

Centrum Fizyki Teoretycznej

Polskiej Akademii Nauk

02-668 Warszawa, Al. Lotników 32/46

REGON 000844815

tel: 847 09 20, tel/fax: 843 13 69

email: cft@cft.edu.pl

SPRAWOZDANIE Z DZIAŁALNOŚCI NAUKOWEJ

CENTRUM FIZYKI TEORETYCZNEJ PAN

w 2000 roku

Centrum Fizyki Teoretycznej PAN prowadzi działalność naukową w pięciu ważnych działach fizyki teoretycznej. Są to:

1. Klasyczna i kwantowa teoria pola,
2. Fizyka atomowa i optyka kwantowa,
3. Klasyczny i kwantowy chaos,
4. Fizyka materii skondensowanej i fizyka statystyczna,
5. Zastosowanie fizyki w biologii i naukach społecznych.

Działalność naukowa pracowników Centrum w 2000 roku realizowana była w ramach działalności statutowej, oraz w ramach **4** projektów badawczych finansowanych przez **KBN**, **2** projektów badawczych finansowanych przez **Fundację Na Rzecz Nauki Polskiej**, **2** zagranicznych projektów badawczych, spośród których jeden finansowany przez **II Fundusz im. Marii Skłodowskiej-Curie**, a drugi projekt przez **5 Program Ramowy Unii Europejskiej**.

W 2000 roku Centrum zatrudniało w przeliczeniu na pełne etaty średniorocznie **14** pracowników, w tym **12** pracowników naukowych.

W 2000 roku pracownicy Centrum opublikowali **35** oryginalnych prac naukowych, z tego **34** prace w czasopismach z tzw. "listy filadelfijskiej", a wśród nich **10** artykułów w **Physical Review** i **3** artykuły w **Physical Review Letters**. Ponadto **27** prac jest wysłanych do publikacji lub znajduje się w druku.

Ważnym elementem współpracy naukowej z zagranicą jest udział pracowników Centrum w **międzynarodowych sympozjach i konferencjach**. W roku 2000 pracownicy Centrum (**33** osoby) wygłosili **13** referatów zaproszonych oraz **20** referatów zwykłych i zaprezentowali **11** posterów na międzynarodowych konferencjach naukowych.

W ramach realizacji współpracy z zagranicą w 2000 r. pracownicy Centrum wyjechali na **55** krótkich zagranicznych pobytów naukowych i konferencyjnych oraz na **4** długoterminowe pobyty naukowe. W 2000 roku Centrum odwiedziło **17** uczonych zagranicznych.

Współpraca z zagranicznymi instytutami naukowymi odgrywa w Centrum zasadniczą rolę w realizacji ustanowionego na dany rok programu naukowego. Zarówno tematy badawcze z zakresu badań statutowych jak i poszczególnych projektów badawczych prowadzone są często przy współudziale uczonych z zagranicy. Centrum realizuje **7** umów o naukowej współpracy bezpośredniej, zawartych przez placówkę z instytutami zagranicznymi. Centrum Fizyki Teoretycznej współpracuje bez podpisania formalnej umowy z **24** placówkami naukowymi. W 2000 roku ukazały się drukiem w międzynarodowych czasopismach naukowych **16** prac naukowych pracowników Centrum, zrealizowanych wspólnie z uczonymi z zagranicznych placówek naukowych.

Współpraca z zagranicą będzie uzupełniona możliwością (od października 2000 roku) szkolenia w Centrum młodych fizyków z zagranicy (doktorantów i młodych doktorów) oraz organizacji przez Centrum międzynarodowych spotkań naukowych w ramach międzynarodowego projektu badawczo-szkoleniowego finansowanego przez **5 Program Ramowy Unii Europejskiej**.

Lista **czasopism zagranicznych** prenumerowanych w 2000 roku przez Centrum obejmowała **7** tytułów. Zakupów najbardziej potrzebnych książek do biblioteki Centrum dokonuje się najczęściej ze środków zdobytych w ramach projektów badawczych.

Centrum posiada lokalną **sieć komputerową** i dostęp do internetu, co znakomicie ułatwia pracę naukową. Baza komputerowa jest systematycznie odnawiana i unowocześniana. Ograniczone zakupy nowego sprzętu komputerowego i modernizacje istniejącego dokonuje się zazwyczaj ze środków zdobytych w ramach projektów badawczych. W 2000 roku Centrum zakupiło **nowoczesną stację roboczą** z oprogramowaniem za środki inwestycyjne przyznane w tym samym roku przez KBN na zakup aparatury naukowo-badawczej.

Bardzo ważnym elementem działalności naukowej Centrum jest udział w funkcjonowaniu **Szkoły Nauk Ścisłych**, niepaństwowej wyższej uczelni powstałej w 1993 roku z inicjatywy środowiska naukowego Instytutów Wydziału III Polskiej Akademii Nauk. Szkoła ta ma od kilku lat uprawnienia do nadawania stopnia magistra. Kadra naukowa Centrum prowadzi zajęcia dydaktyczne w tej Szkole, łącznie około 600 godzin w ciągu roku.

Centrum współuczestniczy w Międzynarodowym Studium Doktoranckim przy Instytucie Fizyki PAN. W 2000 roku spora **grupa młodych fizyków** (7 asystentów i 1 doktorant) kontynuowała w Centrum pracę nad rozprawami doktorskimi, spośród których jedna osoba uzyskała **stopień doktora** (dr Daniel Wójcik). Trzech następnych obron prac doktorskich spodziewać się można w 2001 roku.

Naukowi pracownicy Centrum biorą żywy udział w **popularyzacji wiedzy fizycznej**. Na szczególną uwagę zasługuje działalność prof. Ł. A. Turskiego, który w 2000 roku kontynuował ożywioną działalność publicystyczną i popularyzującą naukę. Opublikował kilkanaście artykułów w czasopiśmie oraz wygłosił wiele wykładów popularnonaukowych w radio. Centrum Fizyki Teoretycznej PAN współuczestniczyło w organizacji **IV Naukowego Pikniku Polskiego Radia BIS**, który ostatnio odbył się w Warszawie 10 czerwca 2000 roku, a Prof. Łukasz A. Turski był Przewodniczącym Komitetu Organizacyjnego.

Wyróżnieniem dla Centrum w 2000 roku było wybranie Prof. Łukasza A. Turskiego na członka KBN w nowej kadencji.

Omówienie najważniejszych wyników naukowych uzyskanych w 2000 r.

1. Fraktale to obiekty, które charakteryzuje geometryczne skalowanie w nieskończenie małych lub dużych skalach. Znane jest ich powstawanie w nierównowagowych procesach w fizyce klasycznej. W mechanice kwantowej fraktale niedawno odkryto w zjawiskach związanych z chaosem kwantowym. W naszej pracy pokazaliśmy, że już najprostsze układy kwantowe, takie jak studnia kwantowa, oscylator harmoniczny i duża klasa układów z potencjałami asymptotycznie potęgowymi dopuszczają istnienie stanów fraktalnych. Podaliśmy ogólną metodę konstrukcji nieznanych dotąd rozwiązań równania Schrödingera obdarzonych strukturą fraktalną. Wyniki opublikowaliśmy w pracy: **D. Wójcik, I. Białynicki-Birula, K. Życzkowski**, *Time evolution of quantum fractals*, **Phys. Rev. Lett.** 85, 5022-5025 (2000).
2. Rozwinęliśmy nowe podejście do dynamiki kondensatu Bosego-Einsteina oparte na przedstawieniu operatora pola atomowego w bazie funkcji własnych jednocząstkowej macierzy gęstości. Metoda stosuje się łatwo tylko do zagadnienia pudła z okresowymi warunkami brzegowymi. Pozwoliło nam to opisać zjawisko foto-assocjacji molekuł z kondensatu (w ten sposób fizycy spodziewają się wytworzyć kondensat molekularny) z uwzględnieniem wielu modów. Wykazaliśmy, że powszechnie stosowany opis dwumodowy nie jest wystarczający. Ta sama metoda zastosowana do izolowanego kondensatu pozwoliła nam opisać zależność od energii zarówno średniego obsadzenia kondensatu, jak i fluktuacji tej liczby dla atomów oddziałujących w pełnym zakresie energii, w szczególności w pobliżu energii krytycznej. Wyniki opublikowaliśmy w pracach: **K. Góral, M. Gajda, K. Rzążewski**, *Multi-mode dynamics of a coupled ultracold atomic-molecular system*, **Phys. Rev. Lett.** 86, 1397-1401 (2001); **K. Góral, M. Gajda, and K. Rzążewski**, *Multimode description of interacting Bose-Einstein condensate*, **Optics Express** 8, 92-98 (2001).
3. W ostatnich badaniach zredukowaliśmy efektywnie przestrzeń symplektyczną danych początkowych dla teorii samograwitującej powłoki masowej. Znaleźliśmy bardzo ładną interpretację geometryczną kanonicznego pędu teorii. Zbadaliśmy problem wyboru czasu i pokazaliśmy, że przejściu od jednej parametryzacji czasowej do innej odpowiada jednoznacznie transformacja kanoniczna. Wyniki te mają istotne znaczenie dla konstrukcji kwantowej wersji teorii grawitacji. Rezultaty opublikowaliśmy w pracy: P. Hájíček,

J. Kijowski, *Spherically symmetric dust shell and the time problem in Canonical Relativity*, **Phys. Rev. D** 62, 044025-1 – 044025-5 (2000).

