

INSTYTUT FIZYKI TEORETYCZNEJ

Tematy prac licencjackich dla studentów studiów I stopnia w roku akademickim 2011/12

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

1. Zastosowania algebry komputerowej w mechanice kwantowej i teorii względności - *M.Misiak*

Zadanie do wykonania i opisanie w pracy licencjackiej będzie polegało na napisaniu programu w "Mathematica" do różnego rodzaju obliczeń analitycznych w ramach mechaniki kwantowej i teorii względności. W zależności od zainteresowań i umiejętności studenta obliczanymi wielkościami mogą być (alternatywnie): 1. Poprawki perturbacyjne do energii stanów związanych w wybranych potencjałach w nierelatywistycznej mechanice kwantowej. 2. Współczynniki Clebscha-Gordana do składania momentów pędu, lub ich uogólnienia dla grup innych niż SU(2). 3. Tensory Riemanna, Ricciego i Einsteina w zadanych metrykach w Ogólnej Teorii Względności. 4. Ślady z macierzy Diraca w diagramach Feynmana dla elektrodynamiki kwantowej.

2. Równania różniczkowe do diagonalizacji macierzy hamiltonianów - *S.Głazek*

Celem pracy jest zbadanie skuteczności nowych metod diagonalizacji macierzy w teoriach kwantowych za pomocą równań różniczkowych na przykładzie macierzy z Phys. Rev. D57, 3558 (1998).

3. Komputerowy opis jednowymiarowego ruchu cząstek kwantowych *S.Głazek*

Praca polega na napisaniu programu, który wizualizuje kwantowy ruch jednowymiarowej cząstki w zewnętrznym potencjale. Użytkownik gotowego programu powinien móc wybrać charakterystyki paczki falowej cząstki w stanie początkowym oraz potencjału, w którym ta cząstka ma się poruszać, i mieć możliwość śledzić rozwój funkcji falowej tej cząstki w czasie. Dobrze działający program zostanie umieszczony na stronie opiekuna pracy do użytku przez studentów.

4. Osobliwości równania Schoedingera z potencjałem delta w funkcji uciąglonego wymiaru przestrzeni - S.Głazek

Analityczne określenie zregulowanego potencjału delta w równaniu Schroedingera jako funkcji parametru określającego wymiar przestrzeni i opis generowanych rozbieżności ultrafioletowych w funkcji tego wymiaru. Wynikiem powinien być prosty przykład, w którym specjaliści będą mogli zaobserwować zależność rozbieżności ultrafioletowych od wymiaru przestrzeni, a studenci będą mieli okazję zapoznać się z podstawami regularyzacji wymiarowej.

5. Związki pomiędzy kondensacją Bosego-Einsteina a nadpłynnością - K.Byczuk

Praca ma polegać na przeglądzie literatury i uporządkowaniu wiedzy na temat: czy istnienie kondensacji Bosego Einsteina (makroskopowe obsadzenie stanu o najniższej energii) implikuje istnienie nadpłynności (czyli przepływu cieczy bez lepkości i kwantyzacją wirowości). Chcemy również wyprowadzić związek pomiędzy pozadiagonalnym porządkiem dalekiego zasięgu dla kondensatu, a gęstością składowej nadpłynnej w modelu dwucieczowym Tiszy-Landaua.

6. Układy z nieporządkiem, lokalizacja Andersona i teorie pola średniego – K.Byczuk

Obecność nieporządku w nieskończenie wielkim układzie kwantowym prowadzi do istnienia gęstego punktowego widma wzbudzeń. Elektrony znajdujące się w tych stanach są zlokalizowane, a cały układ jest izolatorem Andersona. Istnieją teorie typu pola średniego opisujące ten efekt na poziomie jedno lub dwucząstkowym. Chcemy zbadać jakie są związki pomiędzy tymi podejściami w oparciu o znaną literaturę i własne wyprowadzenia.

7. Badanie splątania kwantowego w układach kilku cząstek - K.Byczuk

Splątanie kwantowe jest potencjalnym źródłem możliwości dla komputerów kwantowych. Samo splątanie musi istnieć w prawie każdym kwantowym układzie z oddziałującymi cząstkami. Przy użyciu entropii von Neumanna oraz entropii względnej chcemy scharakteryzować ilość splątania w kwantowych układach wielu ciał. Chcemy ustalić jak na ilość splątania wpływa porządkowanie dalekiego zasięgu w układzie.

