

Tematy prac licencjackich dla studentów studiów indywidualnych 2011 – propozycje IFT

1. 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.

2. Solitonowe rozwiązania równań pola. / B. Grzadkowski

a) typu „vortex” w skalarnej elektrodynamice w (2+1) wymiarowej czasoprzestrzeni (prototyp teorii pola z dwoma dodatkowymi wymiarami).

We wstępie pracy powinny zostać zwięźle opisane podstawowe elementy klasycznej teorii pola takie jak zasada najmniejszego działania, równania pola, tw. Noether, lokalne i globalne symetrie, Lagrangian teorii pola skalarne (czyli najprostszy model cząstki Higgsa), teoria Abelowego pola cechowania (czyli elektrodynamika), spontaniczne łamanie symetrii i mechanizm Higgsa dla teorii Abelowej (czyli mechanizm testowany w LHC). Dobrze by było gdyby w pracy znalazł się dowód tw. Derricka o istnieniu rozwiązań solitonowych. Zasadniczym fragmentem pracy byłoby poszukiwanie niezależnych od czasu i zlokalizowanych w przestrzeni rozwiązań równań pola dla elektrodynamiki sprzężonej z polem skalarnym w czasoprzestrzeni o 2 wymiarach przestrzennych i 1 wymiarze czasowym (2+1). Są to rozwiązania znane pod nazwą „vortex”. Student powinien zbadać stabilność takich rozwiązań oraz przedyskutować oddziaływania fluktuacji pola (czyli małych zaburzeń) wokół znalezionych rozwiązań. Dobrze byłoby gdyby w pracy rozważono zarówno niezwarłe jak i zwarte kierunki przestrzenne. Praca mogłaby mieć charakter badawczy.[1,2]

b) typu "kink" w teorii pola skalarne w (1+1) wymiarowej czasoprzestrzeni (model lokalizacji fermionów w teoriach pola z jednym dodatkowym wymiarem).

Ta wersja pracy wymaga podobnego wstępu jak poprzednia. Zasadniczy jej element to poszukiwanie niezależnych od czasu i zlokalizowanych w przestrzeni rozwiązań równań pola w teorii pola skalarne sprzężonego do pola fermionowego w czasoprzestrzeni o 1 wymiarze czasowym i przestrzennym (1+1). Zarówno niezwarłe jak i zwarte kierunek

przestrzenny powinien być rozważony. Należy zbadać stabilność takich rozwiązań oraz przedyskutować własności fluktuacji wokół znalezionych rozwiązań. Praca mogłaby mieć charakter badawczy. [1,2]

3. 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 skalarnej). Praca powinna zawierać ilustracje półklasycznych przybliżeń w wybranych (prostych) przypadkach tunelowania. Część pracy powinna być poświęcona tunelowaniu w teorii pola skalarnej ze stanu lokalnego minimum energii do rzeczywistego stanu podstawowego (globalne minimum). Takie metody mają bezpośrednie zastosowanie w badaniu ewolucji wczesnego wszechświata. [1,2,3,4]

Literatura do tematów 2) i 3)

1. V. Rubakov, „Classical Theory of Gauge Fields”
2. S. Coleman, „Aspects of symmetry”
3. M. Razavy, „Quantum theory of tunneling”
4. S. Coleman, „The Fate of the False Vacuum. 1. Semiclassical Theory.” Phys. Rev. D15, 2929-2936,1977, Erratum-ibid.D16:1248,1977.

4. Koneksja i teoria Yanga-Millsa. / P. Nurowski

Pojęcie koneksji jest kluczowe w klasycznej teorii pola. Występuje w sposób naturalny w teorii względności i w teoriach z cechowaniem. Celem tego tematu jest zaznajomić studenta z tym pojęciem, nauczyć podstaw matematycznej teorii koneksji i opisać w jaki sposób koneksja występuje w teorii Yanga-Millsa.