4. Informatyka kwantowa jest dziedziną gwałtownie rozwijającą się w ostatnich latach. Opisaliśmy i sklasyfikowaliśmy kwantowe stany splątane oraz podaliśmy kryteria wyróżniające te stany. Rozważaliśmy także układy fermionowe mające podstawowe znaczenie przy ewentualnej konstrukcji komputera kwantowego wykorzystującego kropki kwantowe. Podaliśmy wyczerpujący opis geometryczny zbioru stanów splątanych w układzie dwóch q-bitów. Podaliśmy również metody mogące służyć rozszerzeniu otrzymanych wyników na układy o większym wymiarze. Wyniki przedstawiliśmy w pracach: M. Lewenstein, D. Bruss, J. I. Cirac, B. Kraus, **M. Kuś**, A. Sanpera, R. Tarrach, J. Samsonowicz, *Separability and distillability in composite quantum systems - a primer*, **J. Mod. Opt.** 47, 2481 (2000); **M. Kuś**, **K. Życzkowski**, *Geometry of entangled states*, **Phys. Rev. A** (w druku); J. Schliemann, J. I. Cirac, **M. Kuś**, M. Lewenstein, D. Loss, *Quantum Correlations in Two-Fermion Systems*, **Phys. Rev. A** (wysłana do druku).

Opis merytoryczny realizowanych prac wg planu zadaniowo-finansowego

ZADANIE BADAWCZE Nr 1. Klasyczna i kwantowa teoria pola

a) Funkcjonał Wignera dla kwantowego pola elektromagnetycznego

Zastosowano formalizm funkcji Wignera do pełnego pola elektromagnetycznego. Wprowadzony nowy obiekt - funkcyjnał Wignera - dla kwantowego pola elektromagnetycznego ma wiele ciekawych własności i może służyć do innego niż tradycyjny opisu takich zjawisk jak efekt Casimira, ściskanie stanów pola elektromagnetycznego, itp. Wyniki zostały opublikowane w pracy: **I. Białynicki-Birula**, *The Wigner functional of the electromagnetic field*, Optics Communications 179, 237 (2000).

b) Przestrzeń fazowa w fizyce cząstek relatywistycznych

Sformułowano nową koncepcję przestrzeni fazowej w fizyce relatywistycznych cząstek, która radykalnie odbiega od standardowego ujęcia. Dalsze badania zaplanowane w ramach rozpoczynającego się nowego grantu poświęconego tym zagadnieniom pokażą, czy ta nowa koncepcja będzie niosła ze sobą nowe fizyczne wyniki. Pracę wysłano do publikacji: **I. Białynicki-Birula**, *Canonical quantization and the relativistic wave equations* (w druku).

c) Pojęcie czasu w fizyce kwantowej

Omówiono fundamentalne problemy związane z pojęciem czasu w fizyce kwantowej. Zwrócono uwagę na ważny fakt niemożności zdefiniowania operatorów pola dla ostro zdefiniowanej chwili czasu. Wyniki zostały wysłane do publikacji: **I. Białynicki-Birula**, *Lessons on time and on causality from quantum field theory* (w druku).

d) Hamiltonowska konstrukcja tzw. masy Bondi'ego

Znaleziono konsyistentną, hamiltonowską konstrukcję tzw. masy Bondi'ego w Ogólnej Teorii Względności oraz uogólnienie tej teorii na wszystkie generatory asymptotycznej grupy Poincaré'go (tzn. pęd, moment pędu oraz moment statyczny). Znaleziono proste wzory na natężenie wypromieniowania tych wielkości. Teoria ta została opisana w przesłanej do druku monografii: P. T. Chruściel, J. Jezierski, **J. Kijowski**, "A Hamiltonian framework for field theories in the radiating regime", 107 stron, wysłane do Springer Lecture Notes in Physics.

e) Nowa transformacja kanoniczna dla teorii grawitacji

Zredukowano efektywnie przestrzeń symplektyczną danych początkowych dla teorii samograwitującej powłoki masowej. Znaleziono bardzo ładną interpretację geometryczną kanonicznego pędu teorii. Zbadano problem wyboru czasu i pokazano, że przejściu od jednej

parametryzacji czasowej do innej odpowiada jednoznacznie transformacja kanoniczna. Wyniki te mają istotne znaczenie dla konstrukcji kwantowej wersji teorii grawitacji. Wyniki zostały opublikowane w pracy: P. Hájíček, **J. Kijowski**, *Spherically symmetric dust shell and the time problem in Canonical Relativity*, **Phys. Rev. D** 62 (2000) p. 044025-1 – 044025-5.

f) Analiza pola Maxwella w pobliżu poruszającej się cząstki multipolowej

Znaleziono rozwinięcie asymptotyczne pola Maxwella w pobliżu poruszającej się dowolnie cząstki multipolowej. W tym celu opracowano specjalny program komputerowy – oparty na języku rachunków symbolicznych Maple V – pozwalający na badanie tego rozwinięcia w dowolnym rzędzie. Choć wynik ten ma istotne znaczenie np. dla teorii Diraca z 1938 roku, nigdy dotąd nie został uzyskany ze względu na ogromne komplikacje obliczeniowe. Zaproponowane przez nas podejście jest pierwszym, które pozwala na efektywną analizę. Wyniki zostały opublikowane w pracy: M. Kościelecki, **J. Kijowski**, *Asymptotic expansion of the Maxwell field in a neighbourhood of a multipole particle*, **Acta. Phys. Polon. B** 31 (2000) p. 1691 – 1707.

Opracowano stosunkowo prostą, algebraiczną metodę rekurencyjnego wyliczania członów osobliwych (nieregularnych) pola Maxwella w otoczeniu dowolnie poruszającej się cząstki multipolowej. I tutaj udało się opracować program komputerowy rachunków symbolicznych, realizujący zaproponowany algorytm. Otrzymane wyniki mają istotne znaczenie jako test poprawności wyżej wspomnianej metody: w tamtym, niezwykle skomplikowanym algorytmie znaczna większość otrzymanych członów to człony osobliwe. Uzyskanie ich na zupełnie innej, dużo prostszej drodze pozwoliło na ostateczne wyczyszczenie i dopracowanie tamtego algorytmu. Wyniki zostały opublikowane w pracy: **J. Kijowski**, M. Kościelecki, *Algebraic description of the Maxwell field singularity in a neighbourhood of a multipole particle*, **Rep. Math. Phys.** (w druku). Praca ta ukazała się jako preprint Instytutu Maxa Plancka w Lipsku (Niemcy) w 2000 r.

g) Opis horyzontów izolowanych w kanonicznym sformułowaniu ogólnej teorii względności

Zaproponowano nowy opis geometrii frontów świetlnych w ogólnej teorii względności. Pokazano w jaki sposób sformułować dla takich powierzchni tzw. Tożsamości Gaussa-Codazzi'ego. Wyniki zastosowano do opisu tzw. horyzontów izolowanych w kanonicznym sformułowaniu ogólnej teorii względności. Wyniki zostały opublikowane w pracy: J. Jezierski, **J. Kijowski**, E. Czuchry, *Geometry of null-like surfaces in General Relativity and its application to dynamics of gravitating matter*, **Rep. Math. Phys.** 46 (2000) p. 397 – 418.

ZADANIE BADAWCZE Nr 2. Fizyka atomowa i optyka kwantowa

a) Paczki trojańskie

Zostało pokazane istnienie paczek trojańskich (stabilnych, niestacjonarnych stanów atomowych) w układzie złożonym z atomu i wnęki rezonansowej. Dzięki spontanicznemu łamaniu symetrii we wnęce powstaje stan trojański mający bardzo ciekawe własności, w szczególności oddziaływanie elektronu i skwantowanych modów pola prowadzi do silnego ściśnięcia pola elektromagnetycznego. Wyniki opublikowano w pracy: **P. Kochański, Z. Białynicka-Birula, I. Białynicki-Birula**, “*Squeezing of electromagnetic field in a cavity by electrons in Trojan states*”, **Phys. Rev. A** 63, 013811-1 (2000).

b) Dynamika kondensatu Bosego-Einsteina

Rozwinęliśmy nowe podejście do dynamiki kondensatu Bosego-Einsteina oparte na przedstawieniu operatora pola atomowego w bazie funkcji własnych jednocząstkowej macierzy gęstości. Metoda stosuje się łatwo tylko do zagadnienia pudła z okresowymi warunkami brzegowymi. Pozwoliło nam to opisać zjawisko foto-asocjacji molekuł z kondensatu (w ten sposób fizycy spodziewają się wytworzyć kondensat molekularny) z uwzględnieniem wielu modów. Wykazaliśmy, że powszechnie stosowany opis dwumodowy nie jest wystarczający. Ta sama metoda zastosowana do izolowanego kondensatu pozwoliła nam opisać zależność od energii zarówno średniego obsadzenia kondensatu, jak i fluktuacji tej liczby dla atomów oddziałujących w pełnym zakresie energii, w szczególności w pobliżu energii krytycznej. Wyniki opublikowano w pracach: **K. Góral, M. Gajda, K. Rzążewski**, *Multi-mode dynamics of a coupled ultracold atomic-molecular system*, **Phys. Rev. Lett.** 86, 1397-1401 (2001); **K. Góral, M. Gajda, and K. Rzążewski**, *Multimode description of interacting Bose-Einstein condensate*, **Optics Express** 8, 92-98 (2001).