8. Symulacje Monte-Carlo w ciągłym czasie dla kwantowego oscylatora harmonicznego w polu elektrycznym - K.Byczuk

Na przykładzie kwantowego oscylatora harmonicznego chcemy przetestować symulacje Monte Carlo w ciągłym czasie. Problem ten stanowi wstęp do badania układów wielu oddziałujących bozonów i ich kondensatów.

9. Pękanie mączki ziemniaczanej - *P.Szymczak*

Gęsty roztwór mączki ziemniaczanej jest bardzo wdzięcznym obiektem do badania procesu pęknięcia. W zależności od warunków fizycznych (kształt naczynia, tempo wysuszenia etc.) uzyskuje się bardzo różne struktury spontanicznie powstających pęknięć: od przypadkowych do wysoce regularnych, takich jak heksagonalne kolumny, analogiczne do powstających w stygnącej lawie (patrz np. Grobla Olbrzymów w Irlandii). Praca będzie poświęcona teoretycznemu i/lub eksperymentalnemu badaniu powstawania i ewolucji struktury takich pęknięć.

10. Paradoks Levinthala i zwijanie białek - *P.Szymczak*

W warunkach fizjologicznych cząsteczki białek spontanicznie zwijają się przyjmując ściśle określoną, charakterystyczną dla danego białka strukturę (tzw. strukturę natywną). Pod koniec lat 60-tych Cyrus Levinthal zauważył, że liczba różnych możliwych stanów konformacyjnych białek jest tak wielka ($\sim 10^{140}$), że - gdyby założyć że przejście z jednej konformacji w drugą zajmuje zaledwie pikosekundę, to i tak losowe poszukiwanie natywnej konformacji powinno zająć białku czas dużo dłuższy od wieku Wszechświata. A jednak białka zwijają się w czasach rzędu milisekund. Wykorzystując proste modele, postaramy się wyjaśnić tę pozorną sprzeczność.

11. Spontaniczne łamanie symetrii chiralnej - *P.Szymczak*

Przyczyna homochiralności wielu podstawowych składników materii ożywionej pozostaje do dziś niewyjaśniona (naturalne cukry są prawie wyłącznie prawoskrętne a aminokwasy - lewoskrętne). Przyjrzymy się mechanizmom, zarówno fizycznym (wpływ pól zewnętrznych bądź przepływów) jak i chemicznych (reakcje autokatalityczne), które mogły spowodować złamanie symetrii chiralnej w pierwotnej zupie.

12. Siły Casimira w fizyce materii skondensowanej - *M.Napiórkowski*

13. Teoria skalowania układów krytycznych w skończonej objętości - *M.Napiórkowski*

14. Oddziaływania tensorowe i ich wpływ na poziomy jednocząstkowe w jądrach atomowych - *W.Satula*

Celem jest analiza stałych sprzężenia jądrowego funkcjonału gęstości związanych z oddziaływaniami tensorowymi i oddziaływaniem spin-orbita poprzez badanie ich wpływu na rozszczepienia poziomów jednocząstkowych w wybranych łańcuchach izotopowych. Zadaniem studenta będzie wykonanie obliczeń numerycznych dla wybranych poziomów jednocząstkowych i dla różnych parametryzacji funkcjonału gęstości inspirowanego modelem Skyrme'a, systematyczna analiza uzyskanych wyników teoretycznych i porównanie z danymi doświadczalnymi.

15. Efekt parzysto-nieparzysty w modelu z przywróconą symetrią rotacyjną - *W.Satula*

Efekt parzysto-nieparzysty w energii wiązania jąder atomowych jest standardowo uznawany za sygnał występowania korelacji typu nadprzewodnikowego. Celem pracy będzie zbadanie tego efektu w modelu pola średniego z przywróconą symetrią rotacyjną.

16. Przejścia beta Gamowa-Tellera – *W.Satula*

Celem pracy będzie wyprowadzenie wzorów na jądrowe elementy macierzowe przejścia beta typu Gamowa-Tellera w modelu pola średniego z przywróconymi symetrias rotacyjną i isospinową,

17. Chaos deterministyczny w dynamice Stokesa - *B.Cichocki*

Zjawisko opadania cząstek w lepkiej cieczy jest znakomitą ilustracją chaosu deterministycznego. Już ruch trzech cząstek jest trudny do "przewidzenia". Opis statystyczny staje się koniecznością.

