

INSTYTUT FIZYKI TEORETYCZNEJ

KATEDRA METOD MATEMATYCZNYCH FIZYKI

Tematy prac magisterskich dla studentów studiów II stopnia w roku akademickim 2014/15

Tematy oznaczone literą **(T) adresowane są do ambitnych
studentów**

Witold Bardyszewski

e-mail: Witold.Bardyszewski@fuw.edu.pl,

Wpływ spontanicznej polaryzacji na strukturę pasmową studni kwantowych InN/GaN

Struktury warstwowe półprzewodników azotkowych o warstwach prostopadłych do osi c symetrii krystalicznej charakteryzują się silną polaryzacją spontaniczną będącą źródłem pola elektrycznego o dużym natężeniu. Prowadzi to do obniżenia przerwy energetycznej w studniach kwantowych tego typu, oraz do rozdzielania przestrzennego stanów elektronowych i dziurowych. Praca ma na celu wyznaczenie i zbadanie własności struktury pasmowej studni InN/GaN w okolicy punktu gamma w przybliżeniu k.p z zastosowaniem metody dwuwymiarowego hamiltonianu efektywnego oraz ustalenie warunków, w których następuje zamknięcie przerwy energetycznej, a następnie tzw. inwersja pasm. Wymagana jest znajomość mechaniki kwantowej na poziomie studiów licencjackich oraz umiejętność programowania.

Adam Bednorz

email: abednorz@fuw.edu.pl

Modelowanie słabego pomiaru kwantowego

Słaby pomiar kwantowy jest przeciwieństwem standardowego, rzutowego pomiaru kwantowego. Wyróżnia go to, że jest (prawie) nieinwazyjny (nie zmienia stanu), ale odbywa się to kosztem dużego błędu. Jednak to właśnie nieinwazyjność powoduje, że słabe pomiary są bardziej atrakcyjne z doświadczalnego punktu widzenia. Słaby pomiar nie ma jednoznacznej realizacji. Jakie są sensowne, ciekawe i praktyczne modele prowadzące do słabego pomiaru?

Paradoksy słabego pomiaru kwantowego

Słaby pomiar kwantowy prowadzi do zaskakujących wniosków, np. ujemnego prawdopodobieństwa (ściślej kwaziprawdopodobieństwa) a także łamania symetrii czasu. Szukamy przykładów prowadzących do tych (a może i nowych?) paradoksów, które dałoby się zrealizować doświadczalnie.

Pomiary klasyczne a pomiary kwantowe

Badając analogie i różnice pomiędzy mechaniką klasyczną i kwantową trzeba porównywać nie tylko wyniki, ale też sposoby pomiaru. Ogólny pomiar kwantowy można scharakteryzować operatorowymi miarami dodatnimi (ang. POVM - positive operator-valued measure). Jakie mają odpowiedniki klasyczne? Co odpowiada pomiarowi rzutowemu?

Krzysztof Byczuk

Tel. 22 55 32 256, pok. 342 Hoża 69

byczuk@fuw.edu.pl

Opis ilości korelacji w jednowymiarowej cieczy Luttingera

Model oddziałujących fermionów w jednym wymiarze jest asymptotycznie ściśle rozwiązywalny w ramach bozonizacji i konformnej teorii pola. Zadanie w tej pracy polega na wykorzystaniu tych ścisłych rozwiązań do wyznaczenia entropii względnej i określenia ilościowego jak bardzo jest ten układ skorelowany w stosunku do nie oddziałujących fermionów.

Rola oddziaływań na stany kwantowe w izolatorach topologicznych

Izolatory topologiczne stanowią nową klasę materiałów o nietrywialnych stanach kwantowych, topologicznie różnych od stanów w zwykłych izolatorach. W ramach prostych modeli ciasnego wiązania chcemy określić jaka jest rola na te stany oddziaływań między elektronami.

Rafał Demkowicz-Dobrzański

demko@fuw.edu.pl, p.137, tel. 225532306

<http://www.fuw.edu.pl/~demko/>

Dekoherencja w metrologii i obliczeniach kwantowych

Dziedzina metrologii kwantowej stara się wykorzystać własności stanów kwantowych do wykonywania ultra precyzyjnych pomiarów, które mogłyby znaleźć zastosowania np. w interferometrach grawitacyjnych lub zegarach atomowych. Obecność niedoskonałości eksperymentalnych i zewnętrznych zakłóceń (straty, szum, dekoherencja) znacząco utrudnia praktyczne realizacje takich pomysłów. Podobnie dekoherencja utrudnia implementację algorytmów kwantowych i wymaga zaawansowanych zastosowania zaawansowanych technik kwantowej korekcji błędów. Zadanie polegać będzie na zbadaniu podobieństw i różnic w roli jaką odgrywa dekoherencja w metrologii kwantowej i w algorytmach kwantowych opartych o wyrocznie kwantowe. Głównym celem jest stworzenie jednego formalizmu w ramach którego można by mówić jednocześnie o kwantowych algorytmach i protokołach metrologicznych.

Tomasz Dietl

Katedra Fizyki Materii Skondensowanej
Instytutu Fizyki Teoretycznej UW
<http://www.fuw.edu.pl/~kfms/staff.html>
(także Instytut Fizyki PAN, Laboratorium
Badań Kriogenicznych i Spintronicznych
<http://www.ifpan.edu.pl/SL-2/>)
dietl@ifpan.edu.pl

Specjalność: fizyka teoretyczna, I rok studiów II stopnia

Teoria nadwymiany w półprzewodnikach o strukturze wurcytu

Praca magisterska byłaby wykonana w ramach projektów Europejskiej Rady ds. Badań Naukowych (ERC): „*Functionalisation of diluted magnetic semiconductors*” oraz Narodowego Centrum Nauki (NCN), edycja MAESTRO I, „*Kwantowe przemiany fazowe w warstwach magnetycznych kontrolowane zewnętrznym polem elektrycznym*”

Ostatnio odkryto nową klasę materiałów: rozcieńczone izolatory magnetyczne [1,2], w których oddziaływanie wymienne zachodzi w wyniku polaryzacji spinowej wypełnionych powłok elektronowych, tj. nadwymiany. Oddziaływania te obserwuje się w (Ga,Mn)N, a obecnie są prowadzone także prace dla (Zn,Cr)O. Materiały te krystalizują w strukturze wurcytu, a istniejąca obecnie teoria [2] została opracowana dla półprzewodników kubicznych. Celem pracy byłoby rozwinięcie teorii nadwymiany, która stosowałaby się dla struktury wurcytu.