c) Stabilność układu fermionów w temperaturze zera bezwzględnego

Zbadaliśmy stabilność układu dipolowo oddziałujących fermionów w temperaturze zera bezwzględnego. Posłużyliśmy się przybliżeniem Thomasa-Fermiego. Wykazaliśmy, że w pułapce w kształcie odpowiednio płaskiego dysku układ jest zawsze stabilny. Wyniki opublikowano w pracy: **K. Góral, B-G. Englert, K. Rzążewski**, *Semiclassical theory of trapped fermionic dipoles*, **Phys. Rev. A** 63, 033606-1 do 033606-8 (2001).

d) Jonizacja atomu silnym impulsem światła nadfioletowego

Zbadaliśmy zjawisko generacji wyższych harmonicznnych w procesie jonizacji atomu silnym impulsem światła w zakresie częstości nadfioletowych. Okazuje się, że wbrew temu, co wynika z ekstrapolacji prawidłowości dla światła widzialnego, układ produkuje wydajnie wyższe harmoniczne. Do modelowania zjawiska posłużyliśmy się jednowymiarowym modelem Thomasa-Fermiego. Wyniki opublikowano w pracach: **M. Brewczyk**,

K. Rzażewski, *Beyond the simple man's model for high harmonic generation*, *Super Intense Laser-Atom Physics*, Eds. B. Piraux, **K. Rzażewski**, Kluwer Academic Publishers (w druku);
M. Brewczyk, **K. Rzażewski**, *Interaction of multielectron atom with intense VUV free electron laser*, **J. Phys. B** (wysłano do druku).

ZADANIE BADAWCZE Nr 3. Klasyczny i kwantowy chaos

a) Fraktale w mechanice kwantowej

Fraktale to obiekty, które charakteryzuje geometryczne skalowanie w nieskończenie małych lub dużych skalach. Znane jest ich powstawanie w nierównowagowych procesach w fizyce klasycznej. W mechanice kwantowej fraktale niedawno odkryto w zjawiskach związanych z chaosem kwantowym. W naszej pracy pokazaliśmy, że już najprostsze układy kwantowe, takie jak studnia kwantowa, oscylator harmoniczny i duża klasa układów z potencjałami asymptotycznie potęgowymi dopuszczają istnienie stanów fraktalnych. Podaliśmy ogólną metodę konstrukcji nieznanych dotąd rozwiązań równania Schrödingera obdarzonych strukturą fraktalną. Wyniki opublikowano w pracy: **D. Wójcik I. Białynicki-Birula, K. Życzkowski**, *Time evolution of quantum fractals*, **Phys. Rev. Lett.** 85, 5022 (2000).

b) Kwantowe stany splątane a informatyka kwantowa

Informatyka kwantowa jest dziedziną gwałtownie rozwijającą się w ostatnich latach. Opisaliśmy i sklasyfikowaliśmy kwantowe stany splątane oraz podaliśmy kryteria wyróżniające te stany. Rozważaliśmy także układy fermionowe mające podstawowe znaczenie przy ewentualnej konstrukcji komputera kwantowego wykorzystującego kropki kwantowe. Podaliśmy wyczerpujący opis geometryczny zbioru stanów splątanych w układzie dwóch q-bitów. Podaliśmy również metody mogące służyć rozszerzeniu otrzymanych wyników na układy o większym wymiarze. Wyniki przedstawiliśmy w pracach: M. Lewenstein, D. Bruss, J. I. Cirac, B. Kraus, **M. Kuś**, A. Sanpera, R. Tarrach, J. Samsonowicz, *Separability and distillability in composite quantum systems - a primer*, **J. Mod. Opt.** 47, 2481 (2000); **M. Kuś, K. Życzkowski**, *Geometry of entangled states*, **Phys. Rev. A** (w druku); J. Schliemann, J. I. Cirac, **M. Kuś**, M. Lewenstein, D. Loss, *Quantum Correlations in Two-Fermion Systems*, **Phys. Rev. A** (wysłana do druku).

c) Oddziaływania między podukładami chaotycznego układu dynamicznego

Podano metodę badania i klasyfikacji oddziaływań między podukładami chaotycznego układu dynamicznego. Wyniki pozwalają określić na podstawie pomiarów wielkości (zmiennych dynamicznych) charakteryzujących każdy z podukładów, czy i jak podukłady te oddziałują. Ma to znaczenie nie tylko w zastosowaniach fizycznych, ale również w innych dziedzinach, gdzie analizuje się serie pomiarów czasowych (układy biologiczne etc.). Obecnie wraz z fizykami z Instytutu Fizyki PAN (doc. dr L. Sirko) badamy stosowalność metody w układach doświadczalnych układach elektronicznych. Wyniki opublikowano: **D. Wójcik, A. Nowak, M. Kuś**, *Extracting dynamics of interaction*, **Phys. Rev. E** (w druku).

d) Własności spektralne kwantowych układów chaotycznych

Kontynuowano badania dotyczące własności spektralnych kwantowych układów

chaotycznych. Sformułowano geometryczną teorię dynamiki poziomów energetycznych dla takich układów, w szczególności dla układów z dyssypacją, kiedy to propagator układu kwantowego nie jest macierzą unitarną. Podstawowym problemem jest powiązanie uniwersalnych własności widm kwantowych układów chaotycznych i regularnych z odpowiednimi własnościami zespołów macierzy stochastycznych. Pokazano jak związek ten można ustalić na podstawie dynamiki poziomów energetycznych, przy wykorzystaniu przejścia do granicy klasycznej. Wyniki opublikowano w pracach: A. Huckleberry, D. Zaitsev, **M. Kuś**, F. Haake, *A symplectic context for level dynamics*, **J. Geom. Phys.** 37, 156 (2000); P. Braun, S. Gnutzmann, F. Haake, **M. Kuś**, **K. Życzkowski**, *Level Dynamics and Universality of Spectral Fluctuations*, **Phys. Rev. E** (wysłane do druku).

e) Odwzorowania za pomocą map kwantowych i stanów koherentnych

Z prowadzonych od kilku lat badań nad stanami koherentnymi dla grup $SU(N)$ oraz badań nad mapami kwantowymi wywodzi się praca dotycząca konstrukcji klasycznych całkowalnych odwzorowań otrzymywanych za pomocą map kwantowych przy wykorzystaniu stanów koherentnych. Wyniki opublikowano w pracy: A. Okniński, **M. Kuś**, *Exactly linearizable maps and coherent states*, **J. Phys. A: Mat. Gen.** 33, 8917 (2000).

f) Entropia topologiczna i entropia dynamiczna

Zbadanie zależności entropii topologicznej od podziału przestrzeni fazowej. Otrzymane wyniki mają duże znaczenie przy eksperymentalnym szacowaniu entropii topologicznej z szeregów czasowych i pokazują, na ile takie oszacowanie zaniża wynik. Wyniki opublikowano w pracy: E. M. Bollt, T. Stanford, Y.-C. Lai, **K. Życzkowski**, *Validity of threshold-crossing analysis of symbolic dynamics from chaotic time series*, **Phys. Rev. Lett.** 85, 3524-3527 (2000).

Skonstruowano entropię dynamiczną dla układów klasycznych z zaburzeniem stochastycznym. W granicy deterministycznej zaproponowana wielkość dąży do entropii Kołmogorowa-Synaja. Wyniki opublikowano w pracy: A. Ostruszka, P. Pakoński, W. Słomczyński, **K. Życzkowski**, *Dynamical entropy for systems with stochastic perturbation*, **Phys. Rev. E** 62, 2018-2029 (2000).

g) “Diabelskie schody” opisujące wymiar fraktalny atraktora

Przeprowadzono analizę osobliwej (nieróżniczkowalnej) zależności wymiaru fraktalnego atraktora przy zmianie parametrów układu. Na prostym przykładzie osobliwego atraktora udowodniono, że zależność wymiaru fraktalnego od parametru układu ma charakter “diabelskich schodów”. Wyniki opublikowano w pracy: **K. Życzkowski**, Y.-C. Lai, *Devil-*

staircase behaviour of dynamical invariants in chaotic scattering, **Physica D** 142, 197-216 (2000).

h) Nieodwracalne paraboliczne odwzorowania na torusie

Zbadano własności nieodwracalnych parabolicznych odwzorowań na torusie. Wyniki opublikowano w pracy: P. Ashwin, X.-C. Fu, T. Nishikawa, **K. Życzkowski**, *Invariant sets for discontinuous parabolic area-preserving torus maps*, **Nonlinearity** 13, 819-83 (2000).

i) Unitarne macierze losowe

Rozwiązanie problemu gęstości widma obcięć unitarnych macierzy losowych. Obliczono rozkłady gęstości wartości własnych takich macierzy i wskazano na związek z rzutowaniem na mniejszą podprzestrzeń. Wyniki opublikowano w pracy: **K. Życzkowski**, H-J. Sommers, *Truncations of random unitary matrices*, **J. Phys. A** 33, 2045-2057 (2000).