18. Oscylacje neutrin: teoria i doświadczenie - *B.Grządkowski*

Teoretyczna część pracy powinna być poświęcona relatywistycznej mechanice kwantowej fermionów i ewentualnie również kanonicznemu kwantowaniu pól fermionowych koncentrując się na zagadnieniach typowych dla neutrin (fermiony Diraca i Majorany, masy Diraca i Majorany). Dobrze by było gdyby praca zawierała opis sektora leptonowego Standardowego Modelu oddziaływań elektroślabych. Zjawisko oscylacji neutrin w próżni powinno być omówione. Student powinien zrozumieć i opisać naturalne i laboratoryjne mechanizmy powstawania neutrin. W pracy należy opisać metody doświadczalne stosowane w badaniu oscylacji neutrin. Znacznym ułatwieniem w przygotowaniu tej pracy będzie ogromna literatura dotycząca fizyki neutrin.

19. Tunelowanie w mechanice kwantowej i skalarnej teorii pola - *B.Grządkowski*

Praca powinna zawierać opis półklasycznych przybliżonych metod używanych w mechanice kwantowej. Należy szczegółowo przedyskutować odpowiedniość pomiędzy przybliżonym opisem kwantowym, a klasycznymi Euklidesowymi trajektoriami cząstek w „odwróconym” potencjale. Powinien być rozważony przypadek jednego stopnia swobody i uogólnienie dla wielu stopni swobody, tak by wiarygodne było zastosowanie analogicznych metod w teorii pola (w tym przypadku skalarne). Praca powinna zawierać ilustracje półklasycznych przybliżeń w wybranych (prostych) przypadkach tunelowania. Część pracy powinna być poświęcona tunelowaniu w teorii pola skalarne ze stanu lokalnego minimum energii do rzeczywistego stanu podstawowego (globalne minimum). Takie metody mają bezpośrednie zastosowanie w badaniu ewolucji wczesnego wszechświata.

Literatura:

1. V. Rubakov, „Classical Theory of Gauge Fields”,
2. S. Coleman, “Aspects of symmetry”,
3. M. Razavy, “Quantum theory of tunneling”,

20. Badanie trajektorii inflacyjnych w modelach z wieloma polami skalarnymi - K.Turzyński

Rozszerzenie Modelu Standardowego oddziaływań elementarnych motywowane teorią strun często charakteryzują się występowaniem wielu pól skalarnych, które, przy odpowiednio dobranych parametrach, mogą być niekiedy wykorzystane do inflacji. Inflacja to okres ewolucji Wszechświata, podczas którego energia Wszechświata jest zdominowana przez energię potencjalną jednego lub więcej pól skalarnych, co zapewnia bardzo szybkie, eksponencjalne w czasie, rozszerzanie się Wszechświata. Celem proponowanej pracy będzie poszukiwanie trajektorii pozwalających na zachodzenie inflacji w kilku zadanych potencjałach pól skalarnych. Ponieważ interesujące potencjały mają często bardzo skomplikowaną postać analityczną, równania ruchu (zwykajne, drugiego rzędu) dla jednorodnych pól skalarnych rozwiązuje się w tym przypadku numerycznie.

21. Geometria szczególnej teorii względności - A.Okołów

Zarówno kinematyka jak i dynamika relatywistycznego punktu materialnego mogą być sformułowane w języku geometrii analogicznej do geometrii w trójwymiarowej przestrzeni.

22. Spinory w czasoprzestrzeni Minkowskiego - A.Okołów

Ważną rolę w opisie struktury czasoprzestrzeni Minkowskiego odgrywają linie świata promieni świetlnych. Wygodnym narzędziem do ich opisu są pewne zespolone wektory zwane spinorami.