[1] A. Bonanni, M. Sawicki, T. Devillers, W. Stefanowicz, B. Faina, Tian Li, T. E. Winkler, D. Sztienkiel, A. Navarro-Quezada, M. Rovezzi, R. Jakiela, A. Grois, M. Wegscheider, W. Jantsch, J. Suffczyński, F. D'Acapito, A. Meingast, G. Kothleitner, and T. Dietl, *Experimental probing of exchange interactions between localized spins in the dilute magnetic insulator (Ga,Mn)N*, Phys. Rev. B 84, 035206 (2011).

[2] M. Sawicki, T. Devillers, S. Galeski, C. Simserides, S. Dobkowska, B. Faina, A. Grois, A. Navarro-Quezada, K. N. Trohidou, J. A. Majewski, T. Dietl, and A. Bonanni, *Origin of low-temperature magnetic ordering in $Ga_{1-x}Mn_xN$* , Phys. Rev. B 85, 205204 (2012).

Teoria rozpraszania krytycznego w półprzewodnikach magnetycznych

Praca magisterska byłaby wykonana w ramach projektów Europejskiej Rady ds. Badań Naukowych (ERC): „*Functionalisation of diluted magnetic semiconductors*” oraz Narodowego Centrum Nauki (NCN), edycja MAESTRO I, „*Kwantowe przemiany fazowe w warstwach magnetycznych kontrolowane zewnętrznym polem elektrycznym*”

Jedną z najbardziej charakterystycznych cech półprzewodników ferromagnetycznych [1] jest występowanie wyraźnego maksimum oporności $\rho(T)$ w okolicy temperatury Curie. Ostatnio

wykazano, że $d\rho(T)/dT$ wykazuje zachowanie krytyczne [2], ale nie ma dotychczas przekonującej teorii tego zjawiska. Celem pracy byłoby zbadanie teoretyczne, czy istnienie osobliwości $d\rho(T)/dT$ można wytłumaczyć obecnością poprawek kwantowych do $\rho(T)$ (związanej ze zjawiskami spójności fazowej w okolicy przemiany kwantowej metal-izolator [3]).

[1] T. Dietl, *A ten-year perspective on dilute magnetic semiconductors and oxides*, Nature Materials 9, 965 (2010).

[2] V. Novak et al., *Curie Point Singularity in the Temperature Derivative of Resistivity in (Ga,Mn)As*, Phys. Rev. Lett. 101, 077201 (2008).

[3] T. Dietl, *Interplay between carrier localization and magnetism in diluted magnetic and ferromagnetic semiconductors*, J. Phys. Soc. Jpn. 77, 031005 (2008).

Stanisław D. Głazek

stglazek@fuw.edu.pl

Model procedury grupy renormalizacji 4 rzędu w kwantowej teorii pola (T)

Praca polegałaby na zastosowaniu procedury grupy renormalizacji dla cząstek efektywnych z pracy S. D. Głazek, Acta Phys. Polon. B 43, 1843 (2012) do hamiltonianu teorii Yukawy w 4 rzędzie rachunku zaburzeń, obliczeniu amplitudy rozpraszania bozon-fermion w tym samym rzędzie, i sprawdzeniu, czy wynik może spełniać wymagania szczególnej teorii względności. Gdyby spełniał, hamiltonowski rachunek tego typu nie miałby precedensu w teorii cząstek.

Generacja mas kwarków i gluonów w rachunku zaburzeń

Cel pracy polega na zastosowaniu procedury grupy renormalizacji dla cząstek efektywnych z pracy S. D. Głazek, Acta Phys. Polon. B 43, 1843 (2012) do kwarków i gluonów w QCD w drugim rzędzie rozwinięcia w silnej stałej sprzężenia i zidentyfikowania różnic między generacją mas w teorii ciężkich i lekkich kwarków w tym rzędzie.

Bogdan Grzadkowski

Dark Matter within the effective Lagrangian approach (T)

Zakładając, że sektor ciemnej materii komunikuje się z Modelem Standardowym przy pomocy wymiany ciężkich cząstek, oddziaływania z ciemną materią można próbować opisywać używając efektywnych operatorów o wymiarze większym niż 4. Praca ma na celu klasyfikację takich oddziaływań i zbadanie istniejących ograniczeń doświadczalnych.

Vacuum stability within the DM-singlet extension of the Standard Model (T)

Celem pracy jest zbadanie wpływu obecności dodatkowych skalarnych pól będących singletami grupy cechowania na kształt potencjału efektywnego, w szczególności zbadanie

stabilności minimów potencjału zakładając, że skalarne singlety są kandydatami na ciemną materię.

Testing CP-violation in Higgs-boson interactions at the LHC (T)

Praca ma zbadać możliwość obserwacji naruszenia symetrii CP w oddziaływaniach cząstek Higgsa w LHC posługując się efektywnymi operatorami o wymiarze > 4 .

Higgs boson interactions beyond the Standard Model physics at the LHC - the effective Lagrangian approach (T)

Celem pracy jest systematyczne zbadanie możliwości testowania niestandardowych oddziaływań cząstek Higgsa w LHC posługując się efektywnymi operatorami o wymiarze > 4 .

Measurements of the CP-violating weak-basis invariants in Two-Higgs-Doublet Models (T)

Celem pracy jest znalezienie obserwacji, które umożliwiłyby pomiar niezmienników reparametryzacji (zmiany bazy dubletów skalarnych) w modelu z dwoma dubletami pól Higgsa.

Non-Standard top-quark couplings at the LHC (T)

Celem pracy jest systematyczne zbadanie możliwości testowania niestandardowych oddziaływań kwarków top w LHC posługując się efektywnymi operatorami o wymiarze > 4 .

