trappe, P. Grochowski, M. Brewczyk, and K. Rzążewski, *Ground-state densities of repulsive two-component Fermi gases*, *Phys. Rev. A* **93**, 023612 (2016).
- 2\*. T. Sowiński, M. Gajda, K. Rzążewski, *Diffusion in a system of a few distinguishable fermions in a one-dimensional double-well potential*, *EPL*, **113** 56003 (2016).
- 3\*. R. Ołdziejewski, W. Górecki and K. Rzążewski, *Two dipolar atoms in a harmonic trap*, *EPL*, **114** (2016) 46003, doi: 10.1209/0295-5075/114/46003.

### **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 planowane badania będą stanowiły nowość. Celem badań jest znalezienie odpowiedzi na pytanie: jakie informacje fizyczne można uzyskać obserwując jedynie

fale rozpraszane przez ten obiekt. Na początek planowane jest zastosowanie metod teorii rozpraszania do najbardziej podstawowego obiektu fizycznego: do samej przestrzeni. Problemem, który będzie przedmiotem badań jest odtworzenie informacji o geometrii przestrzeni z danych rozproszeniowych. Należy się spodziewać, że rozpraszanie fal elektromagnetycznych nie dostarczy pełnej informacji o geometrii przestrzeni, ale precyzyjne określenie zakresu zdobytych informacji jest jednym z tematów planowanych badań.

### **Opis zrealizowanych prac:**

1. W ramach tego zadania została wykonana praca magisterska mgr Stanisława Sołtana na Wydziale Fizyki UW. W swojej pracy mgr Sołtan pokazał, że fala elektromagnetyczna rozproszona na układzie złożonym z dwóch atomów dwu-poziomowych niesie informację o wzajemnym położeniu atomów. Uzyskane wyniki są przygotowywane do druku.

2. Wyniki uzyskane w ramach tego zadania dotyczące oddziaływania neutralnych cząstek obdarzonych momentem magnetycznym z falą elektromagnetyczną zostały opublikowane (poz. 1). W pracy tej wykazano, że rotujące wektory pola elektromagnetycznego fali przy odpowiednim doborze parametrów fali tworzą pułapkę dla cząstki.

3. Rozpraszanie elektronów analizuje się zazwyczaj używając fal płaskich do opisu stanu elektronów przed i po rozproszeniu. Ostatnio ukazało się kilka prac doświadczalnych w których istotną rolę odgrywa orbitalny moment pędu elektronu. Relatywistyczne elektrony opisane równaniem Diraca posiadają własności charakteryzujące moment pędu znacznie odbiegające od ich własności w przybliżeniu nierelatywistycznym. Opis tych własności został podany w pracy przyjętej do druku w Physical Review Letters (poz. 2).

### **Opis najważniejszych osiągnięć:**

Najważniejsze osiągnięcie zostało opisane w pracy o relatywistycznych elektronach (poz. 2). W pracy tej wykazano, że analiza wyników doświadczalnych dotyczących rozpraszania wiązek elektronów obdarzonych momentem pędu wymaga zmiany opisu. Wyniki uzyskiwane dotąd przy użyciu nierelatywistycznego równania nie są poprawne. Praca ta została uznana przez redakcję Physical Review Letters za wyróżniającą i umieszczona w dziale Editors' Suggestions.

### **Wykorzystanie uzyskanych wyników:**

Wyniki opublikowano w czasopiśmie o zasięgu światowym:

1. I. Białynicki-Birula and T. Radożycki, Trapping neutral particles endowed with a magnetic moment by an electromagnetic wave carrying orbital angular momentum: Semiclassical theory,

Phys. Rev. A 93, 063402 (2016)

2. I. Bialynicki-Birula and Z. Bialynicka-Birula, Relativistic Electron Wave Packets Carrying Angular Momentum, Phys. Rev. Lett. 118 No. 6 (2017), w druku.

## **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.

Celem drugiego projektu wchodzącego w zakres tego zadania było wyznaczenie podstawowych własności populacji gwiazdowych w galaktykach wczesnego typu obserwowanych w połowie istnienia Wszechświata, a także analiza procesu uformowania się w nich ostatniej populacji gwiazdowej. Analizowane galaktyki pochodzą z przeglądu spektroskopowego VIPERS, jednego Wielkich Programów ESO.

#### **Opis zrealizowanych prac:**

Kontynuowano poszukiwania poświat optycznych związanych ze krótkotrwałymi zjawiskami pochodzenia kosmologicznego. W pracy opisano [1] poszukiwania poświaty elektromagnetycznej związanej ze źródłem fal grawitacyjnych odkrytych przez LIGO/VIRGO 14 września 2015 roku. Treścią publikacji są sprawozdania 25 zespołów badawczych z całego świata, w tym Pi of the Sky. Pierwsza kampania obserwacyjna na ogólnoplanetarną skalę stanowiła przełom w badaniach Kosmosu, pomimo, że źródło nie zostało zidentyfikowane w żadnym zakresie widma elektromagnetycznego, Współautorem pracy jest mgr Rafał Opiela.

W pracach [3, 4] pokazano że populacje gwiazdowe w mniej masywnych czerwonych galaktykach pasywnych obserwowanych na przesunięciu ku czerwieni z  $\sim 1$  są młodsze średnio o  $2 \cdot 10^9$  lat niż te występujące w dziesięć razy bardziej masywnych galaktykach. Wyniki te są zgodne ze

scenariuszem, w którym formowanie się gwiazd wraz z upływem czasu przesuwają się od większych i masywniejszych do mniejszych i mniej masywnych galaktyk.

### **Opis najważniejszych osiągnięć:**

W pracy [2] wykazano, że czerwone galaktyki pasywne były już uformowane 7 miliardów lat temu, co oznacza, że bardzo prosty scenariusz, w którym galaktyki pasywne ewoluują z galaktyk aktywnych nie może być prawdziwy, a proces formowania różnych typów galaktyk jest bardziej skomplikowany. Dodatkowo szczegółowo przeanalizowano markery  $D4000_n$ , oraz  $H\delta_A$  w funkcji masy gwiazdowej, jak i przesunięcia ku czerwieni. Przeprowadzona po raz pierwszy jednoczesna analiza tych dwóch wskaźników poza lokalnym Wszechświatem w szerokim zakresie masy gwiazdowej oraz równoczesne porównanie otrzymanych wyników z wielkościami teoretycznymi, pozwoliło określić epokę gwiazdotwórczą dla czerwonych galaktyk pasywnych i jej ewolucję w funkcji masy gwiazdowej. Wykazano, że  $D4000_n$  i  $H\delta_A$  są równomiernie efektywne w wyznaczaniu wieku populacji gwiazdowych w galaktykach wczesnego typu.

### **Wykorzystanie uzyskanych wyników:**

Wyniki opublikowano w czasopiśmie o zasięgu światowym:

[1] B.P. Abbott, et al., LOCALIZATION AND BROADBAND FOLLOW-UP OF THE GRAVITATIONAL-WAVE TRANSIENT GW150914, APJ Letters, 826, 1, L13 (2016).

[2] Siudek, M.; Małek, K.; Scodreggio, et al., The VIMOS Public Extragalactic Redshift Survey (VIPERS). Star formation history of passive galaxies, Astronomy and Astrophysics, Vol. 597, id.A107, 17 pp., 2017

oraz w materiałach konferencyjnych:

[3] Siudek, Małgorzata; Małek, K.; Garilli, B; et al., VIPERS: Stellar population properties of early-type galaxies, Poland Proceedings of the Polish Astronomical Society, Vol. 3, pp.246-249.

[4] Pollo, A.; Małek, K.; Krywult, J.; Solarz, A.; Górecki, T.; Nadkańska, A.; Siudek, Małgorzata, VIPERS: galaxies and large scale structure at  $z \sim 1$  in unprecedented detail, Poland Proceedings of the Polish Astronomical Society, Vol. 3, pp.229-232. ,2016

### **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.

### **Opis zrealizowanych prac:**

W roku 2016 ukończone zostały dwie podstawowe prace [1,2] będące celem tego zadania. Opisano i zbadano w nich pewne szczególne geometrie w wymiarze 8, które są wyznaczane przez całkowicie niecałkowalne dystrybucje wymiaru 3. Dystrybucje te są szczególnym przypadkiem dystrybucji Monge'a, które były centralnym tematem naszych badań w latach poprzednich. Z powodu tego, że symbol 3-dystrybucji z prac [1,2] ma przedłużenie Tanaki będące prostą algebrą  $sp(3,R)$  nazwaliśmy geometrie rozważane w pracach [1,2]  $sp(3,R)$  geometriami Monge'a w wymiarze 8. Używając metody równoważności Cartana, w pracy [1] podaliśmy podstawowe lokalne niezmienniki takich geometrii. Ponadto, używając metody redukcji Cartana, podaliśmy wszystkie lokalnie nierównoważne modele jednorodne  $sp(3,R)$  geometrii Monge'a w wymiarze 8 o najbardziej zdegenerowanym niezmienniku zwanym krzywizną harmoniczną. Ukończona także w tym roku praca [2] podaje nowy, niezależny od metody redukcji Cartana, sposób znajdowania nierównoważnych modeli jednorodnych dla geometrii parabolicznych wyznaczanych przez niecałkowalne dystrybucje. Sposób ten został w [2] przetestowany na  $sp(3,R)$  geometrii Monge'a w wymiarze 8, a otrzymane w jej wyniku modele jednorodne, zostały porównane z modelami jednorodnymi otrzymanymi w sposób klasyczny w pracy [1]. Uzyskano pełną zgodność wyników z podejść do tego samego problemu w [1] i [2].

### **Opis najważniejszych osiągnięć:**

Badania opisane w [1,2] opierały się na wynikach dotyczących ogólnych geometrii dystrybucji Monge'a uzyskanych przez P. Nurowskiego i J. Gutta w latach 2014-2015. Najważniejszymi wynikami prac [1] i [2] jest podanie pełnej klasyfikacji modeli jednorodnych dla  $sp(3,R)$  geometrii Monge'a w wymiarze 8. Po raz pierwszy [2] podano niezależną od metody redukcji Cartana metodę poszukiwania takich modeli i pokazano, że ta nowa metoda jest efektywna przynajmniej w wymiarach  $n < 9$ . Ponadto, pokazano w [1], że klasyczna metoda redukcji Cartana, która ze względu na swą złożoność obliczeniową była dotychczas używana tylko w niskich wymiarach  $n < 5$ , może

być teraz, gdy dostępne są komputery z dużą pamięcią RAM, z sukcesem stosowana w wymiarach co najmniej dwa razy wyższych ( $n=8$ ), tak jak w naszym przypadku.