23. Formalizm Hamiltonowski i formy różniczkowe - A.Okołów

Niektóre teorie pola takie jak np. elektrodynamika czy ogólna teoria względności dają się wyrazić w języku form różniczkowych tzn. pola występujące w danej teorii można opisać za pomocą form, a jej lagranżjan można skonstruować z tychże form używając mnożenia zewnętrznego, pochodnej zewnętrznej i tzw. gwiazdki Hodge'a. Celem pracy będzie opis formalizmu Hamiltonowskiego takich teorii przy użyciu form różniczkowych.

24. Grawitacja kwantowa w trzech wymiarach i niezmienniki topologiczne 3-rozmaitości - J.Lewandowski

(T) Zabawkowym modelem teorii Einsteina 4-wymiarowej czasoprzestrzeni jest analogiczna teoria zdefiniowana na rozmaitościach 3-wymiarowych zwana „3-wymiarową grawitacją”. Jednym z zadziwiających rezultatów ubocznych tej teorii są niezmienniki topologiczne Reshetikhina i Turaeva. Niezmienniki te wprowadza się wykorzystując narzędzia topologii algebraicznej (CW-kompleksy) oraz elementy algebry (grupy kwantowe). Celem pracy będzie uogólnienie definicji niezmienników na piany spinowe. Wymagania: upodobanie do teorii reprezentacji, grafów i CW-kompleksów, znajomość wzoru na działanie pola grawitacyjnego.

25. Relatywistyczna cząstka kwantowa w czasoprzestrzeni o stałej krzywiznie - J.Lewandowski

Cząstkę kwantową w czasoprzestrzeni Minkowskiego opisujemy jako element reprezentacji grupy izometrii, czyli grupy Poincaré'go. 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.

26. Unitarne reprezentacje grupy Lorentza i zastosowania w pianowo spinowych modelach - J.Lewandowski

(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.

27. Poszukiwanie cząstki Higgsa i efektów ciemnej materii w LHC - M.Krawczyk

Istnienie cząstki (cząstek) Higgsa i cząstek ciemnej materii mogą, choć nie muszą, być ze sobą związane. W prostym rozszerzeniu Modelu Standardowym z dwoma dubletami pól skalarnych efekty te wiążą się ze sobą. Cząstka Higgsa w tym modelu ma wiele cech cząstki Higgsa w Modelu Standardowym, zaś własności cząstki ciemnej materii są w zgodzie z danymi astrofizycznymi. Badanie własności cząstki Higgsa w tym modelu, przy założeniu, że cząstka ciemnej materii jest bardzo lekka (masa poniżej 10 GeV), stanowić może dobry temat pracy licencjackiej, z naturalnym rozszerzeniem do pracy magisterskiej.

28. Równanie falowe w pięciowymiarowej czasoprzestrzeni z brzegami - Z.Lalak

W zderzaczu LHC poszukiwane będą sygnały mogące świadczyć o tym, że czasoprzestrzeń może mieć więcej niż trzy wymiary przestrzenne. W prostym modelu uogólniającym standardową elektrodynamikę można studiować podstawowe własności propagacją fal w pięciowymiarowej przestrzeni z brzegiem.

29. Czarne dziury w LHC - Z.Lalak

W zderzaczu LHC tworzyć się mogą czarne dziury, o ile czasoprzestrzeń ma więcej niż cztery wymiary i pod warunkiem, że wyżej-wymiarowa stała grawitacji jest rzędu 1000 mas protonu. Przybliżony opis powstawania i rozpadu takich czarnych dziur można uzyskać metodami prawie klasycznymi.

30. Supersymetryczna mechanika kwantowa - J.Pawłczyk

(T) Supersymetryczna mechanika klasyczna oprócz zwykłych zmiennych komutujących zawiera zmienne antykomutujące. Kwantowanie tych zmiennych prowadzi do opisu stopni swobody cząstki związanych z teorią grup i tak np. w ten sposób można otrzymać relatywistyczne równanie Diraca dla cząstek ze spinem. Proponowana praca licencjacka dotyczyłaby problemu kwantowania różnych modeli z antykomutującymi zmiennymi i fizycznej interpretacji otrzymanej mechaniki kwantowej. Wymagania: mechanika kwantowa I, elementy teorii grup, mechanika relatywistyczna.