Paweł Jakubczyk

Siły Casimira w układach z fluktuującymi powierzchniami

Tak zwane siły Casimira pojawiają się, gdy makroskopowe obiekty zanurzone zostaną w silnie fluktuującym ośrodku. Może nim być na przykład płyn w stanie krytycznym, kondensat Bosego-Einsteina, albo kwantowa próżnia. Rolę takiego ośrodka może również pełnić obiekt dwu-, bądź jednowymiarowy, taki jak na przykład powierzchnia rozdzielająca współistniejące fazy jakiejś substancji, albo membrana biologiczna. Celem pracy jest zbadanie modelowych układów, w których fluktuacje dwu- lub jednowymiarowej powierzchni indukują długozasięgowe siły Casimira pomiędzy ograniczającymi je ścianami, bądź umieszczonymi w nich makroskopowymi obiektami. W zależności od preferencji magistranta praca może zorientowana być na porównanie uzyskanych teoretycznych wyników z realistycznymi układami (przede wszystkim podobnymi do tych występujących w biologii); bądź na bardziej kompletną analizę zjawiska zaawansowanymi metodami teoretycznymi.

Kwantowe przemiany fazowe w układach oddziałujących fermionów: teoria Hertza-Millisa (T)

Podobnie do swoich klasycznych odpowiedników, kwantowe przemiany fazowe opisywane mogą być przy pomocy efektywnej teorii pola. W przypadku układów fermionowych jest to tak zwana teoria Hertza-Millisa. Wyprowadzenie tej teorii z modeli mikroskopowych jest jednakże w wielu przypadkach kłopotliwe, a w szeregu sytuacji w ogóle niemożliwe. Celem pracy jest próba udzielenia odpowiedzi na pytanie o granice stosowalności podejścia Hertza-Millisa do kwantowych zjawisk krytycznych w układach fermionowych i ewentualnie zaproponowanie podejścia alternatywnego.

Teoria renormalizacji dla zjawisk trójkrytycznych

W punkcie trójkrytycznym przemiana fazowa zmienia swój charakter (z nieciągłego na ciągły). Podobnie jak w przypadku zwykłych punktów krytycznych, szereg wielkości charakteryzujących układ w pobliżu punktu trójkrytycznego jest uniwersalna (tzn. nie zależy od szczegółów mikroskopowych układu). Celem pracy jest policzenie tych wielkości (ustaloną z opiekunem metodą) oraz zbadanie granic różnych reżimów skalowania, obecnych na diagramie fazowym układów z punktem trójkrytycznym.

Lokalne i nielocalne hamiltoniany fal kapilarnych (T)

Hamiltoniany fal kapilarnych służą do opisu powierzchniowych przemian fazowych (na przykład typu zwilżania). Osobliwy przypadek stanowi przemiana zwilżania w układach trójwymiarowych z krótkimi siłami mikroskopowymi. Okazuje się, że w tym przypadku istotną rolę odgrywają efekty nielocalne. Podstawowym celem pracy jest zrozumienie podstaw nielocalnej teorii fal kapilarnych i granicy, w której odtwarza się opis lokalny. Drugim z (możliwych) celów jest próba konstrukcji teorii renormalizacji dla tychże modeli w tak zwanym reżimie nieliniowym.

Maria Krawczyk

Zdegenerowane stany próżni typu Mixed

W modelu z dwoma dubletami pól skalarnych z jawną symetrią Z_2 Lagrangianu występują zdegenerowane stany próżni typu Mixed. Próżnia ta łamie spontanicznie symetrię Z_2 ze względu na niezerowe wartości próżniowe obu dubletów. Zbadanie konsekwencji fizycznych takich stanów i powiązanie z obserwacjami dotyczącymi cząstki Higgsa w LHC stanowi temat pracy magisterskiej.

Zygmunt Lalak

(Tematy przykładowe)

Przybliżona symetria skalowania w supersymetrycznych rozszerzeniach Modelu Standardowego

Modelowanie hierarchii sprzężeń i skal w oparciu o dualności Seiberga

Kurczący się wszechświat jako alternatywa dla kosmologii inflacyjnej

Jerzy Lewandowski

Dyfeomorficznie niezmiennicza kwantyzacja

Mechanika kwantowa, elektrodynamika kwantowa i model standardowy oddziaływań fundamentalnych opierają się na algorytmie kwantyzacji w przestrzeni i (odpowiednio) czasoprzestrzeni o zadanej geometrii. Jeśli jednak geometria też jest polem dynamicznym, to kwantyzację należy przeprowadzać wykorzystując jedynie strukturę różniczkową w sposób kowariantny ze względu na dyfeomorfizmy. Celem pracy będzie porównanie znanych dyfeomorficznie niezmienniczych kwantyzacji oraz znalezienie nowych przykładów.

Unitarne reprezentacje grupy Lorentza (T)

Teoria reprezentacji grupy Lorentza jest trudna i stosunkowo mało znana. Celem projektu będzie prezentacja odpowiednika twierdzenia Petera-Weyla. Twierdzenie Petera-Weyla mówi o rozkładzie $L^2(G)$ na reprezentacje nieprzywiedlne w przypadku grupy G topologicznej zwartej. Niezwarta grupa Lorentza wymagała oddzielnego rozpatrzenia. Wymagania: elementarna znajomość teorii grup, zainteresowanie analizą i przestrzeniami Hilberta.

Trudności w geometrycznym sformułowaniu kwantowej teorii pola na przykładzie mechaniki kwantowej

Istnieje piękne geometryczne sformułowanie kwantowej teorii pola. Wymaga ono jednak aby przestrzeń rozwiązań klasycznej wersji teorii była liniowa (czyli potencjały najwyżej kwadratowe). W przypadku mechaniki kwantowej, podejście to stosuje się więc do potencjałów najwyżej kwadratowych. Z drugiej strony, mechanika kwantowa jest dobrze rozumiana dla wszystkich potencjałów. Zadaniem studenta, będzie uogólnienie podejścia geometrycznego na przypadek nieliniowej przestrzeni rozwiązań klasycznych, czyli na mechanikę kwantową punktu materialnego z dowolnym potencjałem. Wymagania: elementy geometrii różniczkowej, mile widziana znajomość geometrii symplektycznej, upodobanie do algebry (* algebry itp).