ZADANIE BADAWCZE Nr 4.

Fizyka materii skondensowanej i fizyka statystyczna

a) Dyfuzja na powierzchniach rzeczywistych kryształów

Metodą symulacji Monte-Carlo zbadano dyfuzję monowarstwy atomowej zaadsorbowanej na powierzchni kryształu o strukturze heksagonalnej w niskiej i wysokiej temperaturze przy założeniu dwóch różnych energii aktywacji. Zbadano także powierzchniową dyfuzję cząsteczek tlenu na powierzchni W(110). Prace wykonano częściowo w ramach projektu badawczego KBN Nr 2P03B 117 12. Wyniki ujęte zostały w kilku publikacjach: M. Załuska-Kotur, St. Krukowski, Z. Romanowski, **Ł.A. Turski**, *Spreading of step like density profiles in interacting lattice gas on hexagonal lattice*, Surf. Sci. 457, 357 (2000); M. Załuska-Kotur, A. Łusakowski, St. Krukowski, Z. Romanowski, **Ł.A. Turski**, *Chemical Surface diffusion analysis by the time evolution of the density profile. Monte-Carlo simulations*, Vacuum (2001), w druku; M. Załuska-Kotur, St. Krukowski, **Ł.A. Turski**, *Driven Diffusion in a Model of the O/W(110) System*, w NATO ASI SERIES on Collective Diffusion Coefficients under Non-equilibrium Conditions 2000 (w druku); M. Załuska-Kotur, St. Krukowski, Z. Romanowski, **Ł.A. Turski**, *Collective diffusion of O atoms on W(110) surface*, w DIMAT 20 proceedings Paris 2000, in press.

b) Zastosowanie nawiasów Diraca do opisu dynamiki układów z więzami

Rozwinięto formalizm nawiasów Diraca do opisu dynamiki układów klasycznych w obecności więzów. Wyniki są zawarte w publikacji: **Sonnet Nguyen, Ł. A. Turski**, *Examples of the Dirac approach to dynamics of systems with constraints*, Physica A 290 lub 291, (2001), w druku.

c) Struktura topologiczna dwuskładnikowych kondensatów Bosego-Einsteina

Zbadano i sklasyfikowano strukturę topologiczną dwuskładnikowych kondensatów Bosego-Einsteina. Wykazano znaczenie skończonego zasięgu oddziaływania. Wyniki opublikowano w pracy: M. Trippenbach, **K. Góral, K. Rzążewski**, B. Malomed, Y.B. Band, *Structure of binary Bose-Einstein condensates*, special issue of **Journal of Physics B on Coherent Matter Waves** 33, 4017-4031 (2000).

d) Temperaturowa zależność częstości własnych kondensatu Bosego-Einsteina

Zbadaliśmy zależność od temperatury częstości własnych kondensatu w równowadze z chmurą termiczną w całym zakresie temperatur. Skorzystaliśmy z prostego modelu dwugazowego. Okazuje się, że w funkcji temperatury pojawiają się antyskrzyżowania.

Wyniki opublikowano w pracy: **R. Bach**, M. Brewczyk, **K. Rzażewski**, *Finite temperature oscillations of a Bose-Einstein condensate in a two-gas model*, **Phys. Rev. A** (wysłano do druku).

e) Rentgenowskie widma absorpcyjne stopów nanokrystalicznych

Obliczono widma absorpcyjne XANES i EXAFS metodą rozprożeń wielokrotnych elektronów i porównano z eksperymentem dla Fe_3Si i stopów nanokrystalicznych na bazie żelaza $\text{Fe}_{73.5}\text{Cu}_1\text{Nb}_3\text{Si}_{15.5}\text{B}_7$ i $\text{Fe}_{66}\text{Cr}_8\text{Cu}_1\text{Nb}_3\text{Si}_{13}\text{B}_9$. Obliczenia teoretyczne pozwoliły zinterpretować wyniki eksperymentalne, a zwłaszcza zaskakujące obserwacje, że w stopach nanokrystalicznych zawierających ziarna krystaliczne FeSi_x amplitudy oscylacji EXAFS są silniejsze niż w związku Fe_3Si . Pracę tę wykonano częściowo w projekcie badawczym KBN Nr 2 P03B 103 14. Wyniki są zawarte w publikacji: **E. Sobczak**, Y. Swilem, N. N. Dorozhkin, R. Nietubyć, P. Dłużewski, A. Ślawska-Waniewska, *X-ray absorption studies of Fe-based nanocrystalline alloys*, **J. Alloys and Compounds** (w druku).

f) Samozorganizowane kropki kwantowe CdTe w ZnTe

Badano próbki wielowarstwowych kropek kwantowych CdTe samozorganizowanych w matrycy ZnTe otrzymanych metodą MBE w Instytucie Fizyki PAN. Wykonano pomiary rozproszenia niskokątowego promieni rentgenowskich przy użyciu synchrotronu w Hamburgu. Otrzymano, że ilość kropek kwantowych rośnie silnie wraz ze zmniejszaniem się odległości między warstwami kropek. W rozproszeniu niskokątowym zaobserwowano interferencje związane z samoorganizacją kropek na płaszczyznach (001). Pracę tę wykonano częściowo w granicie Nr 2 P03B 103 14. Wyniki są zawarte w publikacji: R. Nietubyć, **E. Sobczak**, J.B. Pełka, S. Maćkowski, E. Janik, G. Karczewski, G. Goerigk, *Anomalous small angle x-ray scattering study of CdTe quantum dots in ZnTe*, **J. Alloys and Compounds** (w druku).

ZADANIE BADAWCZE Nr 5. Zastosowanie fizyki w biologii i naukach społecznych

a) Zastosowanie metod symulacyjnych do analizy procesu uczenia się języka przez dzieci

Zbadano i przedyskutowano podstawy logiczne i metodologiczne zastosowania metod statystycznych i symulacyjnych procesu uczenia się i przyswajania języka przez dzieci. Na podstawie badań przeprowadzonych przez autorów pracy oraz lingwistów próbowano określić, które z aspektów języka (struktura syntaktyczna, semantyczna, znaczenie) mogą być wyjaśnione poprzez model symulacyjny. Wyniki są zawarte w publikacji: **P. Kochański**, A. Nowak, P. W. Culicover, W. Borkowski, *On computational Simulations of the Acquisition of Natural Language Syntax*, **Psychology of Language and Communication** (2001) (w druku).

b) Symulacja koordynacji indywidualnych decyzji ekonomicznych

Zbadano model, w którym indywidualne decyzje ekonomiczne poszczególnych osób na danym obszarze, na które to decyzje mają wpływ interakcje z innymi osobami, powodują nierównomierność rozwoju na poziomie poszczególnych obszarów kraju. Wyniki opublikowano w pracy: A. Nowak, **M. Kuś**, J. Urbaniak, T. Zarycki, *Simulating the coordination of individual economic decisions*, **Physica A** 287, 613 (2000).

Wykaz projektów badawczych realizowanych w CFT PAN w 2000 r.

Wykaz projektów badawczych KBN

Kierownik	Temat	Nr projektu	Okres od-do
prof. I. Białynicki-Birula	Własności promieniowania elektromagnetycznego emitowanego przez układy kwantowe poddane rotacji	2 P03B 043 13	1997-2000
prof. K. Rzążewski	Własności bardzo zimnych atomów	2 P03B 057 15	1998-2000
prof. J. Kijowski	Problemy brzegowe elektrodynamiki i ogólnej teorii względności a związek równań ruchu z równaniami pola	2 P03A 047 15	1998-2001
doc. K. Życzkowski	Kwantowe splątanie i geometria przestrzeni stanów kwantowych	2 P03B 072 19	2000-2003

Wykaz projektów badawczych "Subsydia dla Uczonych"

Fundacji Na Rzecz Nauki Polskiej realizowanych w CFT PAN w 2000 r.

Kierownik	Temat	Okres od-do
prof. J. Kijowski	Teorie podstawowych oddziaływań materii i ich aparat matematyczny	1999-2002
prof. K. Rzążewski	Optyka kwantowa i optyka atomów	1999-2002

Wykaz zagranicznych projektów badawczych realizowanych w CFT PAN w 2000 r.

Kierownik	Temat	Nr projektu	Okres od-do
prof. K. Rzążewski	Wybrane zagadnienia fizyki teoretycznej	PAN/NIST-98-340	1999-2001
prof. K. Rzążewski	Otrzymywanie i zastosowania kwantowo-zdegenerowanych zimnych gazów atomowych i molekularnych	HPRN-CT-2000-00125	2000-2004

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 2000 roku ukazały się drukiem w międzynarodowych czasopismach naukowych 16 prac naukowych pracowników Centrum, zrealizowanych wspólnie z uczonymi z zagranicznych placówek naukowych.