31. Całkowalne modele układów spinowych - J.Pawelczyk

Układy całkowalne (dokładnie rozwiązywalne) odgrywają znaczącą rolę w poznaniu teorii fizycznych w tym teorii oddziaływań fundamentalnych. Celem licencjatu byłoby pokazanie na czym polega całkowalność na najprostszym przykładzie modelu Heisenberga spinów rozmieszczonych na prostej. Praca powinna zawierać rachunki prowadzące do wyznaczenia energii podstawowych wzbudzeń takiego modelu. *Wymagania: znajomość mechaniki kwantowej.*

32. Spontaniczne naruszenie symetrii i bozony Goldstone'a w teorii oddziaływań elementarnych - S.Pokorski

Zjawisko spontanicznego naruszenia symetrii leży u podstaw zrozumienia mechanizmu nadawania masy cząstkom elementarnym. Jego konsekwencja jest w wielu interesujących przypadkach pojawianie się lekkich stanów w spektrum masowym modeli oddziaływań fundamentalnych. Realizacja projektu pozwoli poznać najnowsze zastosowania spontanicznego naruszenia symetrii w fizyce cząstek elementarnych.

33. Nowe funkcjonały gęstości energii do opisu własności jąder atomowych - J.Dobaczewski

Projekt ma na celu włączenie studenta w aktualne prace naukowe prowadzone w IFT i na Uniwersytecie w Jyväskylä (Finlandia) w zakresie nowoczesnych metod opisu własności jąder atomowych. Badane będą związki pomiędzy strukturą jednocząstkową jąder atomowych (opis w języku składników - protonów i neutronów) a strukturami kolektywnymi (opis jądra atomowego jako całości). Szczególnie wiele uwagi będzie poświęcone zagadnieniom przywracania naruszonych symetrii w samozwiązanych układach fermionowych, jakimi są jądra atomowe i chmury zimnych atomów. Projekt będzie mógł być wykonywany w Warszawie lub w ramach stażu naukowego ERASMUS na Uniwersytecie w Jyväskylä.

34. Nieklasyczne momenty funkcji Wignera - A. Bednorz

Funkcja Wignera udaje prawdopodobieństwo w mechanice kwantowej, ale może przyjmować ujemne wartości. Jak można stwierdzić jej ujemność znając tylko

wartości skończonej liczby jej momentów $\langle x_{kpn} \rangle$? Dla jakich stanów kwantowych jest to możliwe?

35. Kwaziprawdopodobieństwo w skończone wymiarowych przestrzeniach Hilberta - A.Bednorz

Kwantowe pomiary operatorów nieprzemiennych można opisać tylko kwaziprawdopodobieństwem, które może przyjmować ujemne wartości. Obliczyć kwaziprawdopodobieństwo dla dwu- i trójwymiarowych przestrzeni Hilberta i odpowiednich prostych operatorów. Kiedy jest ujemne?

36. Efekt Zenona - A.Bednorz

W antycznym paradoksie Zenona z Elei Achilles nie dogoni żółwia. Klasyczny paradoks staje się realnym problemem w mechanice kwantowej: stały pomiar rzutowy (nieskończenie silny) może zatrzymać układ. Przeanalizować pojawianie się efektu Zenona w prostym dwu- i trójpoziomowym układzie w zależności od siły pomiaru i jego częstości.

37. Teoria stopowa dla izolatora topologicznego - J.Tworzydło

(T) Już od dwóch dekad wiadomo było, że zjawisko precyzyjnego kwantowania stopni przewodnictwa Halla (Nobel 1985) może być wyjaśnione przy użyciu matematycznych obiektów nazywanych niezmiennikami topologicznymi. Uczyniono wiele, bezowocnych prób uogólnienia i zastosowania niezmienników topologicznych do innych sytuacji fizycznych. Przełom dokonał się w ostatnich latach, a odkryte na tej drodze nowe materiały noszą nazwę izolatorów topologicznych. Celem pracy byłoby teoretyczne zbadanie, czy przykładowy półprzewodnik wykazuje cechy izolatora topologicznego, gdy uwzględnimy nieporządek stopowy.

38. Stany krawędziowe w grafenie - J.Tworzydło

(T) Zaskakujące odkrycie dwuwymiarowego kryształu grafenu zostało uhonorowane tegoroczną Nagrodą Nobla. Kryształ taki na brzegach posiada ostre krawędzie, określane jako „zig-zag” lub „armchair”. W przeglądowej części pracy należy opisać, znane z literatury, kwantowe stany kwazi-elektronów Diraca w pobliżu tych krawędzi. Jako przykład zastosowania poznanego w ten sposób formalizmu można rozwiązać nietypową krawędź grafenu, zaobserwowaną niedawno w eksperymentach.