Relatywistyczna cząstka kwantowa w czasoprzestrzeni o stałej krzywiznie

Cząstkę kwantową w czasoprzestrzeni Minkowskiego opisujemy jako element reprezentacji grupy izometrii, czyli grupy Poincaré'a. Celem pracy będzie zrozumienie analogicznej teorii cząstki kwantowej w czasoprzestrzeni (anty) de Sittera. Wymagania: łatwość zgłębiania potrzebnych elementów mechaniki kwantowej, teorii z więzami, teorii względności i teorii reprezentacji grup.

Unitarne reprezentacje grupy Lorentza i zastosowania w pianowo spinowych modelach (T)

Teoria reprezentacji grupy Lorentza jest trudna i stosunkowo mało znana. Celem projektu będzie prezentacja odpowiednika twierdzenia Petera-Weyla. Twierdzenie Petera-Weyla mówi o rozkładzie $L^2(G)$ na reprezentacje nieprzywiedlne w przypadku grupy G topologicznej zwartej. Niezwarta grupa Lorentza wymagała oddzielnego rozpatrzenia. Teoria ta znajduje zastosowanie w pianowo spinowych modelach grawitacji kwantowej. Wymagania: elementarna znajomość teorii grup, zainteresowanie analizą i przestrzeniami Hilberta.

Jacek Pawelczyk

jacek.pawelczyk@fuw.edu.pl

Łamanie supersymetrii mediowane przez pola cechowania w modelach unifikacyjnych

Supersymetria jest atrakcyjnym rozszerzeniem symetrii modelu standardowego cząstek elementarnych. Dodatkową zaletą supersymetrii jest możliwość przetestowania jej w zderzaczu LHC. Ponieważ supersymetria nie jest dokładną symetrią przyrody niezbędne jest jej naruszenie a następnie przeniesienie (mediacja) tego naruszenia do obserwowanej fizyki. Celem pracy jest zbadanie efektów tej mediacji w modelach zawierających bezpośrednie oddziaływania pól materii widzialnej i pól mediujących naruszenie supersymetrii.

Janusz Rosiek

janusz.rosiek@fuw.edu.pl

- 1. Naruszenie liczby leptonowej w rozszerzeniach Modelu Standardowego.**
- 2. Generacja mas neutrin w modelach supersymetrycznych**
- 3. Trójciałowe rozpady ciężkich mezonów B w Minimalnym Supersymetrycznym Modelu Standardowym**

Wszystkie 3 tematy dotyczą problemu łamania liczb kwantowych "zapachu" i symetrii CP w tzw. rzadkich rozpadach, leptonowych lub kwarkowych. Wymienione wyżej procesy już są dokładnie mierzone doświadczalnie lub będą niedługo zmierzone w eksperymentach prowadzonych w akceleratorze LHC i w eksperymentach badających oscylacje neutrin. Porównanie wyników tych pomiarów z teoretycznymi przewidywaniami szybkości rozpadów w ramach modeli supersymetrycznych lub innych rozszerzeń Modelu Standardowego pozwala oszacować masy i podstawowe sprzężenia cząstek supersymetrycznych, ułatwiając w ten sposób bezpośrednie próby odkrycia "nowej fizyki" w eksperymentach LHC.

Tematy są dobrze zdefiniowane, wykonalne i bezpośrednio przydatne do analizy współcześnie prowadzonych eksperymentów. Każdy może stanowić podstawę dobrej pracy magisterskiej i pomóc magistrantowi w nauczaniu się supersymetrii, najpowszechniej obecnie

rozważanej teorii cząstek elementarnych wychodzącej poza Model Standardowy, albo innych możliwych rozszerzeń Modelu Standardowego.

Mikołaj Misiak

Oddziaływania efektywne w rozszerzeniach Modelu Standardowego

Opis: Praktycznie wszystkie rozważane współcześnie rozszerzenia Modelu Standardowego przewidują istnienie ciężkich cząstek, które nie mogą być wyprodukowane nawet przy energiach dostępnych w akceleratorze LHC. Ich własności możemy badać pośrednio, analizując ich wpływ na reakcje między lżejszymi cząstkami. Wymaga to wprowadzenia tzw. oddziaływań efektywnych (operatorów wyższych wymiarów). Celem pracy magisterskiej byłoby przeprowadzenie klasyfikacji takich oddziaływań w sytuacji, gdy spektrum lekkich cząstek jest bogatsze niż w Modelu Standardowym. Przedmiotem zainteresowania będą przede wszystkim teorie z rozszerzonym sektorem Higgsa, a także modele supersymetryczne z dużymi rozszczepieniami między masami superpartnerów.

Prowadzący: dr hab. Mikołaj Misiak, e-mail: misiak@fuw.edu.pl

Janusz Rosiek

janusz.rosiek@fuw.edu.pl,
pokój 231, tel 5532311.

Naruszenie liczby leptonowej w rozpadach mionów i mezonów tau w modelach supersymetrycznych

Naruszenie zapachu w rozpadach kwarku t w modelach supersymetrycznych

Trójcialowe rozpady ciężkich mezonów B w Minimalnym Supersymetrycznym Modelu Standardowym

Wszystkie 3 tematy dotyczą problemu łamania liczb kwantowych "zapachu" i symetrii CP w rzadkich rozpadach, leptonowych lub kwarkowych. Wymienione wyżej procesy już są dokładnie mierzone doświadczalnie lub będą niedługo zmierzone w eksperymentach prowadzonych w akceleratorze LHC. Porównanie wyników tych pomiarów z teoretycznymi przewidywaniami szybkości rozpadów w ramach modeli supersymetrycznych pozwala oszacować masy i podstawowe sprzężenia cząstek supersymetrycznych, ułatwiając w ten sposób bezpośrednie próby odkrycia "nowej fizyki" w eksperymentach LHC. Procesy naruszenia liczby leptonowej mają też bezpośredni związek z fizyką neutrin i pomiarem ich mas i oscylacji.

Tematy są dobrze zdefiniowane, wykonalne i bezpośrednio przydatne do analizy współcześnie prowadzonych eksperymentów. Każdy może stanowić podstawę dobrej pracy magisterskiej i pomóc magistrantowi w nauczaniu się supersymetrii, najpowszechniej obecnie rozważanej teorii cząstek elementarnych wychodzącej poza Model Standardowy.