Ważnym elementem współpracy naukowej z zagranicą jest udział pracowników Centrum w międzynarodowych sympozjach i konferencjach. W roku 2000 pracownicy Centrum wygłosili 11 referatów plenarnych na międzynarodowych konferencjach naukowych.

W ramach realizacji współpracy w 2000 r. pracownicy Centrum wyjechali na 55 krótkich zagranicznych pobytów naukowych i konferencyjnych oraz na 4 długoterminowe pobyty naukowe, z których 1 jest kontynuowany w 2001 r. W 2000 roku Centrum odwiedziło 17 uczonych zagranicznych.

Centrum realizuje 7 umów o naukowej współpracy bezpośredniej, zawartych przez placówkę z instytucjami zagranicznymi:

a) umowa o współpracy zawarta z Uniwersytetem w Essen (Niemcy). W ramach umowy realizowany jest temat badawczy " **Dynamika nieliniowa**". Koordynatorem współpracy ze strony polskiej jest prof. M. Kuś, a ze strony niemieckiej prof. F. Haake. Współpraca w roku 2000 poświęcona była badaniom chaosu kwantowego, zjawisk nieliniowych w optyce i fizyce atomowej oraz podstaw informatyki kwantowej. We współpracy prof. Marka Kusia i doc. Karola Życzkowskiego z grupą prof. Fritza Haake (Uniwersytet w Essen) badano dynamikę poziomów energetycznych w kwantowych układach chaotycznych i jej uniwersalne właściwości. Wyniki zawarto w publikacji [1]. Kontynuowano badania nad stanami koherentnymi i funkcjami Wignera dla grup SU(N) (praca S. Gnutzmanna i M. Kusia w fazie przygotowania). W ramach tej współpracy, w dziedzinie informatyki kwantowej, K. Życzkowski i H.-J. Sommers zbadali własności miar na zbiorze stanów mieszanych [2]. W tej samej dziedzinie prof. M. Kuś, we współpracy z grupą prof. M. Lewensteina zajmował się problemami separowalności i destylowalności dla stanów mieszanych. W pracy [3] podano

szereg kryteriów pozwalających na badanie tych własności stanów. W grupie prof. Kazimierza Rzażewskiego, której współpracownikami ze strony niemieckiej byli prof. B.-G. Englert, prof. T. Pfau i dr. L. Santos, badano nieliniowe zjawiska w atomowym kondensacie Bosego-Einsteina oraz zimnym gazie fermionowym, w szczególności roli oddziaływań dipol-dipol. Rezultaty zawarto w pracach [4] i [5] oraz w będącej w zaawansowanym stadium pracy (z L. Santosem) nt. częstości oscylacji w takim gazie.

Przebywający w Polsce goście niemieccy wygłosili szereg seminariów w Centrum Fizyki Teoretycznej PAN: dr S. Gnutzmann nt. granicy klasycznej w układach atomów wielopoziomowych, prof. T. Pfau nt. najnowszych doświadczeń nad wzmacnianiem fal materii, prof. B.-G. Englert nt. własności stanów splątanych, dr. L. Santos nt. solitonów i wirów w binarnym kondensacie Bosego-Einsteina oraz nt. chłodzenia laserowego.

W czasie pobytu w Niemczech prof. M. Kuś przedstawił wykład nt. porównania klasycznej i kwantowej ewolucji układów chaotycznych wzbudzanych impulsowo, a doc. K. Życzkowski nt. geometrii stanów splątanych.

Wspólne publikacje:

- [1] P. Braun, S. Gnutzmann, F. Haake, M. Kuś, K. Życzkowski, "Level Dynamics and Universality of Spectral Fluctuations", Phys. Rev. E, - wysłane do druku.
- [2] K. Życzkowski, H.-J. Sommers, "Induced measures in the space of mixed quantum states" J. Phys. A - wysłane do druku.
- [3] M. Lewenstein, D. Bruss, J. I. Cirac, B. Kraus, M. Kus, A. Sanpera, R. Tarrach, J. Samsonowicz, "Separability and distillability in composite quantum systems -primer", J. Mod. Opt. 47, 2481 (2000).
- [4] K. Góral, K. Rzażewski, T. Pfau, "Bose-Einstein condensate with magnetic dipole-dipole forces, Phys. Rev. A 61, 051601(R), (2000)
- [5] K. Góral, B-G Englert, K. Rzażewski, "Semiclassical theory of trapped fermionic dipoles, Phys. Rev. A 63, 033606-1 do 033606-8 (2001).

b) umowa o współpracy zawarta z Uniwersytetem w Lipsku. W ramach umowy realizowany jest temat badawczy "**Fizyka matematyczna**". Koordynatorem współpracy ze strony polskiej jest prof. J. Kijowski, a ze strony niemieckiej - prof. G. Rudolph. W ramach współpracy całą funkcjonalną dla elektrodynamiki kwantowej wyrażono poprzez bozonowe niezmienniki pola. W ten sposób otrzymano pewną wersję efektywnej teorii pola wielkości fizycznych niezmienniczych względem cechowania. Wykazano, że w teoria ta prawidłowo

opisuje takie wielkości fizyczne jak propagator prąd – prąd oraz anomalię chiralną. Wyniki opublikowano w pracy: **J. Kijowski**, G. Rudolph, M. Rudolph, *Towards an Effective Field Theory of QED*, Acta Phys. Polon. B 31 (2000) p. 847 – 861.

c) umowa o współpracy zawarta z Service des Atoms, Photons et Molecules, Centre d'Etudes de Saclay, Francja. W ramach umowy realizowany jest temat badawczy "**Metody hydrodynamiczne w zastosowaniu do cieczy fermionowych i bozonowych**". Koordynatorem współpracy ze strony polskiej jest prof. K. Rzażewski, a ze strony francuskiej dr Thomas Blenski. W ramach współpracy rozwinięto dwuwymiarowy hydrodynamiczny model gazu elektronowego oddziałującego z silnym polem laserowym. Model ten zastosowano do opisu eksplozji kulombowskiej dwu- i trójatomowych cząsteczek indukowanej silnym impulsem laserowym. Otrzymane wyniki potwierdziły, że przyczyną defektu energii kinetycznej fragmentów eksplozji jest efekt dynamicznego ekranowania eksplodujących jonów atomowych. W modelu 2D (w przeciwieństwie do 1D) paczka elektronowa może rozplýwać się w kierunku prostopadłym do pola elektrycznego liniowo spolaryzowanego impulsu. Pomimo tej możliwości, efekt ekranowania występuje. Model 2D pozwala zrozumieć zjawisko orientowania dwuatomowych cząsteczek przez liniowo spolaryzowany impuls. Okazuje się, że nawet dla lżejszych cząsteczek orientowanie nie jest procesem natychmiastowym, lecz raczej współistniejącym z procesem rozpadu cząsteczki i jest rezultatem sił "ściągających" jony, których źródłem są elektrony oscylujące w kierunku pola elektrycznego. Model 2D pozwala również zbadać oddziaływanie układu z silnym impulsem światła spolaryzowanego kołowo. W tym przypadku odkryto, że energie kinetyczne fragmentów eksplozji są porównywalne z energiami uzyskanymi, gdy impuls jest spolaryzowany liniowo (ten wynik zgadza się z przeprowadzonymi ostatnio doświadczeniami). Musi być jednak spełniony warunek, że natężenie pola elektrycznego (a nie natężenie światła) ma tę samą wartość w obu przypadkach. Wyniki opublikowano w pracy: M. Brewczyk, K. Rzażewski, "Multielectron dissociative ionization of molecules by strong femtosecond pulses", Phys. Rev. A 61, 023412 (2000).

d) umowa o współpracy zawarta z Uniwersytetem Alberta, Kanada. Realizowany jest projekt badawczy "**Fizyka statystyczna materii skondensowanej i powierzchni**". Koordynatorem współpracy ze strony polskiej jest prof. Ł.A. Turski, zagranicznym jest prof. Z.W. Gortel.

e) umowa o współpracy zawarta z Institute for Fysik, Norwegian University for Science and Technology, Trondheim, Norwegia. Realizowany jest projekt badawczy "**Fizyka statystyczna przejść fazowych i układów nieuporządkowanych**". Koordynatorem współpracy ze strony polskiej jest prof. Ł.A. Turski, a zagranicznymi są prof. P.C. Hemmer i prof. E.H. Hauge.