39. Zastosowanie symetrii do rozwiązywania równań różniczkowych - J.Tafel

(T) Wiele równań występujących w fizyce jest zachowanych przez transformacje współrzędnych tworzące pewną grupę, np. równanie Laplace’a jest zachowane przy translacjach i obrotach układu odniesienia. Uogólnieniem takich transformacji są tzw. transformacje punktowe, w których nowe współrzędne i nowe funkcje szukane zależą od początkowych współrzędnych i funkcji szukanych. Znalezienie symetrii układu równań różniczkowych jest często kluczem do znalezienia szczególnych rozwiązań tego układu. Można je też wykorzystać do otrzymania nowych rozwiązań z rozwiązań uzyskanych przy pomocy innej metody. Celem pracy będzie

zaznajomienie się ze sposobem wyliczania symetrii równań różniczkowych i zrozumienie przykładów zastosowania tych symetrii.

40. Energia i pęd w ogólnej teorii względności - J.Tafel

W teorii Einsteina nie da się zdefiniować gęstości energii i pędu, natomiast można określić całkowitą energię i pęd pola grawitacyjnego w przypadku czasoprzestrzeni asymptotycznie płaskich. W pracy licencjackiej należy opisać procedurę konstruowania globalnych wielkości fizycznych, takich jak energia, i niezbędne założenia odnośnie czasoprzestrzeni. Będzie to praca przeglądowa, wykonalna pod warunkiem zaliczenia wykładu z ogólnej teorii względności.

41. Geometria krzywych w przestrzeni Minkowskiego - A.Szereszewski

Modelem czasoprzestrzeni w szczególnej teorii względności jest przestrzeń Minkowskiego. W przestrzeni tej trajektoriami cząstek masywnych są krzywe czasowe, natomiast cząstki bezmasowe poruszają się po krzywych zerowych. Celem pracy będzie geometryczny opis tych krzywych przy użyciu ruchomego reperu (podobnie jak w mechanice klasycznej z poruszającym się obiektem związany jest wektor styczny do trajektorii, normalny i binormalny).

42. Optymalne ataki na protokoły kryptografii kwantowej – implementacje procedur opartych o „semi-definite programming” – R.Demkowicz-Dobrzański

Bezpieczeństwo kryptografii kwantowej jest gwarantowane przez fundamentalne prawa mechaniki kwantowej nie pozwalające na uzyskanie informacji o stanie kwantowym bez wprowadzenia zaburzenia. Dla praktycznego zastosowania konieczne jest znalezienie optymalnych ataków na protokoły kryptografii kwantowej, które dają górne ograniczenie na maksymalną ilość informacji jaką mógł uzyskać potencjalny podsłuchiwaniec. Zadanie będzie polegało na implementacji procedury pozwalającej znaleźć optymalne ataki dla najbardziej popularnych protokołów kryptografii kwantowej: BB84, B92, six-state protocol.

43. Badanie podprzestrzeni wolnych od dekoherencji w komunikacji kwantowej w obecności skorelowanego szumu - analiza konkretnego modelu” - R.Demkowicz-Dobrzański

Obecność szumu znacząco obniża wydajność komunikacji zarówno klasycznej jak i kwantowej. Istnienie kwantowych stanów splątanych pozwala jednak w pewnych okolicznościach na znacznie wyższą pojemność transmisji niż jest osiągalna w przypadku użycia stanów klasycznych. Jest to szczególnie widoczne w sytuacjach gdy szum jest doskonale skorelowany. Istnieją wtedy tak zwane przestrzenie wolne od dekoherencji w których informacja jest całkowicie zabezpieczona przed szumem. Zadanie będzie polegało na analizie przepustowości konkretnego kanału kwantowego w obecności skorelowanego szumu i zbadaniu jak zmniejszenie siły korelacji wpływa na strukturę przestrzeni wolnych od dekoherencji.