5. Geometria konforemna i jej niezmienniki. / P. Nurowski

Geometria konforemna to struktura na rozmaitości zdefiniowana przez klasę metryk, które różnią się o skalujący czynnik funkcyjny. Jest to uogólnienie geometrii (pseudo)riemannowskiej na przypadek sytuacji, gdy istotne są tylko kąty między wektorami, a ich długość nie ma znaczenia. Celem tego tematu jest opisanie wszystkich niezmienników dla takich geometrii. Bedzie to wymagać poznania uogólnień pojęć koneksji Levi-Civity i tensora Riemanna z geometrii (pseudo)riemannowskiej. Student pozna i opisz takie konstrukcje jak: normalna konforemna koneksja Cartana, koneksja traktorowa i metrykę otaczającą Feffermana-Grahama.

6. Geometria projektywna i jej niezmienniki. / P. Nurowski

Geometria projektywna to struktura na rozmaitości zdefiniowana przez niesparametryzowane geodezyjne koneksji beztorsyjnej. Jest ona fizycznie interesująca, ponieważ w wielu modelach fizyki teoretycznej geodezyjne są możliwymi trajektoriami cząstek fizycznych. Celem tego programu jest opis wszystkich niezmienników geometrii projektywnych w języku normalnej projektywnej koneksji Cartana. Innym celem jest opis odpowiedzi na pytanie kiedy geometria projektywna definiowana jest przez geodezyjne koneksji Levi-Civity pewnej metryki na rozmaitości.

7. 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 z kwantyzacją wirowości). Chcemy również wyprowadzić związek pomiędzy pozadiagonalnym porządkiem dalekiego zasięgu dla kondensatu, a gęstością składowej nadpłynnej w modelu dwucieczowym Tiszy-Landaua.

8. 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 dwu-cząstkowym. Chcemy zbadać jakie są związki pomiędzy tymi podejściami w oparciu o znaną literaturę i własne wyprowadzenia.

9. Badanie splątania kwantowego w układach wielu 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 uporządkowanie dalekiego zasięgu w układzie.

10. Przesunięcie Lamba w helu mionowym. / K. Pachucki

Kulombowskie oddziaływanie jądra helu (α) z mionem jest zmodyfikowane przez kreacje par elektron-pozytron, tak zwany efekt polaryzacji próżni. Jaki jest wpływ tego efektu na rozczepienie poziomów 2S-2P w wodoropodobnym układzie α - muon ? Obecnie w PSI przygotowywany jest dokładny pomiar tego rozczepienia w celu wyznaczenia promienia ładunkowego jądra helu.

11. Dokładna funkcja falowa molekuly H₂. / K. Pachucki

Celem jest dokładne rozwiązanie równania Schrodingera dla molekuly H₂ w bazie funkcji wykładniczych poprzez optymalny wybór nieliniowych parametrów. Następnie z tak otrzymana funkcja należy wyznaczyć wartości oczekiwane $\delta(r_{1A})$, $\delta(r_{12})$ i porównać ze znanymi wartościami z literatury.

12. 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.

13. Ciemna materia w termicznej historii Wszechświata / S. Pokorski

Ciemna materia to jedna czwarta energii Wszechświata. Fizyka oddziaływań elementarnych wyjaśnia pochodzenie ciemnej materii i pozwala prześledzić ewolucje Wszechświata oraz ciemnej materii od wielkiego wybuchu do chwili obecnej. Realizacja projektu zmierzać będzie do zbudowania prostego modelu ewolucji kosmologicznej ciemnej materii.

14. 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 konsekwencją 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.

15. Mieszanie stanów kwantowych w teorii oddziaływań elementarnych / Z. Lalak

W teorii cząstek elementarnych występuje mieszanie stanów kwantowych prowadzące często do ciekawych obserwowalnych konsekwencji, na przykład mieszania neutralnych cząstek K lub oscylacji zapachów neutrin. Projekt zmierza do sformułowania prostego, kwantowo-mechanicznego opisu takich zjawisk.