### **Wykorzystanie uzyskanych wyników:**

Wyniki w postaci prac:

[1] I. Anderson, P. Nurowski, "Sp(3,R) Monge geometries in dimension 8", arXiv:1606.08675

[2] J. Gutt, "Homogeneous models of C3 Monge geometries", arXiv: 1606.02567

wysłano do wiodących czasopism matematycznych o zasięgu światowym. Prace te są teraz w trakcie recenzji, oraz są dostępne w serwisie arXiv.

### **ZADANIE BADAWCZE Nr 8.**

#### **Astrofizyka wysokich energii**

##### **Cel badania:**

Celem badań naszego zespołu jest teoretyczny opis procesów wysokoenergetycznych zachodzących w źródłach kosmicznych z czarnymi dziurami.

Modele nad którymi pracujemy, dotyczą struktury i ewolucji obiektów takich jak odległe kwazary, pobliskie aktywne galaktyki, Centrum Drogi Mlecznej, ultrajadne źródła rentgenowskie, pulsary, czarne dziury i gwiazdy neutronowe w układach podwójnych z gwiazdami, mikrokwazary, a także błyski promieniowania gamma.

W zachodzących tam 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 pragniemy stworzyć jak najpełniejszy, fizyczny model przepływającej plazmy, przy uwzględnieniu warunków istotnych z punktu widzenia rzeczywistych obiektów kosmicznych i testowalności obliczeń.

##### **Opis zrealizowanych prac:**

Badania prowadzone w 2016 roku dotyczyły analizy krzywych zmian blasku akreujących czarnych

dziur, w celu rozróżnienia pomiędzy czysto stochastyczną zmiennością, a zmiennością chaotyczną w sensie deterministycznym.

Kolejny temat, dotyczył natury ultra-jasnego źródła rentgenowskiego HLX-1 leżącego w obrębie galaktyki ESO 243-49. Obiekt wykazuje kwazi-periodyczną zmienność, której przyczyną może być niestabilna akrecja na średniomasywną czarną dziurę (ok. 10 tys. mas Słońca). Stosując model rozbłysków niestabilnego dysku akrecyjnego znaleźliśmy ponadto uniwersalną korelację między czasem trwania rozbłysku a jasnością bolometryczną obiektu, dla bardzo szerokiej skali mas.

### **Opis najważniejszych osiągnięć:**

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 rekurencyjnej, potwierdziliśmy istnienie zmienności typu chaosu deterministycznego dla źródła GRS 1915+105. Metoda została przetestowana także dla niedawno odkrytego IGR J17091-3624, oraz w źródłach GX 339-4, XTE J1550-564 i GRO J1655-40. Pięknym rozwinięciem tego tematu jest zastosowanie analizy rekurencyjnej do mikrokwazara XTE J1550-564.

### **Wykorzystanie uzyskanych wyników:**

Wyniki opublikowano w czasopismach o zasięgu światowym:

1. P. Sukova, M. Grzędzielski, A. Janiuk, "Chaotic and stochastic processes in the accretion flows of the black hole X-ray binaries revealed by recurrence analysis", 2016, **Astronomy & Astrophysics**, 586, A143, 18 str.
2. P. Sukova, A. Janiuk, "Non-linear behaviour of XTE J1550-564 during its 1998-1999 outburst, revealed by recurrence analysis", 2016, **Astronomy & Astrophysics**, 591, A77, 6 str.
3. Q. Wu, B. Czerny, M. Grzędzielski, A. Janiuk, W.M. Gu, A.J. Dong, X.F. Cao, B. You, Z. Yan, M.Y. Sun, "The Universal "Heartbeat" Oscillations in Black Hole Systems Across the Mass-scale", 2016, **Astrophysical Journal**, 833, 79, 6 str.
4. A. Janiuk, M. Bejger, S. Charzyński, P. Sukova, "On the possible gamma-ray burst-gravitational wave association in GW150914", 2017, **New Astronomy**, 51, 7-14

a także przedstawiono na szeregu konferencji w formie referatów i plakatów i opublikowano w materiałach pokonferencyjnych (6 artykułów). Dwie kolejnych prace zostały w roku 2016 wysłane do A&A i ApJ i są w trakcie recenzji, a jedna jest w przygotowaniu.

## **ZADANIE BADAWCZE Nr 9.**

### **Nauka a Społeczeństwo**

#### **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 do 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. Dodatkowo, w 2016 r planowane badania i ich wykonywanie nawiązywały do sytuacji wynikłej z zaplanowanego i wprowadzonego w Polsce projektu przebudowy systemu publicznej edukacji.

#### **Opis zrealizowanych prac:**

W 2016 r pracownicy CFT prowadzili aktywną działalność w następujących kierunkach:

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. Udział w publicznych konsultacjach i dyskusji wokół nowej podstawy programowej z informatyki.
3. Aktywnego przenoszenia do Polskiej edukacji najlepszych rozwiązań światowej edukacji cyfrowej, szczególnie Akademii Khana.
4. Upowszechnianie wiedzy z przedmiotów przyrodniczych w publicznie dostępnych mediach, w tym za pośrednictwem kanału Centrum Fizyki Teoretycznej PAN na YouTube.
5. Udział w pracach zespołu ekspertów przygotowujących, na zlecenie MON, rozszerzony program nauki informatyki w szkołach średnich mieszczących się w miejscach stacjonowania tzw. zielonych garnizonów.

### **Opis najważniejszych osiągnięć:**

1. Opieka merytoryczna oraz udział w lokalizacji w języku polskim platformy edukacyjnej Khan Academy. Nadzorowano powstanie około 500 filmów i tłumaczenie portalu Khan Academy. Pracownicy CFT uczestniczą w tworzeniu zasobów w dziedzinie fizyki. W 2016 r. zasoby Khan Academy na YouTube odsłonięto 2,85 miliona razy, a użytkownicy polskiej wersji portalu odwiedzili polską wersję portalu 1,4 miliona razy i rozwiązali na nim ponad 10,6 miliona zadań i problemów z matematyki i informatyki.
2. Udział pracowników CFT w konferencjach poświęconych współczesnym problemom edukacji.
3. Publikowanie przez pracowników CFT tekstów poświęconych nauczaniu, przede wszystkim przedmiotów przyrodniczych, w publicznie dostępnych mediach, w związku z wprowadzaną w życie reformą oświaty publicznej. CFT jest postrzegane przez media, zarówno publiczne jak i prywatne, za jedno z najważniejszych źródeł obiektywnej informacji o edukacji.
4. Zbadanie możliwości nowoczesnej platformy crowdsourcingowej CrowdIn służącej do tłumaczenia „w chmurze”. Publikacja na ten temat ukazała się w styczniu 2017 r.

### **Wykorzystanie uzyskanych wyników:**

1. Publikacje w Internecie kolejnych wykładów, ćwiczeń i artykułów Akademii Khana.
2. Publikacja felietonów popularno-naukowych na portalu Project-Syndicate.pl .
3. Wystąpienia konferencyjne.

### **ZADANIE BADAWCZE Nr 10.**

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

#### **Cel badania:**

Zadanie zostało zrealizowane 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. Projekt ma charakter integrujący wiedzę i doświadczenie oraz możliwości techniczne uzyskane w CFT PAN przy realizacji zadania nr 6, "Badanie zjawisk kosmicznych w różnych skalach czasowych"

### **Opis zrealizowanych prac:**

Uruchomienie i oprogramowanie wszystkich podzespołów układu implantowalnego (akcelerometr, magnetometr, układ ECG, ładowarka, układ pozycjonowania i wybudzania, driver LED). Implementacja i testy metody pozycjonowania oparta na cewkach wbudowanych w podłogę klatki. Implementacja i testy przekazu energii przy użyciu cewek RFID i sprzężenia zwrotnego z układów implantowalnych.

Rozwój alternatywnej metody przesyłu energii, która nie wymaga użycia akumulatorów w układach implantowalnych. Budowa stanowiska testowego. Opracowanie modelu matematycznego toru przesyłu energii.

Rozwój alternatywnej metody lokalizacji zwierząt przy użyciu precyzyjnych magnetometrów oraz przełączanych cewek do generacji zmiennego pola magnetycznego. Budowa stanowiska testowego, implementacja oprogramowania do estymacji pozycji zwierząt.

Projekt klatki zapewniającej zasilanie energią w.cz. oraz generację zmiennych pól magnetycznych dla układu nawigacji.

Kontynuacja rozwoju oprogramowania sterującego eksperymentem

Dopracowanie konstrukcji mechanicznej klatki EcoHab i integracja z układem detekcji optoelektronicznej.

Kompletacja stanowiska do zalewania implantów (komora próżniowa, pompa)

### **Opis najważniejszych osiągnięć:**

Uruchomienie części sprzętowej i programowej układu implantowalnego.

Opracowanie alternatywnej metody zasilania implantów

Opracowanie alternatywnej metody pozycjonowania zwierząt w klatce.