W 2000 roku współpraca Centrum Fizyki Teoretycznej PAN z Instytutem Fizyki Uniwersytetu w Trondheim ograniczona była do intensywnej wymiany informacji o prowadzonych w obu ośrodkach badaniach nad problemami dynamiki cząstek kwantowych w przypadkowych polach magnetycznych i w polu defektów topologicznych. Kontynuowano również badania nad dynamiką ośrodków ciągłych w obecności więzów Diraca. Współpraca w 2000 roku nie wymagała bezpośredniej obecności osób współpracujących.

f) umowa o współpracy zawarta z National Institute of Standards and Technology (NIST) w Gaithersburg, USA dotyczy projektu badawczego pt. "**Wybrane zagadnienia fizyki teoretycznej**". Koordynatorem współpracy ze strony polskiej jest prof. K. Rzążewski, zagranicznym dr Charles Clark. Projekt jest finansowany przez II Fundusz im. Marii Skłodowskiej-Curie na lata 1999-2001. W ramach współpracy zbadano zjawisko generacji wyższych harmonicznych w procesie jonizacji atomu silnym impulsem światła w zakresie częstości nadfioletowych. Okazało się, że wbrew temu, co wynika z ekstrapolacji prawidłowości dla światła widzialnego, układ produkuje wydajnie wyższe harmoniczne. Do modelowania zjawiska posłużono się jednowymiarowym modelem Thomasa-Fermiego. Zbadano także zależność od temperatury częstości własnych kondensatu Bosego-Einsteina w równowadze z chmurą termiczną w całym zakresie temperatur. Skorzystano z prostego modelu dwugazowego. Okazało się, że w funkcji temperatury pojawiają się antyskrzyżowania. Wspólne publikacje: M. Brewczyk and K. Rzążewski, *Beyond the simple man's model for high harmonic generation, Super Intense Lase-Atom Physics*, Eds. B. Piraux, K. Rzążewski, Kluwer Academic Publishers (in press); M. Brewczyk, K. Rzążewski, *Interaction of multielectron atom with intense VUV free electron laser*, J. Phys. B (wysłane do druku); R. Bach, M. Brewczyk, K. Rzążewski, *Finite temperature oscillations of a Bose-Einstein condensate in a two-gas model*, Phys. Rev. A (wysłane do druku).

g) umowa o współpracy zawarta z University of Salamanca, Hiszpania, dotyczy projektu badawczego pt. "**Optyka kwantowa**". Koordynatorem współpracy ze strony polskiej jest prof. K. Rzążewski, zagranicznym prof. Luis Roso. Współpraca dotyczy różnych aspektów

oddziaływania krótkiego silnego impulsu laserowego z materią, dynamiki oddziaływania atomowych paczek falowych z rzeczywistymi wiązkami laserowymi i wytwarzania ultrakrótkich impulsów promieniowania elektromagnetycznego w zakresie attosekund poprzez oddziaływanie krótkiego superintensywnego impulsu światła z powierzchnią ciała stałego. Wspólne publikacje: K. Rzażewski, L. Plaja, L. Roso, and D. von der Linde, *Probe-field Reflection on a Plasma Surface driven by a Strong Electromagnetic Field*, Journal of Physics B 33, 2549 (2000); L. Roso, L. Plaja, K. Rzażewski, and D. von der Linde, *Beyond the moving mirror model: Attosecond pulses from relativistically moving plasma*, Laser and Particle Beams (w druku).

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

- 1) Oxford University, London, Anglia;
- 2) Instytut Fizyki Teoretycznej, Uniwersytet Aarhus, Aarhus, Dania;
- 3) Universite Marseille-Luminy, Department de Physique, Marseille, Francja;
- 4) Universite de Tours, Francja;
- 5) Universite M. et P. Curie (Paris VI), Francja;
- 6) l'Ecole Normale Superieure, Paris, Francja;
- 7) Inst. Teor. Physik, Heinrich Heine Universitt, Dsseldorf, Niemcy;
- 8) Institut fr Festkrperforschung Jlich KFA, Jlich, Niemcy;
- 9) Laboratorium Synchrotronowe HASYLAB przy Deutsches Elektronen-Synchrotron (DESY), Hamburg, Niemcy;
- 10) Max Planck Institut fuer Physik Komplexer Systeme, Drezno, Niemcy;
- 11) Ruhr-Universitt Bochum, Niemcy;
- 12) Universitt Hannover, Niemcy;
- 13) Universitt Potsdam, Niemcy;
- 14) Universitt Ulm, Abteilung fr Quantenphysik, Ulm, Niemcy;
- 15) Instytut Fizyki Oglnej Rosyjskiej Akademii Nauk, Moskwa, Rosja;
- 16) Universitt Bern, Bern, Szwajcaria;
- 17) Instytut Fizyki Uniwersytetu w Sztokholmie, KSzAN, Szwecja;
- 18) Chernovtsy State University, Chernovtsy, Ukraina;
- 19) NIST, Gaithersburg, MD, USA;
- 20) University of New Mexico, Department of Physics and Astronomy, Albuquerque, USA;

- 21) Uniwersytet Arizona, USA;
- 22) Reszecske-es Magfizikai Kutatointezet Elmeleti Foosztaly MTA KFKI, Budapeszt, Węgry;
- 23) Universita degli Studo di Milano, Istituto di Fisica, Istituto di Matematica, Mediolan, Włochy;
- 24) Politecnico di Milano, Dipartimento di Matematica Applicata, Mediolan, Włochy.

W roku sprawozdawczym w ramach współpracy z zagranicą odbyło się **55** krótkich zagranicznych wyjazdów naukowo-badawczych i konferencyjnych. Na długich pobytach badawczych przebywało za granicą **4** pracowników Centrum (z tego **2** w USA, **1** w Holandii, **1** w Niemczech).

W **2000** roku Centrum odwiedziło **17** uczonych z zagranicy (**1** z Czech, **8** z Niemiec, **1** z Serbii, **1** ze Szwecji, **3** z USA, **2** z Ukrainy, **1** z Węgier). Większość gości zagranicznych wygłosiła seminaria w Centrum oraz na Uniwersytecie Warszawskim lub Instytucie Fizyki PAN. Odbyły się dyskusje na tematy związane z uzyskiwanymi ostatnio wynikami naukowymi oraz omawiano plany współpracy na przyszłość.

Ocena merytoryczna współpracy z zagranicą

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. W roku **2000** opublikowano **16** takich wspólnych prac naukowych, wszystkie ukazały się w recenzowalnych czasopismach o zasięgu międzynarodowym.

Staż 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 oraz umożliwia zapoznanie się z aktualnym stanem badań światowych w wybranych dziedzinach fizyki. Zapewnia także bezpośrednią wymianę opinii naukowych.

Z oceny współpracy naukowej z zagranicą wynika, że współpraca ta stanowi bardzo

ważną pozycję w działalności Centrum oraz przyczynia się do uzyskania wysokiego poziomu naukowego prac realizowanych w Centrum. Należy więc ją kontynuować i w miarę możliwości jeszcze bardziej rozszerzać zakres jej działania.

Współpraca z zagranicą będzie uzupełniona możliwością (od października 2000 roku) szkolenia w Centrum młodych fizyków z zagranicy (doktorantów i młodych doktorów) oraz organizacji przez Centrum międzynarodowych spotkań naukowych w ramach międzynarodowego projektu badawczo-szkoleniowego finansowanego przez **5 Program Ramowy Unii Europejskiej**.

Wykaz publikacji pracowników CFT PAN w 2000 roku

Lp.	Autorzy	Tytuł	Wydawnictwo
1	J. Kijowski, M. Kościelecki	Asymptotic expansion of the Maxwell field in a neighbourhood of a multipole particle	Acta Physica Polon. B 31 (2000) 1691-1707.
2	J. Kijowski, G. Rudolph, M. Rudolph	Towards an effective field theory of QED	Acta Physica Polon. B 31 (2000) 847-861.
3	W. Słomczyński, J. Kwapien, K. Życzkowski	Entropy computing via integration over fractal measures	Chaos 10, 180 -188 (2000)
4	A. Huckleberry, D. Zaitsev, M. Kuś, F. Haake	A symplectic context for level dynamics	J. Geom.Phys. 37, 156-168 (2001)
5	M. Lewenstein, D. Bruss, J. I. Cirac, B. Kraus, M. Kuś, J. Samsonowicz, A. Sanpera, R. Tarrach	Separability and distillability in composite quantum systems - a primer	J. Mod. Opt. 47, 2481-2499 (2000)
6	S. Gnutzmann, F. Haake, M. Kuś	Quantum chaos of SU3 observables	J. Phys. A: Math. Gen. 33, 143 (2000)
7	K. Życzkowski, H-J. Sommers	Truncations of random unitary matrices	J. Phys. A: Math. Gen. 33, 2045-2057 (2000).
8	A. Okniński, M. Kuś	Exactly linearizable maps and SU(n) coherent states	J. Phys. A: Math. Gen. 33, 8917-8927 (2000)
9	L. Santos, Z. Idziaszek, J. I. Cirac and M. Lewenstein	Laser-induced condensation of trapped bosonic gases	J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. 33, 4131-4148 (2000)
10	K. Rzażewski, L. Plaja, L. Roso, and D. von der Linde	Probe-field Reflection on a Plasma Surface driven by a Strong Electromagnetic Field	Journal of Physics B 33, 2549 (2000)
11	M. Trippenbach, K. Góral, K. Rzażewski, Y. Band, B. Malomed	Structure of binary Bose-Einstein condensates	Journal of Physics B, At. Mol. Opt. Phys. 33, 4017-4031 (2000)
12	J. Bauer, M. Brewczyk, K. Rzażewski	Classical simulations for atoms and molecules in intense laser fields	Laser Phys. 10, 1 (2000)
13	P. Ashwin, X.-C. Fu, T. Nishikawa, K. Życzkowski	Invariant sets for discontinuous parabolic area-preserving torus maps	Nonlinearity 13, 819-835 (2000)