Wojciech Satuła

Regularyzacja funkcjonału gęstości energii

Problem osobliwości funkcjonałów gęstości stosowanych w metodach jądrowych istotnie obniża jakość obliczeń metodami rzutowymi, służącymi do przywracania naruszonych przez pole średnie symetrii hamiltonianu jądrowego. Celem pracy jest systematyczne zbadanie specyficznego schematu regularyzacji jądrowych funkcjonałów gęstości energii, polegającego na obliczaniu pewnych pomocniczych, zregularyzowanych obiektów. Wszelkie narzędzia numeryczne potrzebne do pracy są dostępne.

Przejścia beta Gamowa-Tellera

Celem pracy będzie wyprowadzenie wzorów na jądrowe elementy macierzowe przejścia beta typu Gamowa-Tellera w modelu pola średniego z przywróconymi symetriami rotacyjną i izospinową.

Piotr Sułkowski

Modele macierzowe i topologiczne rekurencje (także wersja T)

Modele macierzowe stanowią ważną klasę ściśle rozwiązywalnych teorii o różnorodnych zastosowaniach w wielu zagadnieniach fizycznych i matematycznych. Modele macierzowe można traktować także jako stosunkowo proste modele kwantowej teorii pola, na przykładzie których wiele kwantowych zjawisk można w ścisły sposób zrozumieć i przeanalizować. W szczególności w modelach tych można znaleźć ogólne rozwiązanie całej hierarchii tożsamości Warda, które przybiera postać relacji rekurencyjnych, zwanych topologicznymi rekurencjami. Rekurencje te określone są dla pewnej powierzchni Riemanna (tzw. krzywej spektralnej danego modelu macierzowego), i przypisują one do takiej powierzchni nieskończoną liczbę niezmienników o różnych intrygujących właściwościach. Między innymi, niezmienniki przypisane do pewnych szczególnych modeli macierzowych odtwarzają wielkości takie jak niezmienniki Gromova-Wittena, uogólnione liczby Catalana i Hurwitza, charakterystyki przestrzeni modułów powierzchni Riemanna, niezmienniki węzłów, itd. Celem pracy jest wyprowadzenie nowych własności topologicznych rekurencji, oraz/lub zastosowanie ich do analizy wybranego modelu macierzowego.

Matrix models and topological recursion (także wersja T)

Matrix models provide an important class of exactly solvable theories and they find many applications in physics and mathematics. Matrix models can be regarded as relatively simple models of quantum field theories, in which one can understand and exactly analyze a variety of quantum phenomena. In particular, in these models a general solution to a hierarchy of

Ward identities can be found. This solution takes form of a system of recursion relations, known as the topological recursion. These recursions are associated to a Riemann surface (which arises as the so-called spectral curve of a matrix model), and assign to such a surface an infinite family of invariants with various intriguing properties. For example, invariants assigned to some particular matrix models reproduce quantities such as Gromov-Witten invariants, generalized Catalan and Hurwitz numbers, characteristics of moduli spaces of Riemann surfaces, knot invariants, etc. The aim of this project is to derive new properties of the topological recursion, and/or to apply this recursion to the analysis of a particular matrix model.

Kwantowa teoria pola i homologiczne niezmienniki węzłów (także wersja T)

Teoria węzłów jest ściśle związana z kwantową teorią pola, w szczególności teorią Cherna Simonsa oraz 3-wymiarowymi teoriami pola z cechowaniem z rozszerzoną supersymetrią. Okazuje się, że zastosowanie aparatu kwantowej teorii pola pozwala na wyznaczenie różnego rodzaju niezmienników węzłów, w szczególności odkrytych w ostatnim czasie niezmienników homologicznych zwanych superwielomianami. Takie superwielomiany spełniają relacje rekurencyjne, mające także interpretację kwantowych powierzchni Riemanna. W odpowiedniej granicy relacje te redukują się do klasycznych powierzchni Riemanna. Celem pracy jest analiza i wyprowadzenie nowych własności takich kwantowych oraz klasycznych powierzchni na podstawie wyprowadzonych w ostatnim czasie superwielomianów dla różnych węzłów.

Quantum field theory and homological knot invariants

Knot theory is intimately related to quantum field theory, in particular to Chern-Simons theory and 3-dimensional gauge theories with extended supersymmetry. It turns out that the apparatus of quantum field theory is sufficiently powerful to determine various knot invariants, in particular recently found homological invariants known as superpolynomials. These superpolynomials satisfy certain recursion relations, which can be interpreted as defining a quantum Riemann surface. In an appropriate limit these relations reduce to a classical Riemann surface. The aim of this project is to analyze and derive new properties of such quantum and classical Riemann surfaces, using recently found results for superpolynomials for various knots.

Piotr Szymczak

<pszymczak@gmail.com>

Palce uranowe

Część złóż uranowych ma postać wydłużonych, palczastych struktur. Badając sprzężenia zwrotne między przepływem a reakcjami w ośrodku skalnym postaramy się znaleźć mechanizm odpowiedzialny za powstawanie takich struktur oraz przewidzieć ich kształt.

Transport białek przez pory mitochondrialne

Białka mitochondrialne są syntetyzowane poza mitochondrium (na rybosomach), i – aby dotrzeć do swojego "miejsca pracy" muszą zostać przeciągnięte przez pory błony mitochondrialnej. Średnica tych porów jest wielokrotnie mniejsza od charakterystycznych rozmiarów zwiniętej cząsteczki białka, a zatem łańcuch białkowy musi zostać rozwinięty aby przedostać się przez por. Praca poświęcona będzie analizie możliwych mechanizmów tego procesu.

Badanie wzrostu dendrytowego metodami analizy zespolonej

Praca dotyczy problemów niestabilnego wzrostu jednej fazy w drugiej. Przykładami takich procesów jest osadzanie elektrolityczne, wyładowania elektryczne w dielektryku, czy powstawanie palczastych, rozgałęzionych struktur przy wstrzykiwaniu mniej lepkiej cieczy do cieczy bardziej lepkiej. Niestabilność granicy między fazami w procesach tego typu prowadzi zwykle do tworzenia skomplikowanych, fraktalnych form, dynamika wzrostu których - szczególnie w późnych, nieliniowych etapach ich ewolucji - jest stosunkowo słabo zbadana. Jeśli wzrost taki zachodzi w geometrii quasi dwuwymiarowej, do jego opisu można zaprząć aparat współczesnej analizy zespolonej, w szczególności formalizm równania Loewnera.