### **Wykorzystanie uzyskanych wyników:**

Publikacja w czasopiśmie eLife <https://elifesciences.org/content/5/e19532>

\* Alicja Puścian Szymon Łęski Grzegorz Kasprowicz Maciej Winiarski Joanna Borowska Tomasz

Nikolaev Paweł M Boguszewski Hans-Peter Lipp Ewelina Knapska , "Eco-HAB as a fully automated and ecologically relevant assessment of social impairments in mouse models of autism", October 12, 2016, eLife 2016;5:e19532

Publikacje w ramach sympozjum Wilga 2016:

\* Rafał D Krawczyk, Alicja Puścian, Grzegorz Kasprowicz, Mikołaj Sowiński, Jakub Jarosiński, Paweł Kulik, Rafał Czajkowski, Ewelina Knapska, Jakub Kowalski, Konstantin Rusakov, Tomasz Przywózki, Paweł Rasiński, Bartłomiej Juszczak, Lech Mankiewicz, "Implementation of control system for optogenetic devices and home-cage environments", 2016/9/28, Conference Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2016, Pages 100312P-100312P-9

\* Mikołaj Sowiński, Paweł Kulik, Grzegorz Kasprowicz, Lech Mankiewicz, Rafał D Krawczyk, Jakub Jarosiński, Rafał Czajkowski, Ewelina Knapska, Alicja Puścian, Jakub Kowalski, Konstantin Rusakov, Tomasz Przywózki, Paweł Rasiński, Bartłomiej Juszczak, "Modular control system for optogenetic experiments", 2016/9/28, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2016, Pages 100313F-100313F-8

\* Jakub Jarosiński, Grzegorz Kasprowicz, Bartłomiej Juszczak, Rafał Krawczyk, Alicja Puścian, Mikołaj Sowiński, Paweł Kulik, Ewelina Knapska, Tomasz Przywózki, Paweł Rasiński, Lech Mankiewicz, "Miniature subcutaneous optogenetic device", 2016/9/28, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2016, 1003139-1003139-6

## **ZADANIE BADAWCZE Nr 11.**

### **Wykorzystanie metod elektrodynamiki do opisu fal grawitacyjnych**

#### **Cel badania:**

Elektrodynamika oparta na równaniach Maxwella jest jednym z najbardziej rozwiniętych działach fizyki, o ogromnej liczbie różnorodnych zastosowań. W ostatnich latach powstał nowy dział elektrodynamiki poświęcony badaniom teoretycznym i eksperymentalnym fal elektromagnetycznym niosących moment pędu. Do takich fal należą wiązki Bessela i wiązki Laguerre'a-Gaussa. Przeniesienie tej wiedzy na grunt teorii grawitacji może mieć znaczenie w fizyce fal grawitacyjnych.

#### **Opis zrealizowanych prac:**

Wykorzystując formalizm spinorowy znaleziono bezpośredni związek między falami elektromagnetycznymi obdarzonymi momentem pędu i ich odpowiednikami grawitacyjnymi (poz. 1). Dalsze badania wykazały (praca jest przygotowywana do druku), że znalezione fale

grawitacyjne obdarzone momentem pędu mają szereg własności, które odróżniają je w istotny sposób od rozważanych dotąd fal płaskich.

### **Opis najważniejszych osiągnięć:**

Najważniejszym osiągnięciem jest wykazanie że fale grawitacyjne obdarzone momentem pędu mają zdolność pułapkowania cząstek, które znalazły się w pobliżu osi takiej fali.

### **Wykorzystanie uzyskanych wyników:**

Wyniki opublikowano w czasopismach o zasięgu światowym:

1. I. Białynicki-Birula and Z. Białynicka-Birula, Gravitational waves carrying orbital angular momentum, *New Journal of Physics*, 18, 023022 (2016)
2. S. Charzyński and I. Białynicki-Birula, Trapping of particles by gravitational Bessel beams, przygotowywane do druku

## **ZADANIE BADAWCZE Nr 12.**

### **Obserwacyjne ograniczenia na własności ciemnej energii**

#### **Cel badania:**

Ciemna energia to największy problem współczesnej kosmologii. Według obecnej naszej wiedzy, Wszechświat składa się zaledwie w kilku procentach ze zwykłej świecącej materii, jaką znamy, w ponad dwudziestu procentach z tajemniczej ciemnej materii, której fizycy intensywnie poszukują w laboratoriach, oraz w ponad 70 procentach z ciemnej energii o egzotycznych własnościach, której nie rozumiemy. Tę energię można jednak śledzić patrząc na efekt, jaki wywiera na ruch odległych obiektów, zbudowanych ze zwykłej materii świecącej.

W naszym projekcie próbnikami ciemnej energii są kwazary. Planujemy wykorzystać kwazary do pomiaru ciemnej energii w sposób analogiczny do wykorzystania gwiazd supernowych. Musimy w tym celu określić jasność absolutną kwazara, i to jest kluczowa najtrudniejsza część projektu, a następnie jasność obserwowaną kwazara i jego przesunięcie ku czerwieni. To pozwoli wyznaczyć prędkość ruchu kwazara i jego odległość, a zatem lokalne tempo ekspansji Wszechświata. Ocena jasności absolutnej w naszym projekcie będzie opierać się o teorię powstawania Obszaru Szerokich Linii Emisyjnych, którą sformułowaliśmy w pracy Czerny & Hryniewicz (2011). Obserwacyjnie wymaga ona określenia opóźnienia linii emisyjnych w stosunku do kontinuum, a zatem wykonania szeregu obserwacji dla wybranego obiektu.



### **Opis zrealizowanych prac:**

W roku 2016 wykonaliśmy 13 obserwacji wybranych kwazarów przy pomocy teleskopu SALT, kontynuując zbieranie materiału do pomiaru opóźnień. Obserwacje zostały wstępnie zredukowane. Zmiany linii emisyjnej Mg II w jednym z obiektów są na tyle intrygujące, że na jego temat przygotowaliśmy pracę (wysłana do publikacji). Przygotowaliśmy wniosek obserwacyjny na teleskopy ESO, który został zaakceptowany do realizacji, obserwacje spodziewane są w przeciągu 3 miesięcy. Testowaliśmy założenia teoretyczne naszego modelu, który ma pozwolić na wykorzystanie kwazarów w kosmologii, w tym położenia obszaru szerokich linii emisyjnych, roli obszaru pośredniego pomiędzy wąskimi i szerokimi liniami emisyjnymi (praca Adhikari et al. 2016), oraz błędów systematycznych związanych z wyznaczaniem masy centralnej czarnej dziury na przykładzie obiektu REJ 1034+396 (praca Czerny et al., A&A, 2016) oraz spinu na przykładzie źródeł galaktycznych (praca You et al. 2016).

### **Opis najważniejszych osiągnięć:**

W kwazarze HE 0435-3212 być może obserwujemy ekstremalny przypadek układu podwójnego czarnych dziur, w którym mniejsza czarna dziura znajduje się wewnątrz dysku akrecyjnego dominującej czarnej dziury, i nie zaburza obszaru szerokich linii emisyjnych poza systematycznym przesuwaniem się linii Mg II w czasie (praca wysłana). Pokazaliśmy, że nasz model dobrze odtwarza położenie obszaru szerokich linii emisyjnych (praca Czerny et al., 2016, ApJ).

### **Wykorzystanie uzyskanych wyników:**

Wyniki opublikowano w czasopismach o zasięgu światowym:

1. Czerny, Bożena; Du, Pu; Wang, Jian-Min; Karas, Vladimir, 2016, ApJ, 832, 15, "A Test of the Formation Mechanism of the Broad Line Region in Active Galactic Nuclei"
2. Adhikari, T. P.; Różańska, A.; Czerny, B.; Hryniewicz, K.; Ferland, G. J., 2016, ApJ, 831, 68, "The Intermediate-line Region in Active Galactic Nuclei"
3. Czerny, B.; You, B.; Kurcz, A.; Średzińska, J.; Hryniewicz, K.; Nikołajuk, M.; Krupa, M.; Wang, J.-M.; Hu, C.; Życki, P. T., 2016, A&A, 594, A102, "The mass of the black hole in RE J1034+396"
4. You, Bei; Straub, Odele; Czerny, Bożena; Sobolewska, Małgosia; Różańska, Agata; Bursa, Michal; Dovčiak, Michal, 2016, ApJ, 821, 104, "Testing Wind as an Explanation for the Spin Problem in the Continuum-fitting Method"
5. Czerny, B.; You, B., 2016, Astronomische Nachrichten, 337, 73, "Accretion in active galactic nuclei and disk-jet coupling"

**Wykaz projektów badawczych realizowanych w CFT PAN w 2016 r.**

**Wykaz krajowych projektów badawczych**

<b>Kierownik</b>	<b>Temat</b>	<b>Nr projektu</b>	<b>Okres od-do</b>
Prof. Karol Życzkowski	<i>Relacje nieoznaczoności i splątanie kwantowe</i>	2015/18/A/ST2/00274	2016-2021
Dr Adam Sawicki	<i>Optymalność uniwersalność i sterowalność w teorii obliczeń kwantowych</i>	2015/18/E/ST1/00200	2016-2021
Prof. Jerzy Kijowski	<i>Stabilność zagadnienia początkowego dla równań Einsteina: aspekty klasyczne i kwantowe</i>		2017-2020
Dr Agnieszka Kuźmicz, opiekun naukowy Prof. Bożena Czerny	<i>Populacje gwiazdowe gigantycznych radioźródeł</i>	016/20/S/ST9/00142	2016-2019
Prof. Kazimierz Rzążewski	<i>Dynamika gazów kwantowych</i>	2015/19/B/ST2/02820	2016-2019
Prof. Bożena Czerny	<i>Ciąg główny kwazarów</i>	2015/17/B/ST9/03436	2016-2019
Prof. Iwo Białynicki-Birula	<i>Odtworzenie geometrii z danych rozproszeniowych</i>	UMO-2012/07/B/ST1/03347	2013-2016
Dr hab. Agnieszka Janiuk	<i>Astrofizyka procesów wokół zwartych obiektów kosmicznych</i>	UMO-2012/05/E/ST9/03914	2013-2018
Prof. Kazimierz Rzążewski	<i>Zjawiska termiczne w zimnych gazach atomowych</i>	UMO-2012/04/A/ST2/00090	2012-2016
Prof. Jerzy Kijowski	<i>Energia pola grawitacyjnego: aspekty geometryczne, funkcjonalno analityczne oraz zastosowania fizyczne</i>	UMO-2011/03/B/ST1/02625	2012-2015
Prof. Marek Kuś	<i>Rozwiązalność, chaos i sterowanie w układach kwantowych</i>	UMO-2011/02/A/ST1/00208	2012-2016
Prof. Paweł Nurowski	<i>Geometria dystrybucji Monge'a</i>	UMO-2013/09/B/ST1/01799	2014-2016
Dr Michał Oszmaniec	<i>Zastosowanie koncentracji miary do badania właściwości statystycznych układów kwantowych</i>	UMO-2013/09/N/ST1/02772	2014-2016
Mgr Tomasz Maciążek	<i>Badanie wielokubitowych stanów maksymalnie splątanych i równoważność stanów ze względu na działanie operacji SLOCC</i>	0165/DIA/2014/43	2014-2018
Dr Łukasz Rudnicki	<i>Dekoherencja stanów niegaussowskich</i>	UMO-	2015-2017