44. Efektywna rekonstrukcja stanów kwantowych metodą „compressed sensing” – implementacja metody rekonstrukcji stanów z wykorzystaniem semi-definite programming” - *R.Demkowicz-Dobrzański*

Stwierdzenie jaki stan kwantowy przygotowaliśmy w eksperymencie jest kluczowym elementem każdej pracy eksperymentalnej z dziedziny kwantowej teorii informacji. Przy wzrastającej złożoności eksperymentów i coraz większej liczbie cząstek, tradycyjny proces rekonstrukcji stanu staje się niewydajny. Konieczne jest ograniczenie liczby pomiarów i parametrów stanu tak by złożoność problemu nie rosła wykładniczo. Zadanie polegać będzie na implementacji jednej z procedur opartej na pomysłach „compressed sensing” polegającej na istotnym ograniczeniu liczby wykonywanych pomiarów możliwym przy założeniu niskiego rzędu macierzy gęstości.

45. Optymalizacja przygotowania stanów za pomocą optyki liniowej – pakiet w Mathematica - *R.Demkowicz-Dobrzański*

Eksperymentalne realizacje protokołów kwantowej teorii informacji są najczęściej realizacjami optycznymi. Podstawowymi cegiełkami takiej realizacji są źródła pojedynczych fotonów, płytki światłodzielące, lustra i detektory. Korzystając z tych elementów można przygotowywać stany światła konieczne do implementacji protokołu. Niestety nie wszystkie stany można przygotować równie łatwo i często jest to możliwe jedynie probabilistycznie. Zadanie będzie polegać na napisaniu pakietu w Mathematicie pozwalającego na symulowanie dowolnych układów liniowo optycznych, oraz znalezienie optymalnego przygotowania pewnego interesującego stanu dwu fotonowego.

46. Własności krytyczne klasycznych modeli $O(N)$ – *P.Jakubczyk*

Dwuwymiarowe oraz trójwymiarowe modele $O(N)$ opisują uniwersalne własności szerokiej klasy układów krytycznych. Celem pracy jest ich zbadanie (dla wybranych przypadków i w ramach metody uzgodnionej z opiekunem pracy). Praca wymagała będzie zarówno wykonania rachunków analitycznych, jak i numerycznych (napisania programu rozwiązującego uprzednio wyprowadzony układ równań różniczkowych).

47. Bezpieczeństwo kryptografii kwantowej dla protokołów niekompletnych tomograficznie – *K.Banaszek*

Jednym z zasadniczych problemów w kryptografii kwantowej jest oszacowanie, ile informacji mogło zostać zdobyte w wyniku podsłuchu kanału kwantowego. Uprawnione strony protokołu dokonują tego na podstawie wyników pomiarów otrzymanych przez odbiorcę dla poszczególnych stanów kwantowych wysyłanych przez nadawcę. Dla większości protokołów dane te nie pozwalają na pełną tomograficzną charakteryzację kanału kwantowego. Celem pracy będzie opracowanie programu komputerowego umożliwiającego znalezienie najbardziej pesymistycznego scenariusza zgodnego z obserwowanymi danymi, a następnie wykorzystanie go do analizy bezpieczeństwa praktycznych protokołów.

48. Interferometryczna detekcja nieortogonalnych stanów qubitów – *K.Banaszek*

Celem pracy będzie zbadanie układu interferometrycznego, który pozwala na częściowe rozróżnienie trzech stanów qubitów tworzących trójkąt równoboczny na sferze Blocha. Qubit jest zrealizowany jako superpozycja dwóch binów czasowych pojedynczego fotonu, co dobrze nadaje się do transmisji światłowodowej. Układ taki może służyć jako odbiornik w protokole kryptografii kwantowej opartej o trójkę stanów nieortogonalnych.

49. Łamanie nierówności Bella dla ograniczonego wyboru baz pomiarowych - *K.Banaszek*

W niektórych schematach łamania nierówności Bella pewne pomiary mogą być wykonane łatwiej niż inne. Celem pracy będzie optymalizacja łamania nierówności Bella dla dwóch qubitów, gdy bazy pomiarowe są ograniczone do zadanego dyskretnego zbioru. Połączenie tego wyniku z kodami kwantowymi odpornymi na stratę fotonu może pozwolić na obniżenie progu na wydajność detekcji dla bezwarunkowego testu nierówności Bella.