Jacek Tafel

Warunki początkowe w ogólnej teorii względności

Jest to propozycja skierowana do studentów, którzy znają teorię Einsteina na poziomie wykładu Ogólna Teoria Względności I i chcą pisać pracę magisterską z tej specjalności. Jej elementami byłoby opisanie rozkładu próżniowych równań Einsteina na równania dynamiczne i więzy oraz zbadanie tych więzów w chwili początkowej dla stosunkowo prostej klasy danych. Klasa ta jest interesująca ponieważ uogólnia dane początkowe odpowiadające metryce Kerra i dopuszcza istnienie horyzontów czarnych dziur. Pewne własności można zbadać analitycznie, ale jest też możliwość zastosowania prostych metod numerycznych z wykorzystaniem programu Mathematica.

Marek Trippenbach

Procesy nieliniowe w układach optycznych.

Opis: Badania dotyczą nieliniowych układów optycznych z konkurującymi nieliniowościami, na przykład nieliniowością typu Kerra oraz nieliniowością termiczną. Takie układy są obecnie badane doświadczalnie i istnieje możliwość weryfikowania wyników teoretycznych

w eksperymentach, nawet w Polsce. Do realizacji tego projektu wymagana jest umiejętność programowania nieliniowych równań różniczkowych cząstkowych oraz metod analitycznych badania stabilności znalezionych rozwiązań.

Interferometr atomowy wykorzystujący oscylacje Rabiego gazu w podwójnej studni potencjału

Celem tej pracy magisterskiej jest wykonanie szczegółowej analizy wydajności interferometru atomowego opartego na oscylacjach Rabiego zimnego gazu bozonów w podwójnej studni potencjału. Przeanalizowane zostaną różne strategie estymacyjne, prowadzące do wyznaczenia wartości nieznanego parametru odstrojenia. Ponadto, wykorzystując parametry zaczerpnięte ze współczesnych eksperymentów interferometrycznych wykonanych w podwójnej studni potencjału, zbadana zostanie precyzja estymacji również w polu dalekim, gdy chmury atomów pochodzące z dwu studni już się przekrywają.

Zderzenia solitonów spinorowych

Solitony są falami materii, które można traktować jak pojedyncze oddziałujące cząstki, ponieważ ich funkcja falowa nie podlega dyspersji. Badania obejmują poszukiwania nowych solitonowych rozwiązań w układzie spinorowego kondensatu Bosego Einsteina. Badaliśmy kondensaty atomów z $F=1$ i znaleźliśmy nową klasę rozwiązań solitonowych – jasnych solitonów. Rozszerzenie tych badań będzie dotyczyło ciemnych solitonów oraz innych stanów ze struktury nadsubtelnej.

Reaktywne zderzenia ultrazimnych cząsteczek w sieciach i pułapkach atomowych

Badania dotyczą różnych modeli reaktywnych zderzeń ultra-zimnych cząsteczek oddziałujących poprzez izotropowy potencjał van der Waalsa. Oddziaływania międzymolekularne modelowane są przy pomocy potencjału typu delta z zespoloną długością rozpraszania. Przewiduje się zastosowanie zmodyfikowanych modeli Bosego Hubbarda

Krzysztof Turzyński

turzyn@fuw.edu.pl

pok. 136

tel. 22 55 32300

Widmo mas cząstek supersymetrycznych w nieminimalnych modelach przekazywania naruszenia supersymetrii przez oddziaływania cechowania

Dane doświadczalne z LHC bardzo ograniczają przestrzeń parametrów najprostszych modeli supersymetrii, w których naruszenie supersymetrii przekazywane jest przez oddziaływania cechowania. Z drugiej strony, jeśli skala mas cząstek przenoszących naruszenie supersymetrii (tzw. posłańców) jest bliska skali unifikacji oddziaływań silnych i elektroślabych, należy oczekiwać, że w naruszenie supersymetrii może wiązać się z naruszeniem zunifikowanej symetrii cechowania. W takim przypadku sektor pól posłańców będzie znacznie większy, niż to się zazwyczaj przyjmuje. Celem pracy jest scharakteryzowanie widma miękkich mas w takich modelach przekazywania naruszenia supersymetrii oraz dyskusja ograniczeń doświadczalnych.

Jakub Tworzydło

Jakub.Tworzydlo@fuw.edu.pl

Stany powierzchniowe stopowych izolatorów topologicznych.

W nowo odkrytej klasie materiałów półprzewodnikowych istnienie stanów powierzchniowych efektywnych elektronów Diraca jest gwarantowane argumentami topologicznymi zbudowanymi na pewnej symetrii krystalicznej. Nieporządek stopowy zaburza tę symetrię, jednak stany powierzchniowe są nadal obserwowane. W ramach realistycznego modelu stopowego półprzewodnika należy opisać i prześledzić los tych stanów. Sformułowanie zagadnienia będzie wymagało pewnego zaangażowania analitycznego, konkretne rozwiązania dostępne będą przy pomocy rachunków numerycznych.

Stany kwantowe w tablicach nadprzewodzących kubitów

W ostatnich latach udało się zbudować pierwsze tzw. obwody QED złożone z tablic nadprzewodzących kubitów oddziałujących z kwantowym modelem promieniowania. Uzyskane eksperymentalnie długie czasy koherencji oraz możliwość skalowania konstrukcji takich obwodów dają realną szansę budowy urządzeń do przetwarzania informacji kwantowej. Pierwszym zadaniem pracy jest ustalenie na podstawie literatury efektywnego opisu takich obwodów. W drugiej chodzić będzie o znalezienie i scharakteryzowanie stanów kwantowych przykładowego układu przy pomocy symulacji numerycznych.

Izolator topologiczny Andersona w polu magnetycznym

W pewnych półprzewodnikowych studniach dwuwymiarowych z najwyższym trudem udaje się zaobserwować kwantowy spinowy efekt Halla (QSHE). Modele teoretyczne wykazują, że obecność nieporządku może poprawiać własności tych studni tak, że zjawisko QSHE stanie się łatwiejsze do znalezienia. Jednocześnie obecność pola magnetycznego może dostarczyć niezależnego parametru do testowania przejścia od QSHE do anomalnego kwantowego zjawiska Halla (AQHE). Zadaniem pracy byłoby znalezienie parametrycznego opisu

własności tego typu układów z jednoczesnym uwzględnieniem pola magnetycznego i nieporządku.