		2014/13/D/ST2/01886	
Dr Krzysztof Pawłowski	<i>Splątanie i dekoherencja ultrazimnych atomów</i>	UMO-2014/13/D/ST2/01883	2015-2018

**Wykaz międzynarodowych projektów badawczych**

<b>Kierownik</b>	<b>Temat</b>	<b>Nr projektu</b>	<b>Okres od-do</b>
Dr Remigiusz Augusiak	<i>Non-locality in Multipartite Quantum Systems</i>	ID# 705109	2016-2018
Prof. Marek Kuś	<i>Quantum Resources: Conceptuals and Applications, (QOLAPS)</i>	ERC-2011-AGD_20110209	2012-2016
Prof. Marek Kuś	<i>Intrinsic Randomness in the Quantum World</i>	ID# 4137	2013-2016

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

<b>Wykonawcy z CFT PAN</b>	<b>Temat</b>	<b>Kierownik (jednostka)</b>	<b>Okres od-do</b>
Dr hab. Lech Mankiewicz	<i>Kontrola i regulacja zachowań metodami neuroinżynierii</i>	Prof. A. Wróbel IBD im. NENCKIEGO	2013-2018

**Informacja o najważniejszych wynikach projektów badawczych zakończonych w 2016 r.**

**1. Projekt badawczy** DEC-2011/02/A/ST1/00208, Rozwiązalność, chaos i sterowanie w układach kwantowych, Narodowe Centrum Nauki, program "MAESTRO".

**kierownik: prof. dr hab. Marek Kuś**

okres realizacji: **27.04.2012-26.04.2016**

Jednym z podstawowych problemów mechaniki kwantowej jest badanie całkowalności i rozwiązalności konkretnych układów pojawiających się w różnorodnych problemach fizycznych. Jednak w odróżnieniu od mechaniki klasycznej, gdzie pojęcie całkowalności jako istnienia odpowiedniej liczby niezmienników tensorowych dynamiki (w praktyce najczęściej są to całki pierwsze, symetrie i  $n$ -formy) jest powszechnie przyjęte, w mechanice kwantowej brakuje takiej uniwersalnej definicji. Prowadzone badania dotyczyły różnych aspektów tego zagadnienia w ramach czterech zadań badawczych.

## **Osiągnięcia**

Skonstruowanie nowych metod badania całkowalności konkretnych układów fizycznych (modelu Rabiego i jego uogólnień - fundamentalnych modeli oddziaływań atomów z kwantowym promieniowaniem elektromagnetycznym).

Podanie pierwszego w pełni relatywistycznego, analitycznego opisu dynamiki naładowanych cząstek kwantowych (np. elektronów) w pułapkach elektromagnetycznych (w tym wypadku pułapce Penninga), co jest niezwykle ważnym problemem optyki kwantowej i inżynierii kwantowej.

Wykazanie, że dla wszystkich klasycznych zwartych grup Liego (w tym najistotniejszej w mechanice kwantowej, grupy unitarnej i jej podgrup), liniowy nieautonomiczny problem dynamiczny może być sprowadzony do hierarchii równań Riccatiego, co otwiera nowe drogi badania sterowalności i kontroli układów na grupach Liego i w mechanice kwantowej.

Stworzenie uniwersalnego opisu matematycznego błędzenia z czasem dyskretnym układu złożonego z dowolnej liczby cząstek kwantowych spełniających statystykę Bosego-Einsteina lub Fermiego.

Podanie i przeanalizowanie metody doświadczalnej realizacji układu kwantowego o dalece nietrywialnej topologii klasycznej przestrzeni fazowej co umożliwi doświadczalne badanie zjawisk chaotycznych na poziomie kwantowym i przy przejściu kwantowo-klasycznym w pułapkach jonowych.

Konstrukcja kompletnych teoretycznych modeli tomografii kwantowej dla wybranych układów fizycznych, opisanie struktury optymalnych modeli ewolucji dla tomografii kwantowej, tzn. takich, dla których istnieje jedna wielkość mierzalna, której wielokrotny pomiar umożliwi rekonstrukcję stanu kwantowego.

Podanie efektywnych metod znajdowania wspólnych podprzestrzeni niezmienniczych dla zespołów operatorów, co ma znaczenie dla istotnego z punktu widzenia informatyki kwantowej

problemu podprzestrzeni wolnych od dekoherencji dla układów oddziałujących z otoczeniem, oraz ogólnych problemów całkowalności układów kwantowych.

**2. Projekt badawczy** UMO-2012/04/A/ST2/00090, "Zjawiska termiczne w zimnych gazach atomowych", Narodowe Centrum Nauki, program „MAESTRO”.

**kierownik: prof. dr hab. Kazimierz Rzązewski**

okres realizacji: **18.09.2012-17.10.2016**

### **Osiągnięcia:**

Odkrycie ciemnych solitonów w gazie z długozasięgowym oddziaływaniem dipolowym. Solitony, to niezniszczalne zaburzenia falowe rozchodzące się w ośrodkach nieliniowych bez zmiany kształtu na dużych odległościach. Nasze solitony są wyjątkowe, mogą mieć kształt różny od znanego dla typowego kondensatu. Ponadto oddziałują na odległość oraz inaczej oscylują w pułapkach harmonicznym, w jakich prowadzi się doświadczenia z takimi gazami.

W 2013 roku, współpracująca z nami grupa doświadczalna profesora Pfau ze Sztuttgartu wzbudziła pojedynczy atom rubidu z kondensatu do bardzo wysokiego stanu wzbudzonego. Taki stan nazywamy stanem Rydberga. Atom w takim stanie ma rozmiary kilku mikronów. Jest porównywalny z rozmiarami samego kondensatu. We współpracy z tą grupą opracowaliśmy teoretyczny model tego złożonego zjawiska. Najciekawsza jest tu nasza propozycja obrazowania orbitala rydbergowskiego elektronu poprzez jego ślad w rozkładzie gęstości kondensatu.

W szeregu prac rozwinęliśmy elementarne, ale numerycznie bardzo złożone metody ścisłego opisu układów niewielkiej liczby atomów w pułapce. Wśród wielu uzyskanych wyników na szczególną uwagę zasługuje odkrycie korelacji dwucząstkowych (pojawiania się par) w układzie dwu rodzajów przyciągających się fermionów. Oczywiście jest tu bliska analogia ze zjawiskiem par Coopera w fizyce ciała stałego.

W układzie dwu rodzajów fermionów w kulistej pułapce, które wzajemnie się odpychają, przy odpowiednio silnym odpychaniu spodziewamy się rozdzielenia składników bym zminimalizować energie oddziaływania. Jest to tak zwane zjawisko Stonera. Opisaliśmy to zjawisko za pomocą metody funkcjonału gęstości. Okazało się, że należy w rachunkach uwzględnić zwykle pomijane tak zwane człony gradientowe. Wykryliśmy sekwencję dwu kwantowych przejść fazowych. W pierwszej zachowana jest sferyczna symetria układu. W drugiej pojawia się przypadkowa powierzchnia rozdziału łamiąca tę symetrię.

W mechanice kwantowej pomiar jest czymś dość tajemniczym. Badaliśmy statystykę różnicy

obsadzeń kondensatu nagle rozdzielanego barierą. Posługując się naszą metodą pól klasycznych uzyskaliśmy zadziwiający wynik: Statystyka ta zależy od długości impulsu światła użytego do monitorowania układu. Wynik ten planujemy potwierdzić lub obalić w dalszych badaniach.

**3. Projekt badawczy UMO-2011/03/B/ST1/02625**, "Energia pola grawitacyjnego: aspekty geometryczne, funkcjonalno-analityczne oraz zastosowania fizyczne", Narodowe Centrum Nauki, program „OPUS”.

**kierownik: prof. dr hab. Jerzy Kijowski**

okres realizacji: **2012-09-07-2016-09-06**

#### **Osiągnięcia:**

Pokazano jak mierzyć quasi-lokalną energię pola grawitacyjnego. Problem ten był rozważany od początku badań nad Ogólną Teorią Względności i jest związany z nieistnieniem tensora energii-pędu pola grawitacyjnego. Pokazaliśmy, że mimo to energię pola można jednoznacznie określić jako Hamiltonian generujący ewolucję pola jako nieskończenie-wymiarowego układu hamiltonowskiego. Tak zdefiniowana energia nie jest lokalna (addytywna ze względu na obszar). Jest to oczywista konsekwencja zasady powszechnego ciężenia: energie (czyli masy) zawarte w rozdzielonych przestrzennie obszarach oddziałują grawitacyjnie. Zatem energia (masa) zawarta w sumie tych obszarów nie może być sumą tych energii, bowiem zawiera jeszcze energię oddziaływania. Jest ona jednak quasi-lokalna w sensie Penrose'a.

**3. Projekt badawczy UMO-2013/09/B/ST1/01799**", Geometria dystrybucji Monge'a", Narodowe Centrum Nauki, program „OPUS”.

**kierownik: prof. dr hab. Paweł Nurowski**

okres realizacji: **20.02.2014-19.06.2016**

#### **Osiągnięcia:**

1. Wyodrębnienie, wśród wszystkich dystrybucji wektorowych na rozmaitościach, dystrybucji

Monge'a jako dystrybucji, które definiują pewną podklasę geometrii parabolicznych. Podanie ich ścisłej definicji.

2. Związananie z dystrybucjami Monge'a układów równań różniczkowych zwyczajnych, nazwanych układami Monge'a.

3. Podanie pełnej listy tych dystrybucji Monge'a, które odpowiadają nietrywialnym (tzn. dopuszczającym niepłaskie deformacje) geometriom parabolicznym.