16. Teorie Kaluzy-Kleina: modele z branami / Z. Lalak

Modele Kaluzy-Kleina zawierające dodatkowe wymiary przestrzenne są jednymi z najciekawszych rozszerzeń Modelu Standardowego oddziaływań fundamentalnych. Pozwalają zgeometryzować problem hierarchii skal masowych i wyjaśnić za pomocą zasady lokalności hierarchie oddziaływań w fizyce cząstek elementarnych. Realizacja tego projektu pozwoli poznać konstrukcje i sposób działania takich modeli.

17. Superdozwolony rozpad beta. / W. Satuła

Superdozwolony rozpad beta jest fascynującym zjawiskiem łączącym fizykę wielu ciał z takimi fundamentalnymi aspektami modelu standardowego jak hipoteza zachowanego prądu wektorowego czy unitarność macierzy CKM. Celem pracy będzie policzenie numeryczne elementów macierzowych przejścia beta (Fermiego) i wyznaczenie współczynnika zmieszania izospinowego dla wybranych par jąder atomowych.

18. Programowanie symboliczne w fizyce teoretycznej. / 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):

- Poprawki perturbacyjne do energii stanów w związanych w wybranych potencjałach w nierelatywistycznej mechanice kwantowej.
- Współczynniki Clebscha-Gordana do składania momentów pędu, lub ich uogólnienia dla grup innych niż $SU(2)$.
- Tensory Riemanna, Ricciego i Einsteina w zadanych metrykach w Ogólnej Teorii Względności.
- Ślady z macierzy Diraca w diagramach Feynmana dla elektrodynamiki kwantowej.

19. 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 wysuszania 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.

20. 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.

21. Unitarne reprezentacje grupy Lorentza / J. Lewandowski

TRUDNE!!! 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.

22. Co widzi kosmonauta zbliżając się do horyzontu czarnej dziury? /

J. Lewandowski

Podobno zbliżając się do horyzontu czarnej dziury powinniśmy mieć wrażenie, że wszystkie świecące obiekty na niebie zbierają się za nami wewnątrz okręgu, którego promień maleje do zera wraz z naszą odległością od horyzontu. Zadaniem studenta, jest ustalenie, czy to prawda. Koniecznym w tym celu równaniem geodezyjnym w czasoprzestrzeni czarnej dziury nie są trudniejsze od równań mechaniki klasycznej.

23. Trudności w geometrycznym sformułowaniu kwantowej teorii pola na przykładzie mechaniki kwantowej / J. Lewandowski

Istnieje piękne geometryczno-algebraiczne 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 oscylatora harmonicznego. Z drugiej strony, mechanika kwantowa jest dobrze rozumiana dla wszystkich potencjałów. Zadaniem studenta, będzie uogólnienie podejścia geometryczno-algebraicznego na przypadek nieliniowej przestrzeni rozwiązań klasycznych, czyli na mechanikę kwantową punktu materialnego z dowolnym potencjałem. Wymagania: elementy geometrii różniczkowej, upodobanie do algebry (* algebry itp).

24. Równanie Diraca w jednostajnie przyspieszonym pudełku. / J.

Lewandowski

Zadanie polega na zbadaniu i ewentualnym rozwiązaniu równania Diraca cząstki uwięzionej w jednostajnie przyspieszonym pudełku. Jednym z problemów będzie ustalenie, czy wynik tłumaczy promieniowanie jednostajnie przyspieszanego ładunku. Wymagania: elementy geometrii różniczkowej.

25. Model czynnika kształtu hadronu z uwzględnieniem gluonów /

S. Głazek

Praca polega na obliczeniu i narysowaniu elektromagnetycznego czynnika kształtu hadronu w najprostszym modelu z uwzględnieniem gluonów oraz porównaniu wyniku z przykładami znanymi doświadczalnie.

26. Różniczkowe równania grupy renormalizacji dla oscylatora anharmonicznego / S. Głazek

Praca polega na napisaniu i rozwiązaniu w wybranym przybliżeniu równań procedury grupy renormalizacji dla cząstek efektywnych w przypadku oscylatora anharmonicznego (model pola Higgsa w 0 wymiarowej przestrzeni).