TEMATY PRAC MAGISTERSKICH PRACOWNIKÓW KMMF

Jan Dereziński

Specjalność Fizyka Teoretyczna

Temat 1. Harmoniki sferyczne w 4 wymiarach i wielomiany Jacobiego

Opis: Uogólnienie formalizmu harmonik sferycznych z 3 wymiarów na 4 wymiary przy użyciu podwójnych współrzędnych sferycznych.

Temat 2. Renormalizacja polaryzacji próżni w kwantowej teorii pola z zewnętrznymi źródłami.

Opis: Naiwne podejście do polaryzacji próżni prowadzi do rozbieżnych wyników. Celem pracy będzie porównanie różnych podejść do renormalizacji tych wielkości.

Temat 3. Całki po trajektoriach ze ścisłego punktu widzenia

Opis: Całkowanie po trajektoriach jako ścisłe narzędzie matematyczne.

Temat 4. Przybliżenie semiklasyczne mechaniki kwantowej

Opis: Różne podejścia do klasycznej granicy mechaniki kwantowej, jej sens geometryczny, analityczny i fizyczny.

Temat 5. Delto-podobne potencjały w mechanice kwantowej

Opis: W mechanice kwantowej można używać potencjałów, których nośnik sprowadza się do jednego punktu. Są one bardzo użyteczne, gdyż różne problemy, w których one występują, są ściśle rozwiązalne.

Maciej Nieszporski

Specjalność Fizyka Teoretyczna

Temat 1. Równanie Riccatiego, jego linearyzacja, dyskretyzacja i uogólnienie na wiele pól

Opis: Równanie Riccatiego jest przykładem równania różniczkowego zwyczajnego nieliniowego, którego rozwiązywanie można sprowadzić do rozwiązywania równania liniowego (lub układu równań liniowych). Zadaniem magistranta będzie, po pierwsze prześledzenie konsekwencji faktu "linearyzowalności" równania Riccatiego, po drugie wskazanie jego zastosowań w teorii nieliniowych układów całkowalnych.

Temat 2. Układy równań różnicowych na zmienną wektorową dopuszczające istnienie wielu potencjałów skalarnych.

Opis: Nieliniowe równania różnicowe kryją wiele niespodzianek. Jedną z nich, zaanonsowaną w tytule, zajmiemy się w ramach niniejszej pracy magisterskiej.

Temat 3. Od odwzorowań Yanga-Baxtera do dyskretnych równań Painleve

Opis: Rozwiązania równań Painlevé stanowią rozwinięcie teorii funkcji specjalnych szczególnie ważne dla rozmaitych nieliniowych zagadnień fizyki. W pracy będziemy badać struktury związane z dyskretnymi (różnicowymi) równaniami Painlevé.

Temat 4. Inwolucje a dyskretny układ całkowalny

Opis: Tak proste funkcje jak funkcje wymierne z C^2 w C^2 będące inwolucjami stanowią doskonałe narzędzie klasyfikacyjne dla dwuwymiarowych całkowalnych równań różnicowych. Zadaniem studenta będzie znalezienie klasyfikacji inwolucji szczególnej postaci i znalezienie równań różnicowych całkowalnych odpowiadającym poszczególnym klasom.

Jacek J. Wojtkiewicz

Specjalność Fizyka Teoretyczna lub Inżynieria Nanostruktur

1. Fizyczne podstawy DFT oraz praktyczne opanowanie podstaw jakiegoś konkretnego programu do obliczeń własności cząsteczek chemicznych.

2. Obliczenia kwantowo-mechaniczne układów cząsteczek o znaczeniu dla fotowoltaiki.

3. Ścisłe wykazywana uniwersalność dla kwantowego łańcucha XY.

4. Analiza uporządkowań magnetycznych z oddziaływaniem RKKY przy użyciu modelu sferycznego.

5. Różne sformułowania hipotezy Riemanna i ich równoważność.

Komentarz. Hipoteza Riemanna ma kilka – może nawet kilkanaście – różnych sformułowań (zebrane np. w Wikipedii). Ich równoważność na ogół nie jest łatwa do wykazania, a na pewno (o ile mi wiadomo) nie ma tego w jednym miejscu i trzeba czytać wiele książek, a czasem i prac oryginalnych. Celem pracy jest przedstawienie funkcji zeta Riemanna, przedstawienie hipotezy Riemanna, dowodów cząstkowych wersji (np. tw. Hardy'ego), a następnie związków funkcji zeta z rozkładem liczb pierwszych i tego, jak się hipoteza Riemanna wiąże z asymptotykami rozkładu liczb pierwszych. Im więcej różnych pokazów równoważności się uda zebrać, tym lepiej; ale bardzo chciałbym zobaczyć dowód tw. Von Kocha.

Jacek Jezierski

Specjalność Fizyka Teoretyczna

1. Horyzonty ekstremalne, near horizon geometry

2. CYK tensorów

3. Kanoniczna struktura OTW

4. kwazilokalna energia w OTW

Katarzyna Grabowska i Paweł Urbański

Specjalność Fizyka Teoretyczna

Temat 1. Mechanika na algebroidach jako efekt redukcji mechaniki lagranżowskiej ze względu na symetrie.

Algebroidy są uogólnieniem wiązki stycznej. Można na nie patrzeć jak na zredukowaną, ze względu na symetrie, wiązkę styczną (np. do grupy, grupoidu itp.). Celem pracy jest porównanie opisu wariacyjnego pełnego układu z symetrią z opisem w języku wewnętrznym algebroidu.

Temat 2. Dyskretyzacja mechaniki analitycznej.

W zastosowaniach często zastępuje się standardową mechanikę analityczną mechaniką z czasem dyskretnym. Celem pracy jest pokazanie, jak mechanika dyskretna może być wprowadzona z mechaniki standardowej.

Temat 3. Elektrodynamika klasyczna jako teoria pola z cechowaniem.