4. Charakteryzacja geometrii parabolicznych odpowiadających dystrybucjom Monge'a w języku strukturalnej teorii prostych algebr Liego (poprzez wyróżnienie pewnych zależności w układzie pierwiastków prostych w parze algebr Liego  $(g, p)$  definiujących geometrię paraboliczną).

5. Podanie w jawnej postaci, dla każdej płaskiej dystrybucji Monge'a, odpowiadającego jej układu równań różniczkowych zwyczajnych. Każdy taki układ ma prostą algebrę Liego jako algebrę lokalnych symetrii.

6. Realizacja dużej klasy rzeczywistych prostych algebr Liego (algebr  $g$  z punktu (4)), jako algebr symetrii dla płaskich nietrywialnych układów równań różniczkowych Monge'a, w postaci wielomianowych (kwadratowych) pól wektorowych na odpowiednich wiązках jetów związanych z równaniami.

7. Opanowanie technik geometrii parabolicznych i teorii Tanaki, oraz przekazanie wiedzy o nich polskim matematykom na serii seminariów w IMPAN w Warszawie.

8. Zrozumienie struktury krzywizn koneksji Cartana dla geometrii parabolicznych odpowiadających dystrybucjom Monge'a.

9. Analiza krzywizny  $sp(3, R)$ -koneksji Cartana związanej z geometrią paraboliczną 3-wymiarowych dystrybucji Monge'a w wymiarze 8 z punktu (9) w przypadku, gdy krzywizna harmoniczna ich koneksji Cartana ma wartości w 6-ciuwymiarowym module nieprzywiedlnym i jest maksymalnie zdegenerowana. Podanie odpowiadających im układów równań różniczkowych zwyczajnych.

10. Rozkład krzywizny harmonicznej na moduły nieprzywiedlne i pokazanie, że są tylko takie dwa: albo jedno-, albo sześciowymiarowy.. Analiza krzywizny i torsji w przypadku, gdy krzywizna harmoniczna ma wartości tylko w module sześciowymiarowym.

11. Znalezienie, przy użyciu techniki zwanej redukcją Cartana, wszystkich modeli jednorodnych 3-wymiarowych dystrybucji Monge'a w wymiarze 8 z punktu (9) w przypadku, gdy krzywizna harmoniczna ich koneksji Cartana ma wartości w 6-ciuwymiarowym module nieprzywiedlnym i jest maksymalnie zdegenerowana. Podanie odpowiadających im układów równań różniczkowych zwyczajnych.

12. Opracowanie nowatorskiej metody znajdowania modeli jednorodnych dystrybucji odpowiadających geometriom parabolicznym (w szczególności dystrybucji Monge'a) używającej

filtrowanych deformacji pewnych gradowanych podalgebr w algebrze  $g$  z pary parabolicznej  $(g, p)$ .

13. Znalezienie, przy użyciu techniki opisanej w punkcie (11), wszystkich modeli jednorodnych 3-wymiarowych dystrybucji Monge'a w wymiarze 8 z punktu (9) w przypadku, gdy grupa symetrii działa w sposób conajmniej 2-tranzytywny.

14. Porównanie modeli jednorodnych otrzymanych techniką z punktów (10) i (12).

### Współpraca z zagranicą

Współpraca z zagranicznymi instytucjami 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 2016 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 w 2016 roku

Kraj	Partner	Nazwa dokumentu	Okres obowiązywania
Rosja	Space Research Center of Russian Academy of Science	Projekt TRANSIENT zawarty w porozumieniu pomiędzy Polską Akademią Nauk i Rosyjską Akademią	Od 2011 przedłużona na okres 2016 - 2020.



		Nauk	
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	Instytut nauk Fotonicznych w Castelldefels	Projekt John Templeton Foundation ID# 4137, <i>Intrinsic Randomness in the Quantum World</i>	2013-2016
Szwecja, Niemcy	Stockholms Universitet, Ludwig-Maximilians-Universität Muenchem	Quantum Resources: Conceptuals and Applications, (QOLAPS)	2012 – 2016
	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-0114-14	2014 - 2017
Włochy	Universita degli Studi di Catania,	W grudniu 2016 roku podpisano roczną umowę Erasmus Plus dotyczącą staży dla studentów z Katanii w CFT.	2016 - 2017

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) Institut d'Astrophysique de Paris, Francja,
- 34) University of Portsmouth, Wielka Brytania,
- 35) University of Edinburgh, 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) University 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 2016 roku

**Wszystkie czasopisma są indeksowane w JCR**

Lp.	Autorzy	Tytuł	Czasopismo
1	<b>Dardo Goyeneche, Karol Życzkowski, Jakub Adam Bielawski</b>	<i>Multipartite entanglement in heterogeneous systems</i>	PHYSICAL REVIEW A, 2016, v. 94, p. 012346, <a href="http://journals.aps.org/prapdf/10.1103/PhysRevA.94.012346">http://journals.aps.org/prapdf/10.1103/PhysRevA.94.012346</a>
2	<b>Adam Sawicki</b>	<i>Universality of beam splitters</i>	QUANTUM INFORMATION AND COMPUTATION, 2016, v. Vol. 16, p. 0291–0312, <a href="http://www.rintonpress.com/xxqic16/qic-16-34/0291-0312.pdf">http://www.rintonpress.com/xxqic16/qic-16-34/0291-0312.pdf</a>
3	<b>Bożena Jadwiga Czerny, Bei You</b>	<i>Accretion in active galactic nuclei and disk-jet coupling</i>	ASTRONOMISCHE NACHRICHTEN, 2016, v. 337, p. 73-81, <a href="http://arxiv.org/abs/1507.05852">http://arxiv.org/abs/1507.05852</a>
4	<b>Artur Czerwiński</b>	<i>Optimal evolution models for quantum tomography</i>	Journal of Physics A-Mathematical and Theoretical, 2016, v. 49, p. 075301, <a href="http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1751-8113/49/7/075301">http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1751-8113/49/7/075301</a>
5	<b>Petra Sukova, Mikołaj Grzędzielski, Agnieszka Janiuk</b>	<i>Chaotic and stochastic processes in the accretion flows of the black hole X-ray binaries revealed by</i>	ASTRONOMY AND ASTROPHYSICS, 2016, v. 586, p. 18, <a href="http://arxiv.org/abs/1506.02526">http://arxiv.org/abs/1506.02526</a>

		<i>recurrence analysis</i>	
6	<b>Ivan Šupić, Remigiusz Augusiak, Alexia Salavrakos, Antonio Acín</b>	<i>Self-testing protocols based on the chained Bell inequalities</i>	NEW JOURNAL OF PHYSICS, 2016, v. 18, p. 035013, <a href="http://arxiv.org/abs/1511.09220">http://arxiv.org/abs/1511.09220</a>
7	<b>Jose Málek, Kumbakonam Rajagopal, Petra Sukova</b>	<i>Response of a class of mechanical oscillators described by a novel system of differential-algebraic equations.</i>	Applications of Mathematics, 2016, v. 61, p. 79-102, <a href="http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10492-016-0123-0">http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10492-016-0123-0</a>
8	<b>Petra Sukova, Agnieszka Janiuk</b>	<i>Non-linear behaviour of XTE J1550-564 during its 1998-1999 outburst, revealed by recurrence analysis</i>	ASTRONOMY AND ASTROPHYSICS, 2016, <a href="http://www.aanda.org/articles/aa/pdf/forth/aa28428-16.pdf">http://www.aanda.org/articles/aa/pdf/forth/aa28428-16.pdf</a>
9	<b>Rafał Ołdziejewski, Wojciech Górecki, Kazimierz Maria Rzażewski</b>	<i>Two dipolar atoms in a harmonic trap</i>	Europhysics Letters, 2016, v. 114, p. 46003, <a href="http://iopscience.iop.org/article/10.1209/0295-5075/114/46003">http://iopscience.iop.org/article/10.1209/0295-5075/114/46003</a>
10	<b>Bei You, Odele Straub, Bożena Jadwiga Czerny, Małgorzata Sobolewska, Agata Antonina Różańska, Michał Bursa, Michał Dovciak</b>	<i>Testing Wind as an Explanation for the Spin Problem in the Continuum-fitting Method</i>	ASTROPHYSICAL JOURNAL, 2016, v. 821, p. 1-15, <a href="http://arxiv.org/abs/1506.03959">http://arxiv.org/abs/1506.03959</a>
11	<b>Remigiusz Augusiak, Jan Kołodyński, Alexander Streltsov, Manabendra Nath Bera, Antonio Acín, Maciej Lewenstein</b>	<i>Asymptotic role of entanglement in quantum metrology</i>	PHYSICAL REVIEW A, 2016, v. 94, p. 012339-1-012339-11, <a href="http://arxiv.org/abs/1506.08837">http://arxiv.org/abs/1506.08837</a>
12	<b>Waldemar Kłobus, Michał Oszmaniec, Remigiusz Augusiak, Andrzej Tomasz Grudka</b>	<i>Communication Strength of Correlations Violating Monogamy Relations</i>	FOUNDATIONS OF PHYSICS, 2016, v. 46, p. 620-634, <a href="http://arxiv.org/abs/1408.1223">http://arxiv.org/abs/1408.1223</a>
13	<b>Sven Gnutzmann,</b>	<i>Electron-hole coherent states for</i>	Journal of Physics A-Mathematical and Theoretical, 2016, v. 49, p. 85302, <a href="http://arxiv.org/abs/1509.06936">http://arxiv.org/abs/1509.06936</a>