14	I. Białynicki-Birula	The Wigner functional of the electromagnetic field	Optics Communications 179, 237-246 (2000)
15	Z. Idziaszek, K. Rzażewski, M. Lewenstein	Probing the statistical properties of Bose-Einstein condensates with light	Phys. Rev. A 6, 053608-1 do 053608-6 (2000)
16	K. Rzażewski, M. Trippenbach, M. Singer, Y. Band	Statistics of atomic populations in output-coupled wave packets from Bose-Einstein condensate: four wave mixing	Phys. Rev. A 61, 013606 (2000)
17	M. Lewenstein, K. Rzażewski	Quantum Anti-Zeno effect	Phys. Rev. A 61, 022105 (2000)
18	M. Brewczyk, K. Rzażewski	Multielectron dissociative ionization of molecules by strong femtosecond pulses	Phys. Rev. A 61, 023412 (2000)
19	I. Białynicki-Birula, Z. Białynicka-Birula, C. Śliwa	Motion of vortex lines in quantum mechanics	Phys. Rev. A 61, 032110-1 do 032110-7 (2000)
20	K. Góral, K. Rzażewski, T. Pfau	Bose-Einstein condensation with magnetic dipole-dipole forces	Phys. Rev. A 61, 051601-1 do 051601-4 (2000)
21	P. Kočański, Z. Białynicka-Birula, I. Białynicki-Birula	Squeezing of electromagnetic field in a cavity by electrons in Trojan states	Phys. Rev. A 63, 013811-1 do 013811-8 (2000)
22	K. Góral, B-G. Englert and K. Rzażewski	Semiclassical theory of trapped fermionic dipoles	Phys. Rev. A 63, 033606-1 do 033606-8 (2001)
23	P. Hajicek, J. Kijowski	Spherically symmetric dust shell and the time problem in canonical relativity	Phys. Rev. D 62, 044025-1 do 044025-5 (2000)
24	A. Ostruszka, P. Pakoński, W. Słomczyński, K. Życzkowski	Dynamical entropy for systems with stochastic perturbation	Phys. Rev. E 62, 2018 - 2028 (2000)
25	E. M. Bollt, T. Stanford, Y.-C. Lai, and K. Życzkowski	Validity of threshold-crossing analysis of symbolic dynamics from chaotic time series	Phys. Rev. Lett. 85, 3524 - 3527 (2000)
26	D. Wójcik, I. Białynicki-Birula, K. Życzkowski	Time evolution of quantum fractals	Phys. Rev. Lett. 85, 5022-5025 (2000)
27	K. Góral, M. Gajda and K. Rzażewski	Multi-mode dynamics of a coupled ultracold atomic-molecular system	Phys. Rev. Lett. 86, 1397-1401 (2001)
28	J. Karbowski, Ł. A. Turski	The Bose-Einstein condensation in random box	Physica A 276, 489-494 (2000)

29	A. Nowak, M. Kuś, J.Urbaniak, T.Zarycki	Simulating the coordination of individual economic decisions	Physica A 287, 613-630 (2000)
30	K. Życzkowski, Y.-C. Lai	Devil-staircase behavior of dynamical invariants in chaotic scattering	Physica D 142, 197-216 (2000)
31	M. Żochowski	Intermittent dynamical control	Physica D 145, 181 - 190 (2000)
32	J. Kijowski, D. Chruściński	Head or tail: the dilemma of electrodynamics	Proc.of the International Symposium "Quantum Theory and Symmetries" (Goslar, 18-22 July 1999), eds. H.-D.Doebner, V.K. Dobrev, J.-D.Hennig and W. Luecke, World Scientific, (2000) p. 367-371.
33	J. Jezierski, J. Kijowski, E. Czuchry	Geometry of null-like surfaces in general relativity and its application to dynamics of gravitating matter	Reports on Mathematical Physics 46, 399 – 418 (2000)
34	M. A. Załuska-Kotur, S. Krukowski, Z. Romanowski, Ł. A. Turski	Spreading of step-like density profiles in interacting lattice gas on a hexagonal lattice	Surface Science 457, 357-364 (2000)
35	M. Żochowski, L. B. Cohen, G. Fuhrmann, D. Kleinfeld	Distributed and Partially Separate Pools of Neurons Are Correlated with Two Different Components of the Gill-Withdrawal Reflex in Aplysia	The Journal of Neuroscience 20, 8485 – 8492 (2000)

Wykaz prac wysłanych do druku w 2000 roku

Lp.	Autorzy	Tytuł	Wydawnictwo
1	R. Nietubyć, E. Sobczak, J. Pełka, S. Maćkowski, E. Janik, G. Karczewski, G. Goerigk	Anomalous small angle x-ray scattering study of CdTe quantum dots in ZnTe	J. Alloys and Compounds (2001) w druku
2	E. Sobczak, Y. Swilem, N. N. Dorozhkin, R. Nietubyć, P. Dłużewski, A. Ślawska-Waniewska	X-ray absorption studies of Fe-based nanocrystalline alloys	J. Alloys and Compounds (2001) w druku
3	D. Wójcik, A. Nowak, M. Kuś	Dimension of interaction dynamics	Phys. Rev. E (2001), w druku

	M. Kuś	dynamics	
4	K. Życzkowski	Localization of eigenstates and mean Wehrl entropy	Physica E wysłane do druku
5	K. Życzkowski, M. Kuś	Geometry of entangled states	preprint quant-ph/0006068
6	E. Sobczak, R. Nietubyć, J. Pełka, S. Maćkowski, E. Janik, G. Karczewski, G. Goerigk	Anomalous small angle x-ray scattering study of self-assembled quantum dots	Proc. XVIII CAC, Wisła, 2000, World Scientific, Singapore, 2001, w druku
7	Sonnet Nguyen, Ł. A. Turski	A simple example of the Dirac brackets approach to dynamics of systems with constraints	Am. J. Phys. wysłane do druku
8	M. Cirone, K. Góral, K. Rzażewski, and M. Wilkens	Bose-Einstein condensation of two interacting particles	American Journal of Physics (submitted)
9	M. A. Załuska-Kotur, S. Krukowski, Z. Romanowski, Ł. A. Turski	Collective diffusion of O atoms on W(110) surface	in: Defect and Diffusion Forum, DIMAT20, Paris,.....
10	M. A. Załuska-Kotur, A. Łusakowski, S. Krukowski, Z. Romanowski, Ł. A. Turski	Driven diffusion in a model of the O/W(110) system	in: NATO ASI series- "Collective Surface Diffusion Coefficients under Non-Equilibrium Conditions", in press
11	M. Brewczyk, K. Rzażewski	Beyond the simple man's model for high harmonic generation	in: Super Intense Laser - Atom Physics, eds. B. Piraux, K. Rzażewski, Kluwer Academic Publishers (in press)
12	M. Brewczyk, K. Rzażewski	Interaction of multielectron atom with intense VUV free electron laser	J. Phys. B (submitted)
13	L. Roso, L. Plaja, K. Rzażewski, D. von der Linde	Beyond the moving mirror model: Attosecond pulses from relativistically moving plasma	Laser and Particle Beams (in press)
14	P. T. Chruściel, J. Jezierski, J. Kijowski	A Hamiltonian framework for field theories in the radiating regime	monografia 107 stron, wysłana do Springer Lecture Notes in Physics
15	J. Karbowski, N. Kopell	Multispikes and synchronization in a large neural network with temporal dynamics	Neural Computation w druku
16	K. Góral, M. Gajda and K. Rzażewski	Multi-mode description of an interacting Bose-Einstein condensate	Opt. Express. (in print)

17	A Orłowski, M. Kuś	Note on Wehrl's entropy and generalized coherent states	Phys. Lett. A wysłane do druku
18	R. Bach, M. Brewczyk, K. Rzażewski	Finite temperature oscillations of a Bose-Einstein condensate in a two-gas model	Phys. Rev. A (submitted)
19	M. Kuś, K. Życzkowski	Geometry of entangled states	Phys. Rev. A, wysłane do druku
20	J. Karbowski	Fischer information for correlated spiking neurons with stochastic dynamics	Phys. Rev. E w druku
21	Z. Idziaszek, L. Santos and M. Lewenstein	Laser Cooling of Trapped Fermi Gases deeply below the Fermi Temperature	Phys. Rev. Lett. (wysłane)
22	P. Braun, S. Gnutzmann, F. Haake, M. Kuś and K. Życzkowski	Level Dynamics and Universality of Spectral Fluctuations	Phys. Rev. Lett. , wysłane do druku
23	Sonnet Nguyen, Ł. A. Turski	Examples of the Dirac approach to dynamics of systems with constraints	Physica A 290 lub 291 (2001) (w druku)
24	M. A. Załuska-Kotur, A. Łusakowski, S. Krukowski, Z. Romanowski, Ł. A. Turski	Chemical surface diffusion analysis by the time evolution of density profiles. The Monte Carlo simulations	Vacuum, accepted
25	K. Góral, M. Gajda and K. Rzażewski	Bose-Einstein condensation of two interacting particles	wysłane do American Journal of Physics
26	L.A. Turski, M. Załuska-Kotur, St. Krukowski, Z. Romanowski	Spreading of a step - like density profiles in interacting lattice gas on hexagonal lattice	wysłane do druku
27	J. Kijowski, M. Kościelecki	Algebraic description of the Maxwell field singularity in a neighbourhood of a multipole particle	złożona do druku Reports on Mathematical Physics

**Wykaz konferencji,
w których uczestniczyli pracownicy CFT PAN w 2000 roku**

1. "E.S.Fradkin Memorial Conference", Moskwa, 5-10.06.2000

Udział: prof. I. Białyński-Birula

Referat pt. "New classical mechanics of relativistic particles and its canonical quantization".