Pełny zestaw równań elektrodynamiki (wersja całkowa i infinitezymalna), w języku geometrycznym, gdzie potencjał jest powiązaniem w wiązce głównej.

Piotr Sołtan

Specjalność Fizyka Teoretyczna

Temat 1. Moduły hilbertowskie, rozszerzenie teorii przestrzeni Hilberta

Opis: Przedstawienie teorii modułów hilbertowskich nad C^* -algebrami i wskazanie podobieństw i istotnych różnic między modułami hilbertowskimi, a przestrzeniami Hilberta. Uogólnienie pewnych faktów z teorii operatorów na przypadek modułów hilbertowskich.

Temat 2. Kwantowe przestrzenie odwzorowań i kwantowe grupy permutacji

Opis: Przestrzenie kwantowe to obiekty, których geometrie opisują nieprzemienne algebry. Wiele ciekawych przykładów takich przestrzeni powstaje jako tak zwane kwantowe przestrzenie odwzorowań. Praca powinna przedstawić kilka przykładów takich obiektów i zbadać ich niektóre własności.

Temat 3. Proste przykłady trojek spektralnych

Opis: Trójki spektralne są nieprzemiennymi uogólnieniami rozmaitości riemannowskich. Dzięki bardzo ogólnemu językowi opisu takich obiektów, ciekawe przykłady można otrzymać już w bardzo prostych (np. skończenie wymiarowych) przypadkach. Praca ma na celu przedstawienie kilku takich przykładów i ich elementarną analizę.

Temat 4. Algebra operatorów Toeplitza

Opis: Teoria operatorów Toeplitza jest standardowym elementem teorii operatorów nadprzestrzeni Hilberta i teorii funkcji. Celem pracy jest opis algebry tych operatorów i jej własności.

Paweł Kasprzak

Specjalność Fizyka Teoretyczna

1. Kwantowe sfery Podlesia dla zespolonego parametru deformacji.

Sfery Podlesia są kwantowymi przestrzeniami jednorodnymi dla q -deformacji grupy $SU(2)$ z rzeczywistym parametrem q . Ostatnio podano konstrukcję warkoczowych kwantowych grup $SU(2)$ dla zespolonego parametru deformacji q . Celem licencjatu/magisterski jest skonstruowanie kwantowych sfer dla zespolonego parametru deformacji q .

2. Oszczędne próbkowanie w nuklearnym rezonansie magnetycznym.

Widmo częstotliwości otrzymywane z użyciem nuklearnego rezonansu magnetycznego (NMR) jest kombinacją niewielkiej liczby pików Lorentzowskich. W szczególności widma te są w przybliżeniu rzadkie i do ich analizy można stosować algorytmy oszczędnego próbkowania (Compressed Censing). Celem licencjatu/magisterki jest badanie własności numerycznych i matematycznych używanego w tym kontekście algorytmu LPMP (Lorentz Peaks Matching Pursuit).

Javier de Lucas Araujo

Specjalność Fizyka Teoretyczna

1. Analiza i zastosowania układów Liego i ich uogólnień

Układ Liego to układ równań różniczkowych zwyczajnych. Te układy, np. równania Schrodingera na przestrzeni Hilberta skończonego wymiaru, pojawiają się w wielu dziedzinach nauki, posiadają wiele geometrycznych właściwości i można przeanalizować je za pomocą wielu technik z geometrii symplektycznej, Poissona, Diraca, Riemannowskiej, itd. Ponadto, układy Liego mają zastosowania w geometrycznej mechanice kwantowej i klasycznej, teorii równań różniczkowych, itd. To nowe podejście do znanych i nowych tematów często pozwala nam znaleźć nowe cechy znanych problemów oraz nowe wyniki. Celem pracy jest przeanalizowanie układów Liego lub ich uogólnień, np. równania Smorodinsky---Winternitza, Ermakowa, Riccatiego, za pomocą technik z geometrii różniczkowej i zastosowanie naszych wyników w mechanice klasycznej, kwantowej i teorii równań różniczkowych.

2. Geometryczna kwantyzacja

Celem tej pracy jest badanie podstawowych właściwości geometrycznych i algebraicznych kilku podejść do geometrycznej kwantyzacji. W tym, mamy zamiar analizować geometryczne metody, żeby rozwiązać równania Schrodingera problemu kwantowego za pomocą rozwiązań 'klasycznych' tego samego problemu kwantowego. To pozwoli nam podać bardziej geometryczny opis metody WKB. Dodatkowo, planujemy zbadać kwantyzację Diraca, tj. problem zbudowania morfizmu algebr Liego z zbioru funkcji gładkich na rozmaitości symplektycznej do algebry operatorów przestrzeni Hilberta.

Szymon Charzyński

Specjalność Fizyka Teoretyczna

Temat 1. Podgrupy paraboliczne grup Liego i separacja równań typu Weia-Normana.

Opis: Istnieje klasa równań różniczkowych zwyczajnych, dla których można szukać rozwiązania w postaci Weia-Normana. Są to równania na krzywą na grupie Liego. Przykładem równania, które należy do tej klasy jest równanie Schrödingera (z hamiltonianem zależnym od czasu). Okazuje się, że dla pewnego szczególnego wyboru współrzędnych na grupie równania Weia-Normana istotnie się upraszczają i separują - otrzymuje się hierarchię równań Riccatiego i całek. Wynik ten można również uzasadnić korzystając z własności pewnej klasy podgrup parabolicznych. Celem pracy będzie porównanie tych dwóch podejść do problemu, analiza konkretnych przykładów i zastosowań fizycznych.

Temat 2. Obliczenia numeryczne w OTW i ich astrofizyczne zastosowania.

Opis: Ostatnie kilka lat to intensywny rozwój metod numerycznych w OTW. Istnieją ogólnodostępne programy pozwalające na numeryczne symulowanie procesów takich jak na przykład zlewanie się czarnych dziur. Celem pracy dyplomowej będzie wykonanie symulacji z użyciem istniejących programów oraz przetestowanie wiarygodności wyników poprzez sprawdzenie ich stabilności numerycznej i wrażliwości na zmiany warunków początkowych. Symulacje będą wykonywane dla scenariuszy mogących mieć potencjalne zastosowanie w pewnej klasie astrofizycznych modeli powstawania błysków gamma.