	<b>Marek Kuś, Jordan Langham- Lopez</b>	<i>the Bogoliubov–de Gennes equation</i>	
14	<b>Alicja Puścian, SZYMON ŁĘSKI, Grzegorz Henryk Kasprowicz, Maciej Winiarski, Joanna Borowska, Tomasz Nikolaev, Paweł M. Michał Owskianny, Hans- Peter Lipp, EWELINA ANNA KNAPSKA</b>	<i>Eco-HAB as a fully automated and ecologically relevant assessment of social impairments in mouse models of autism</i>	eLife, 2016, v. 19532, p. 10.7554/eLife, <a href="http://elifesciences.org/content/5/e19532-download.pdf">http://elifesciences.org/content/5/e19532-download.pdf</a>
15	<b>Lukas Fiderer, Marek Kuś, Daniel Braun</b>	<i>Quantum-phase synchronization</i>	PHYSICAL REVIEW A, 2016, v. 94, p. 032336 (1-13), <a href="http://arxiv.org/abs/1511.04309v1">http://arxiv.org/abs/1511.04309v1</a>
16	<b>Bożena Jadwiga Czerny, Pu Du, Jian-Min Wang, Vladimir Karas</b>	<i>A TEST OF THE FORMATION MECHANISM OF THE BROAD LINE REGION IN ACTIVE GALACTIC NUCLEI</i>	ASTROPHYSICAL JOURNAL, 2016, v. 832, <a href="http://arxiv.org/abs/1610.00420">http://arxiv.org/abs/1610.00420</a>
17	<b>Tek Adhikari, Agata Antonina Różańska, Bożena Jadwiga Czerny, Krzysztof Hryniewicz, Gary Ferland</b>	<i>The Intermediate- line Region in Active Galactic Nuclei</i>	ASTROPHYSICAL JOURNAL, 2016, v. 831, p. 68, <a href="http://arxiv.org/abs/1606.00284">http://arxiv.org/abs/1606.00284</a>
18	<b>Łukasz Marek Rudnicki, D.S. Tasca, S.P. Walborn</b>	<i>Uncertainty relations for characteristic functions</i>	PHYSICAL REVIEW A, 2016, v. 93, p. e022109
19	<b>Łukasz Marek Rudnicki, Irene V., Pablo Sánchez-Moreno, Jesús S.</b>	<i>Monotone measures of statistical complexity</i>	PHYSICS LETTERS A, 2016, v. 380, p. 377–380, <a href="http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0375960115009196/pdf?md5=57c622f6f9866223f964de6fafbbcf63&amp;pid=1-s2.0-S0375960115009196-main.pdf">http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0375960115009196/pdf?md5=57c622f6f9866223f964de6fafbbcf63&amp;pid=1-s2.0-S0375960115009196-main.pdf</a>
20	<b>Łukasz Marek Rudnicki</b>	<i>Nonlinear Schrödinger equation from generalized exact uncertainty principle</i>	Journal of Physics A-Mathematical and Theoretical, 2016, v. 49, p. 375301, <a href="http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1751-8113/49/37/375301/meta;jsessionid=9434E7EF019E94BC55BBC59840E4E3AC.c3.iopscience.cld.iop.org">http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1751-8113/49/37/375301/meta;jsessionid=9434E7EF019E94BC55BBC59840E4E3AC.c3.iopscience.cld.iop.org</a>
21	<b>Jerzy Juliusz Kijowski</b>	<i>Universality of the Einstein theory of gravitation.</i>	INTERNATIONAL JOURNAL OF GEOMETRIC METHODS IN MODERN PHYSICS, 2016, v. 13, <a href="http://www.worldscientific.com/doi/pdf/10.1142/S0219887816400089">http://www.worldscientific.com/doi/pdf/10.1142/S0219887816400089</a>
22	<b>Michał Oszmaniec, Remigiusz</b>	<i>Random Bosonic States for Robust Quantum</i>	Physical Review X, 2016, v. 6, p. 041044-1-34, <a href="http://journals.aps.org/prx/abstract/10.1103/PhysRevX.6.041044">http://journals.aps.org/prx/abstract/10.1103/PhysRevX.6.041044</a>

	<b>Augusiak, Christian Gogolin, Jan Kołodzyński, Antonio Acin, Maciej Lewenstein</b>	<i>Metrology</i>	
23	<b>Krzysztof Pawłowski, Esteve Jerome, Reichel Jakob, Sinatra Alice</b>	<i>Limits of atomic entanglement by cavity feedback: From weak to strong coupling</i>	Europhysics Letters, 2016, v. 113, p. 34005, <a href="http://epljournal.edpsciences.org/articles/epl/abs/2016/03/epl17692/epl17692.html">http://epljournal.edpsciences.org/articles/epl/abs/2016/03/epl17692/epl17692.html</a>
24	<b>Jan Aleksander Gutt, Gianni Manno, Giovanni Moreno</b>	<i>Completely exceptional 2nd order PDEs via conformal geometry and BGG resolution</i>	Journal of Geometry and Physics, 2016, <a href="http://arxiv.org/pdf/1604.08361">http://arxiv.org/pdf/1604.08361</a>
25	<b>Iwo Białynicki- Birula, Zofia Białynicka-Birula</b>	<i>Gravitational waves carrying orbital angular momentum</i>	NEW JOURNAL OF PHYSICS, 2016, v. 18, p. 023022 6 pages, <a href="http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1367-2630/18/2/023022/meta">http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1367-2630/18/2/023022/meta</a>
26	<b>Dariusz Patryk Kajtoch, Krzysztof Pawłowski, Emilia Witkowska</b>	<i>Entanglement storage by classical fixed points in the two- axis countertwisting model</i>	PHYSICAL REVIEW A, 2016, v. 93, p. 022331, <a href="http://journals.aps.org/pr/abstract/10.1103/PhysRevA.93.022331">http://journals.aps.org/pr/abstract/10.1103/PhysRevA.93.022331</a>
27	<b>Michał Jóźwikowski, Witold Respondek</b>	<i>A contact covariant approach to optimal control with applications to sub-Riemannian geometry</i>	MATHEMATICS OF CONTROL SIGNALS AND SYSTEMS, 2016, v. 28, p. 1-47, <a href="http://link.springer.com/article/10.1007/s00498-016-0176-3">http://link.springer.com/article/10.1007/s00498-016-0176-3</a>
28	<b>Daniel Zdzisław Pęcak, Mariusz Franciszek Gajda, Tomasz Sowiński</b>	<i>Two-flavour mixture of a few fermions of different mass in a one-dimensional harmonic trap</i>	NEW JOURNAL OF PHYSICS, 2016, v. 18, p. 013030, <a href="http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1367-2630/18/1/013030">http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1367-2630/18/1/013030</a>
29	<b>Tomasz Sowiński, Mariusz Franciszek Gajda, Kazimierz Maria Rzażewski</b>	<i>Diffusion in a system of a few distinguishable fermions in a one- dimensional double-well potential</i>	Europhysics Letters, 2016, v. 113, p. 56003-1-6, <a href="http://iopscience.iop.org/article/10.1209/0295-5075/113/56003">http://iopscience.iop.org/article/10.1209/0295-5075/113/56003</a>
30	<b>Marcin Mińkowski, Magdalena Anna Załużska-Kotur, Łukasz Andrzej Turski, Grzegorz Karczewski</b>	<i>MONte Carlo simulations of morphological transitions in PbTe/CdTe immiscible material systems</i>	Journal of Applied Physics, 2016, v. 120, p. 124305-1-124305-9

31	<b>Martin Trappe, Piotr Grochowski, Mirosław Brewczyk, Kazimierz Maria Rzążewski</b>	<i>Ground-state densities of repulsive two-component Fermi gases</i>	PHYSICAL REVIEW A, 2016, v. 93, p. 023612-10, <a href="http://journals.aps.org/pr/abstract/10.1103/PhysRevA.93.023612">http://journals.aps.org/pr/abstract/10.1103/PhysRevA.93.023612</a>
32	<b>Iwo Białynicki-Birula, Tomasz Radożycki</b>	<i>Trapping neutral particles endowed with a magnetic moment by an electromagnetic wave carrying orbital angular momentum. Semiclassical theory</i>	PHYSICAL REVIEW A, 2016, v. 93, p. 063402 1-8
33	<b>Dibwe Pierrot Musumbu, Maria Jolanta Przybylska, Andrzej Jerzy Maciejewski</b>	<i>Thermalization in Many-Particle Quantum Walks</i>	OPEN SYSTEMS AND INFORMATION DYNAMICS, 2016, v. 23, p. 19, <a href="http://arxiv.org/abs/1602.00305">http://arxiv.org/abs/1602.00305</a>
34	<b>Ravishankar Ramathan, Remigiusz Augusiak, Gláucia Murta</b>	<i>Generalized XOR games with <math>d</math> outcomes and the task of nonlocal computation</i>	PHYSICAL REVIEW A, 2016, v. 93, p. 022333-1-022333-9, <a href="http://arxiv.org/abs/1502.02974">http://arxiv.org/abs/1502.02974</a>
35	<b>Zbigniew Puchała, Łukasz Paweł, Karol Życzkowski</b>	<i>Distinguishability of generic quantum states</i>	PHYSICAL REVIEW A, 2016, v. 93, p. 062112, <a href="http://arxiv.org/abs/1507.05123">http://arxiv.org/abs/1507.05123</a>
36	<b>Agnieszka Janiuk, Michał Stanisław Bejger, Szymon Charzyński, Petra Sukova</b>	<i>On the possible gamma-ray burst-gravitational wave association in GW150914</i>	NEW ASTRONOMY, 2017, v. 51, p. 7 14, <a href="http://arxiv.org/pdf/1604.07132v3">http://arxiv.org/pdf/1604.07132v3</a>
37	<b>Maciej Lewenstein, Remigiusz Augusiak, Dariusz Hilary Chruściński, Swapan Rana, Jan Stefan Samsonowicz</b>	<i>Sufficient separability criteria and linear maps</i>	PHYSICAL REVIEW A, 2016, v. 93, p. 042335-1- 042335-11, <a href="http://arxiv.org/abs/1512.08278">http://arxiv.org/abs/1512.08278</a>
38	<b>Tomasz Ignacy Tylec, Marek Kuś, Jacek Krajczok</b>	<i>Non-signalling Theories and Generalized Probability</i>	INTERNATIONAL JOURNAL OF THEORETICAL PHYSICS, 2016, v. 56, p. 3832–3842, <a href="http://arxiv.org/abs/1512.02457">http://arxiv.org/abs/1512.02457</a>
39	<b>Michał Oszmaniec, Andrzej Tomasz Grudka, Michał Horodecki,</b>	<i>Creating a Superposition of Unknown Quantum States</i>	PHYSICAL REVIEW LETTERS, 2016, v. 116, p. 110403, <a href="http://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevLett.116.110403">http://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevLett.116.110403</a>