Przewodniczenie sesji.

**2. THE 32nd SYMPOSIUM ON MATHEMATICAL PHYSICS with special session
"Symmetries in Nonlinear Systems", June 6-10, 2000, Toruń, Poland**

Udział: prof. J. Kijowski

Referat zaproszony pt. "Head or tail: what is more important in electrodynamics"

Przewodniczenie sesji.

**3. "Quantum Dynamics in Terms of Phase-Space Distribution", Max-Planck-Institut
fur Physik Komplexer Systeme, Dresden, RFN, 22-26 maja 2000**

Udział: prof. M. Kuś

Referat zaproszony pt. "Coherent-state vs. classical dynamics of kicked tops"

4. Multicomponent Bose-Einstein Condensates, Rochester, USA, styczeń, 2000.

Udział: prof. K. Rzążewski

Referat zaproszony pt. : "Role of finite interaction range in Bose-Einstein condensation"

5. Crossroads of Condensed Matter and Optical Physics, Poznań, 11-12 lutego, 2000.

Udział: prof. K. Rzążewski

Referat zaproszony pt "Role of finite interaction range in Bose-Einstein condensation"

**6. Sympozjum na temat teoretycznych podstaw optyki kwantowej i atomowej, Austin,
Texas (USA), kwiecień-maj 2000**

Udział: prof. K. Rzążewski

Cykl 5 wykładów na temat "Fizyka statystyczna zimnych bozonów"

7. XL Krakowska Szkoła Fizyki Teoretycznej, Zakopane, czerwiec, 2000

Udział: prof. K. Rzążewski

Dwa wykłady na temat: "Bose-Einstein condensation today"

**8. 5th International School and Symposium on Synchrotron Radiation in Natural
Science, June 12-17, 2000, Ustroń-Jaszowiec**

Udział: doc. E. Sobczak

1. Referat zaproszony pt. "X-ray absorption studies of Fe-based nanocrystalline alloys"

2. Poster pt. "Anomalous small angle x-ray scattering study of CdTe quantum dots in ZnTe"

Przewodniczenie sesji.

9. Workshop on Quantum Chaos, Institute of Nuclear Physics, University of Washington, Seattle, USA 13-16 marca 2000

Udział: doc. K. Życzkowski

Referat pt. "Truncations of Random Matrices".

10. Workshop "Quantum Dynamics in Phase Space", Drezno, Niemcy, 22-26 maja 2000

Udział: doc. K. Życzkowski

Postery: a) "Geometry of the Space of Mixed Quantum States", b) "Fractal Solutions of Schroedinger Equation"

11. Konferencja ROMP '2000, Toruń, 7-11 czerwca 2000

Udział: doc. K. Życzkowski

Referat pt. "Frobenius-Perron operator for stochastic dynamical systems".

12. Konferencja Dynamics Days 2000, University of Surrey, (Anglia), 25-29.06.2000

Udział: doc. K. Życzkowski

Referat pt. "Noninvertible parabolic maps on the torus".

13. Konferencja Dynamics Days 2000', Santa Fe, USA, 5-8 stycznia 2000.

Udział: mgr Daniel Wójcik,

Postery pt. 1. Time evolution of quantum fractals, 2. Dimension of interaction dynamics.

14. Konferencja "84th Statistical Mechanics Conference", Rutgers University, New Brunswick, USA, 17-19 grudnia 2000.

Udział: dr Daniel Wójcik,

Referat pt. "Time evolution of quantum fractals",

15. XVIII Conference on Applied Crystallography, Katowice-Wisła, Sept. 4-7, 2000, Poland,

Udział: doc. E. Sobczak,

Referat pt. Anomalous small angle x-ray scattering study of self-assembled quantum dots

16. Time's Arrows, Quantum Measurement and Superluminal Behavior, Neapol, 3-5. 10.2000.

Udział: prof. I. Białyński-Birula

Referat zaproszony pt.: Lessons on time from quantum field theory.

17. Quantum Control of Atoms and Fields, Rochester, 19-21. 10. 2000.

Udział: prof. I. Białynicki-Birula, prof. K. Rzażewski

Referat zaproszony pt. "Trojan states in a cylindrical cavity: A case of broken symmetry" (IBB).

Zaproszony wykład pt. "Quantum Anti-Zeno Effect" (KR).

18. Konferencja „Forum Geometrii” w Międzynarodowym Centrum Banacha (Warszawa), kwiecień 2000 r.

Udział: prof. J. Kijowski

Referat pt. Weak versus strong symplectic structures in Hamiltonian field theory.

19. International Summer School „Mathematical Structure of General Relativity”, Levoča (Słowacja), 14-18 sierpnia 2000.

Udział: prof. J. Kijowski

Seria wykładów zatytułowana „Introduction to Canonical Gravity”(w sumie 12 pełnych godzin).

20. Konferencja „Extensions of Quantum Physics”, Kraków, 11-14 października 2000.

Udział: prof. J. Kijowski

Referat plenarny pt. „On the colour charge and superselection rules in QCD”.

21. Euroschool "Bose--Einstein condensates and atom lasers", 17-25 lipca 2000, Institut d'Etudes Scientifiques de Cargese, Cargese, Francja;

Udział: mgr K. Góral, mgr Z. Idziaszek, mgr R. Bach,

Postery:

1. "Collective laser cooling of trapped bosonic and fermionic gases", autorzy: Z. Idziaszek, L. Santos, F. Floegel, M. Lewenstein.
2. "Finite temperature oscillations of a Bose-Einstein condensate in a two gas model", autorzy: R. Bach, M. Brewczyk, K. Rzażewski
3. "Multi--mode dynamics of a coupled ultracold atomic—molecular system", autorzy: K. Góral, M. Gajda, K. Rzażewski

22. Spotkanie Sekcji Fizyki Atomowej, Molekularnej i Optyki FAMO'2000, 22 września 2000, Jurata;

Udział: mgr K. Góral, mgr M. Sinołęcka-Wypych, mgr R. Bach

1. Poster pt. "Multi--mode dynamics of a coupled ultracold atomic--molecular system", autorzy: K. Góral, M. Gajda, K. Rzażewski
2. Poster pt. "Finite temperature oscillations of a Bose-Einstein condensate in a two gas model", autorzy: R. Bach, M. Brewczyk, K. Rzażewski

23. Workshop on Prospects of Cold Molecules II, 13-15 listopada 2000, Graz, Austria.

Udział: mgr K. Góral,

Referat zaproszony "Multi-mode dynamics of a coupled ultracold atomic-molecular system", autorzy: K. Góral, M. Gajda, K. Rzążewski

24. **NATO Advanced Workshop – Super-Intense Laser-Atom Physics – 2000, Han-sur-Lesse, Belgia, 24-30, wrzesień 2000**

Udział: prof. K. Rzążewski (współdyrektor konferencji wraz z B. Piraux)

25. **Mysteries, Puzzles, and Paradoxes in Quantum Mechanics, Grignano, Włochy, 18-23 wrzesień, 2000.**

Udział: prof. K. Rzążewski

Zaproszony wykład pt.: "Quantum Anti-Zeno effect"

26. **Eurokonferencja Atom Optics and Interferometry, Cargese, Korsyka, Francja, 26-29 lipca 2000, inauguracyjne posiedzenie komitetu organizacyjnego Europejskiej Sieci Naukowej**

Udział: prof. K. Rzążewski

27. **Smoluchowski Symposium, Zakopane, wrzesień 2000.**

Udział: doc. K. Życzkowski

28. **Konferencja Jubileuszowa 40-lecia Instytutu Fizyki Teoretycznej Uniwersytetu w Edmtonie,**

Udział: prof. Ł.A. Turski

Referaty zaproszone: 1. "Mechanical (quantum) Aharonov-Bohm effect", 2. "Physics of crowd control".

Uwaga: *Uprzejmie informujemy, że pierwsze posiedzenie Rady Naukowej w 2001 roku odbędzie się na przełomie marca i kwietnia. W związku z tym opinię Rady Naukowej o rocznym sprawozdaniu placówki nadeślemy zaraz po posiedzeniu Rady.*

Warszawa, 28 lutego 2001 r.