	<b>Antoni Wójcik</b>		
40	<b>B.P. Abbott, Arkadiusz Ćwiek, Mikołaj Stefan Ćwiok, Lech Mankiewicz, Rafał Opiela, Marcin Franciszek Zaremba, Aleksander Filip Żarnecki</b>	<i>LOCALIZATION AND BROADBAND FOLLOW-UP OF THE GRAVITATIONAL- WAVE TRANSIENT GW150914</i>	Astrophysical Journal Letters, 2016, v. 826, p. L13, <a href="http://arxiv.org/pdf/1602.08492v3">http://arxiv.org/pdf/1602.08492v3</a>
41	<b>Bożena Jadwiga Czerny, Bei You, Agnieszka Kurcz, Justyna Średzińska, Krzysztof Hryniewicz, Marek Nikolajuk, Magdalena Krupa, Jian-Min Wang, C Hu, Piotr Tomasz Życki</b>	<i>The mass of the black hole in RE J1034+396</i>	Astronomy and Astrophysics, 2016, <a href="http://arxiv.org/abs/1601.02498">http://arxiv.org/abs/1601.02498</a>
42	<b>Małgorzata Siudek, Katarzyna Ewa Małek, M. Scodeggio, B. Garilli, Agnieszka Pollo, C.~P. Haines, A. Fritz, M. Bolzonella, S. de- la-Torre, B.~R. Granett, L. Guzzo, U. Abbas, C. Adami, D. Bottini, A. Cappi, O. Cucciati, G. De-Lucia, I. Davidzon, P. Franzetti, A. Iovino, Janusz Krywult, V. Le- Brun, O. Le- F\`evre, D. Maccagni, A. Marchetti, F. Marulli, M. Polletta, L.~A.~M. Tasca, R. Tojeiro, D. Vergani, A. Zanichelli, S.</b>	<i>The VIMOS Public Extragalactic Redshift Survey (VIPERS). Star formation history of passive galaxies</i>	Astronomy and Astrophysics, 2016, <a href="http://arxiv.org/pdf/1605.05503v2.pdf">http://arxiv.org/pdf/1605.05503v2.pdf</a>



	<b>Arnouts, J. Bel, E. Branchini, O. Ilbert, A. Gargiulo, L. Moscardini, T.~T. Takeuchi, G. Zamorani</b>		
43	<b>Qingwen Wu, Bożena Czerny, Mikołaj Grzędzielski, Agnieszka Janiuk, weimin Gu, Aijun Dong, Xiaofeng Cao, Bei You, Zhen Yan, Mouyuan Sun</b>	<i>The Universal “Heartbeat” Oscillations in Black Hole Systems Across the Mass-scale</i>	ASTROPHYSICAL JOURNAL, 2016, <a href="http://dx.doi.org/10.3847/1538-4357/833/1/79">http://dx.doi.org/10.3847/1538-4357/833/1/79</a>
44	<b>Jan Aleksander Gutt</b>	<i>On the extension theorem of Hwang and Mok</i>	Journal für die reine und angewandte Mathematik, 2016, <a href="http://www.degruyter.com/dg/journalprintahead.articlelist.resultlinks.fullcontentlink:pdfeventlink/\$002fj\$002fcrll.ahead-of-print\$002fcelle-2015-0106\$002fcelle-2015-0106.pdf?t:ac=j\$002fcrll">http://www.degruyter.com/dg/journalprintahead.articlelist.resultlinks.fullcontentlink:pdfeventlink/\$002fj\$002fcrll.ahead-of-print\$002fcelle-2015-0106\$002fcelle-2015-0106.pdf?t:ac=j\$002fcrll</a>
45	<b>Eduardo Paul, Daniel Tasca, Łukasz Marek Rudnicki, Stephen Walborn</b>	<i>Detecting entanglement of continuous variables with three mutually unbiased bases</i>	PHYSICAL REVIEW A, 2016, v. 94, p. 012303, <a href="http://journals.aps.org/pr/abstract/10.1103/PhysRevA.94.012303">http://journals.aps.org/pr/abstract/10.1103/PhysRevA.94.012303</a>
46	<b>M. Smaczynski, W. Roga, K. Życzkowski</b>	<i>Selfcomplementary quantum channels</i>	Open Systems Inform. Dynamics , 2016, v. 23, p. 1650001
47	<b>Wojciech Górecki, Kazimierz Rzążewski</b>	<i>Making two dysprosium atoms rotate —Einstein- de Haas effect revisited</i>	Europhysics Letters, 2016, v. 116, p. 26004, <a href="http://iopscience.iop.org/article/10.1209/0295-5075/116/26004">http://iopscience.iop.org/article/10.1209/0295-5075/116/26004</a>
48	<b>Claudia Benedetti, Fer- nando Galve, Matteo G. A. Paris, Roberta Zambrini, Anto- nio Mandarinò</b>	<i>Minimal model for spontaneous quantum synchronization</i>	PHYSICAL REVIEW A, 2016, v. 94, p. 52118, <a href="https://journals.aps.org/pr/abstract/10.1103/PhysRevA.94.052118">https://journals.aps.org/pr/abstract/10.1103/PhysRevA.94.052118</a>
49	<b>Rafał Ołdziejewski, Krz ysztof Jachymski</b>	<i>Properties of strongly dipolar Bose gases beyond the Born approximation</i>	PHYSICAL REVIEW A, 2016, v. 94, p. 63638, <a href="http://journals.aps.org/pr/abstract/10.1103/PhysRevA.94.063638">http://journals.aps.org/pr/abstract/10.1103/PhysRevA.94.063638</a>
50	<b>Jerzy Lewandowski, Adam Szereszewski, Piotr Waluk</b>	<i>Spacetimes foliated by nonexpanding and Killing horizons: Higher dimension</i>	PHYSICAL REVIEW D, 2016, v. 94, p. 64018, <a href="http://journals.aps.org/prd/pdf/10.1103/PhysRevD.94.064018">http://journals.aps.org/prd/pdf/10.1103/PhysRevD.94.064018</a>

## Publikacje w czasopiśmie z listy B MNiSW w 2016 roku

Lp.	Autorzy	Tytuł	Czasopismo
1	<b>Jerzy Juliusz Kijowski, Piotr Jan Waluk, Katarzyna Jadwiga Senger</b>	<i>Wigner Function of a Qubit</i>	BANACH CENTER PUBLICATIONS, 2016, v. 110, p. 1-9
2	<b>Jacek Jezierski, Piotr Jan Waluk</b>	<i>Proof of Positive Energy Theorem by spacetime foliations</i>	BANACH CENTER PUBLICATIONS, 2016, v. 110, p. 115-120
3	<b>Łukasz Turski</b>	<i>Edukacja na Rozdrożu</i>	PAU, 2016

## Publikacje konferencyjne w 2016 roku

Lp.	Autorzy	Tytuł	Czasopismo
1	<b>Mikołaj Sowiński, Grzegorz Henryk Kasprowicz, Paweł Kulik, Lech Mankiewicz, Rafał D., Jakub Jarosiński, RAFAŁ CZAJKOWSKI, EWELINA ANNA KNAPSKA, Alicja Puścian, Jakub Kowalski, Konstantin Rusakov, Tomasz Przywózki, Paweł Rasiński, Bartłomiej Marcin Juszczyk</b>	<i>Modular control system for optogenetic experiments</i>	PROCEEDINGS OF SPIE, 2016, v. 10031, p. 100313F
2	<b>Rafał D., Alicja Puścian, Grzegorz Henryk Kasprowicz, Mikołaj Sowiński,</b>	<i>Implementation of control system for optogenetic devices and home-cage environments</i>	PROCEEDINGS OF SPIE, 2016, v. 10031, p. 100312P

	<b>Jakub Jarosiński, Paweł Kulik, RAFAŁ CZAJKOWSKI , EWELINA ANNA KNAPSKA, Jakub Kowalski, Konstantin Rusakov, Tomasz Przywózki, Paweł Rasiński, Bartłomiej Marcin Juszczuk, Lech Mankiewicz</b>		
3	<b>Jakub Jarosiński, Grzegorz Henryk Kasprowicz, Bartłomiej Marcin Juszczuk, Rafał Krawczyk, Alicja Puścian, Mikołaj Sowiński, Paweł Kulik, EWELINA ANNA KNAPSKA, Tomasz Przywózki, Paweł Rasiński, Lech Mankiewicz</b>	<i>Miniature subcutaneous optogenetic device</i>	PROCEEDINGS OF SPIE, 2016, v. 10031, p. 1003139
4	<b>Ian Anderson, Thomas Leistner, Andree Lischewski, Paweł Krzysztof Nurowski</b>	<i>Conformal Walker metrics and linear Fefferman- Graham equations</i>	arXiv, 2016, <a href="http://arxiv.org/pdf/1609.02371v2">http://arxiv.org/pdf/1609.02371v2</a>
5	<b>Paweł Krzysztof</b>	<i>New relations between G2-</i>	arXiv, 2016, <a href="http://arxiv.org/pdf/1601.03979v2">http://arxiv.org/pdf/1601.03979v2</a>

	<b>Nurowski, Thomas Leistner, Katja Sagerschnig</b>	<i>geometries in dimensions 5 and 7</i>	
6	<b>Paweł Krzysztof Nurowski, Denson C Hill</b>	<i>How the green light was given for gravitational wave search</i>	arXiv, 2016, <a href="http://arxiv.org/pdf/1608.08673v1">http://arxiv.org/pdf/1608.08673v1</a>
7	<b>Paweł Krzysztof Nurowski, Ian Anderson</b>	<i>Sp(3,R) Monge geometries in dimension 8</i>	arXiv, 2016, <a href="http://arxiv.org/pdf/1606.08675v1">http://arxiv.org/pdf/1606.08675v1</a>
8	<b>M Enríquez, I Wintrowicz, Karol Życzkowski</b>	<i>Maximally Entangled Multipartite States: A Brief Survey</i>	JOURNAL OF PHYSICS: CONFERENCE SERIES, 2016, v. 698, p. 012003
9	<b>Hans-Peter Gittel, Jacek Jezierski, Jerzy Juliusz Kijowski</b>	<i>On the Existence of Rigid Spheres in Four-Dimensional Spacetime Manifolds</i>	Vietnam Journal of Mathematics, 2016, v. 44, p. 231-249, <a href="http://dx.doi.org/10.1007/s10013-016-0185-z">http://dx.doi.org/10.1007/s10013-016-0185-z</a>
10	<b>Didier Barret, Thien-Lam Throng, Agnieszka Janiuk, et. al.</b>	<i>The Athena X-ray Integral Field Unit (X-IFU)</i>	PROCEEDINGS OF SPIE, 2016, v. 9905, p. id. 99052F, 41 pp., <a href="http://proceedings.spiedigitallibrary.org/proceeding.aspx?articleid=2546041">http://proceedings.spiedigitallibrary.org/proceeding.aspx?articleid=2546041</a>
11	<b>Paweł Krzysztof Nurowski, Krzysztof Antoni Meissner</b>	<i>Conformal transformations and the beginning of the Universe</i>	arXiv, 2016, <a href="http://arxiv.org/pdf/1506.03280v1">http://arxiv.org/pdf/1506.03280v1</a>
12	<b>Paweł Krzysztof Nurowski, Krzysztof Antoni Meissner, Daniel An</b>	<i>Ring Type Structures in the Planck map of the CMB</i>	arXiv, 2016, <a href="http://arxiv.org/pdf/1510.06537v2">http://arxiv.org/pdf/1510.06537v2</a>
13	<b>Adam Zdrożny, Marcin Sokołowski, Lech Mankiewicz, Aleksander Filip Żarnecki</b>	<i>Pi of the Sky involvement in LSC-Virgo electromagnetic follow-up project</i>	PROCEEDINGS OF SPIE, 2016, v. 10031, p. 1003141
14	<b>M. Ferocci, Bożena Czerny,</b>	<i>The LOFT mission concept: a status update</i>	Proceedings of the SPIE, 2016, v. 9905, p. 99051

15	<b>Wojciech Szumiński, Tomasz Stachowiak</b>	<i>Analysis of a constrained two-body problem</i>	Dynamical Systems: Theoretical and Experimental Analysis; Springer Proceedings in Mathematics and Statistics, 2016, v. 182, p. 361, <a href="http://arxiv.org/pdf/1606.03009">arxiv.org/pdf/1606.03009</a>
----	--	---	--

1	<b>Wojciech Szumiński, Tomasz Stachowiak</b>	<i>Analysis of a Constrained Two-Body Problem</i>	Dynamical Systems: Theoretical and Experimental Analysis, 2016, <a href="http://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-42408-8">http://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-42408-8</a>
2	<b>Małgorzata Siudek, Katarzyna Ewa Małek, B. Garilli, M. Scodiggio, A. Fritz, Agnieszka Pollo</b>	<i>VIPERS: Stellar population properties of early-type galaxies</i>	37th Meeting of the Polish Astronomical Society, 2016, p. 246-249, <a href="http://www.pta.edu.pl/pliki/proc/vol3/v3p246.pdf">http://www.pta.edu.pl/pliki/proc/vol3/v3p246.pdf</a>
3	<b>Agnieszka Pollo, Katarzyna Ewa Małek, Janusz Krywult, Aleksandra Alicja Solarz, T. Górecki, A. Nadkańska, Małgorzata Siudek</b>	<i>VIPERS: galaxies and large scale structure at <math>z \sim 1</math> in unprecedented detail</i>	37th Meeting of the Polish Astronomical Society, 2016, p. 229-232, <a href="http://www.pta.edu.pl/pliki/proc/vol3/v3p229.pdf">http://www.pta.edu.pl/pliki/proc/vol3/v3p229.pdf</a>
4	<b>Justyna Modzelewska, Bożena Czerny, Maciej Bilicki, Krzysztof Hryniewicz, Magdalena Krupa, Francesco Petrogalli, Wojtek Pych, Agnieszka Kurcz, Andrzej Udalski</b>	<i>Quasars as tracers of cosmic flows</i>	International Astronomical Union Symposium, 2016, v. 308, p. 344-345, <a href="http://adsabs.harvard.edu/abs/2016IAUS..308..344M">http://adsabs.harvard.edu/abs/2016IAUS..308..344M</a>
5	<b>Bożena Czerny, Pu Du, Jian-Min Wang, Conor Wildy</b>	<i>Radio quiet quasar main sequence - a hidden parameter behind it</i>	Proceedings of a conference held 27 June - 1 July, 2016 in Garching, 2016, p. id. 50
6	<b>Vladimir Karas, Devaki Kunneriath, Bożena Czerny, Agata Rozanska, Tek P. Adhikari</b>	<i>Accretion of gaseous clumps from the Galactic Centre Mini-spiral onto Milky Way's supermassive black hole</i>	21st International Conference on General Relativity and Gravitation, 2016, p. 98
7	<b>Justyna Średzińska, Bożena Czerny, Maciej Bilicki, Krzysztof Hryniewicz, Magdalena Krupa, Agnieszka Kurcz, Paola Marziani,</b>	<i>Tracing dark energy with quasars</i>	37th Meeting of the Polish Astronomical Society, 2016, p. 255-258

	<b>Agnieszka Pollo, Wojtek Pych, Andrzej Udalski</b>		
8	<b>Tek P. Adhikari, Agata Różańska, Małgorzata Sobolewska, Bożena Czerny</b>	<i>On the warm absorber in AGN outflow</i>	37th Meeting of the Polish Astronomical Society, 2016, p. 239-242
9	<b>Patrycja Bagińska, Agata Różańska, Bożena Czerny, Agnieszka Janiuk</b>	<i>The ionization instability driven outbursts in 4U 1630-472</i>	37th Meeting of the Polish Astronomical Society, 2016, p. 154-157
10	<b>Agnieszka Janiuk, Szymon Charzyński</b>	<i>Simulations of coalescing black holes</i>	Proceedings of the Polish Astronomical Society, 2016, v. 3, p. 127-130 , <a href="https://www.pta.edu.pl/proc/v3p127">https://www.pta.edu.pl/proc/v3p127</a>
11	<b>Petra Sukova, Szymon Charzyński, Agnieszka Janiuk</b>	<i>Relativistic low angular momentum accretion in 3D</i>	Proceedings of the Polish Astronomical Society, 2016, v. 3, p. 150-153, <a href="https://www.pta.edu.pl/proc/v3p150">https://www.pta.edu.pl/proc/v3p150</a>
12	<b>Adam Sawicki, Katarzyna Karnas</b>	<i>Universality of quantum qudit gates</i>	arXiv:1609.05780
13	<b>Adam Sawicki, Katarzyna Karnas</b>	<i>Criteria for universality of quantum gates</i>	arXiv:1610.00547
14	<b>Mikołaj Grzędzielski, Agnieszka Janiuk, Bożena Czerny</b>	<i>Modified viscosity in accretion disks. Application to Galactic black hole binaries, intermediate mass black holes and AGN</i>	arXiv:1609.09322

### CFT PAN Publikacje popularno-naukowe i inne w 2016 roku

Lp.	Autorzy	Tytuł	Czasopismo
1	<b>Bożena Czerny</b>	<i>Pouczać a historia o tym, czy koty wymyśliły astronomię</i>	Delta, 2016, v. 7, <a href="http://www.deltami.edu.pl/temat/astrologia/2016/06/22/Pouczejaca_historia/">http://www.deltami.edu.pl/temat/astrologia/2016/06/22/Pouczejaca_historia/</a>
2	<b>Krzysztof Pawłowski</b>	<i>Co to jest sekunda i jak ją mierzymy?</i>	Delta, 2016, v. 6, <a href="http://www.deltami.edu.pl/temat/fizyka/fizyka_kwantowa/2016/02/25/Co_to_jest_sekunda/">http://www.deltami.edu.pl/temat/fizyka/fizyka_kwantowa/2016/02/25/Co_to_jest_sekunda/</a>

3	<b>Agnieszka Janiuk, Andrzej Zdziarski</b>	<i>Układy podwójne gwiazd z czarnymi dziurami</i>	Delta, 2016, v. 8, <a href="http://www.deltami.edu.pl/temat/astronomia/2016/07/28/Uklady_podwojne_gwiazd_z_czarnym/">http://www.deltami.edu.pl/temat/astronomia/2016/07/28/Uklady_podwojne_gwiazd_z_czarnym/</a>
4	<b>Agnieszka Janiuk</b>	<i>Casting na postdoczkę, czyli baba z brodą</i>	Urania-Postępy Astronomii, 2016, v. 3
5	<b>Łukasz Turski</b>	<i>Okiem i Uchme</i>	Project-Syndicate.pl, 2016, p. 1
6	<b>Łukasz Turski</b>	<i>Spinacz do papieru i kołki do ściany</i>	Project-Syndicate.pl, 2016
7	<b>Łukasz Turski</b>	<i>Prawda Naukowa</i>	Project-Syndicate.pl, 2016
8	<b>Łukasz Turski</b>	<i>Kryzys Nasz Powszedni</i>	Project-Syndicate.pl, 2016

1	<b>Łukasz Andrzej Turski</b>	<i>Kłeska Nauczania Matematyki i Przedmiotów Ścisłych w Polsce w XX wieku. Co można zrobić?</i>	Roczniki Polskiego Towarzystwa Matematycznego. Seria 2: Wiadomości Matematyczne, 2016, v. 52, p. 69-76
2	<b>Łukasz Andrzej Turski</b>	<i>Zrozumieć Świat</i>	POLSKA THE TIMES, 2016, v. 1
3	<b>Łukasz Andrzej Turski, Magdalena Bajer</b>	<i>Edukacyjny Skok Małymi Krokami</i>	ODRA, 2016, v. 10, p. 1-8
4	<b>Łukasz Andrzej Turski, Magdalena Bajer</b>	<i>Nie bójmy się p[romieniotwórczości</i>	Polska the Times, p. 42956
5	<b>Łukasz Andrzej Turski</b>	<i>Prąd Potęgą jest i basta</i>	POLSKA THE TIMES, 2016

Warszawa, 17 marca 2017 r.

Sprawozdanie przyjęte przez Radę Naukową CFT PAN w dniu 17.03.2017r.