

PROPOZYCJE PRAC MAGISTERSKICH W ROKU AKADEMICKIM 2014/15

Dla studentów kierunku Fizyka

Specjalność: Fizyka Jądrowa i Cząstek Elementarnych

ZAKŁAD CZĄSTEK I ODDZIAŁYWAŃ ELEMENTARNYCH IFD

Poszukiwanie bozonu Higgsa w kanale rozpadu $H \rightarrow ZZ \rightarrow 4\mu$

Opiekun: dr Artur Kalinowski

W lipcu 2012 roku eksperymenty ATLAS i CMS ogłosiły w laboratorium CERN odkrycie cząstki, której własności są zgodne z poszukiwanym od kilkudziesięciu lat bozonem Higgsa. Praca magisterska będzie polegała na analizie danych zebranych przez eksperyment CMS działający w CERNie przy Wielkim Zderzaczu Hadronów (ang. LHC) i selekcji przypadków produkcji bozonu Higgsa, a następnie wyznaczeniu jego masy. Elementami pracy będzie czytanie dużych ilości danych doświadczalnych przy pomocy równoległego przetwarzania na klastrach komputerowych. Wymagane też będzie tworzenie programów w języku C++, które będą używane do analizy przypadków zderzeń proton-proton. Praca będzie doskonałą okazją do zapoznania się ze środowiskiem wielkiego międzynarodowego zespołu tworzącego eksperyment CMS, oraz do użycia nowoczesnych narzędzi komputerowych. Wykonując Pracę student będzie miał też bezpośredni kontakt z jednym z największych odkryć naukowych ostatnich lat.

Analiza efektów spinowych w rozpadach leptonów tau pochodzących z rozpadów bozonu Z^0 lub bozonu Higgsa

Opiekun: dr Artur Kalinowski

Analiza rozpadów leptonów tau może pozwolić na wyznaczenie spinu cząstki, z której rozpadu pochodzą analizowane leptony tau. Celem pracy będzie analiza hadronowych rozpadów leptonów tau pochodzących z rozpadu bozonu Z^0 lub bozonu Higgsa i oszacowanie możliwości rozróżnienia przypadków gdy pary leptonów tau pochodzą z rozpadu cząstki o spinie 1 (bozon Z^0) lub spinie 0 (bozon Higgsa). W trakcie wykonywania pracy będą analizowane dane uzyskane z symulacji komputerowych. Elementami pracy będzie czytanie dużych ilości danych przy pomocy równoległego przetwarzania na klastrach komputerowych. Wymagane też będzie tworzenie programów w języku C++. Praca będzie doskonałą okazją do zapoznania się ze środowiskiem wielkiego międzynarodowego zespołu tworzącego eksperyment CMS, oraz do użycia nowoczesnych narzędzi komputerowych.

Optymalizacja narzędzi komputerowych używanych do analizy danych eksperymentu CMS

Opiekun: dr Artur Kalinowski

Detektory używane w fizyce cząstek elementarnych są jednymi z największych i najbardziej skomplikowanych urządzeń konstruowanych przez ludzi. W trakcie ich pracy są zbierane ogromne ilości danych, które są analizowane przy użyciu tysięcy komputerów rozproszonych po całym świecie. Jednym z ważnych elementów układów doświadczalnych

stało się oprogramowanie, które jest używane do analizy danych. Tematem pracy jest analiza i optymalizacja narzędzi używanych do analizy danych przez Warszawską Grupę eksperymentu CMS, ze szczególnym naciskiem na próbę zrównoważenia procesu przetwarzania danych. Student podejmujący się wykonania pracy musi być biegły w programowaniu w języku C++. Praca będzie doskonałą okazją do zapoznania się ze środowiskiem wielkiego międzynarodowego zespołu tworzącego eksperyment CMS działający w laboratorium CERN, oraz do użycia nowoczesnych narzędzi komputerowych.

„Poszukiwanie supersymetrii w kanale leptonowym w danych eksperymentu CMS przy LHC”

Opiekun: dr Artur Kalinowski, dr Małgorzata Kazana (NCBJ)

Celem pracy będzie analiza danych zebranych przez eksperyment CMS pod kątem poszukiwania sygnału charakterystycznego dla wybranych scenariuszy rozszerzających Model Standardowy o supersymetrię w topologiach z leptonami w stanie końcowym. Jednym z elementów pracy będzie symulacja Monte Carlo modeli supersymetrycznych w celu zdefiniowania sygnatur uwzględniających produkcje leptonów podczas kaskadowych rozpadów cząstek supersymetrycznych. Wymagane będzie tworzenie programów w języku C++, które będą używane do analizy przypadków zderzeń proton-proton. Praca będzie doskonałą okazją do zapoznania się ze środowiskiem wielkiego międzynarodowego zespołu tworzącego eksperyment CMS, oraz do użycia nowoczesnych narzędzi komputerowych. Wykonując Pracę student będzie miał też bezpośredni kontakt z jednym z największych projektów badawczych naukowych ostatnich lat.

„Poszukiwanie hipotetycznych masywnych cząstek naładowanych w danych eksperymentu CMS przy LHC”

Opiekun: dr Artur Kalinowski, dr Małgorzata Kazana (NCBJ)

Masywne naładowane cząstki przewidywane są przez różne modele rozszerzające Model Standardowy cząstek elementarnych. Ich poszukiwanie jest jedną ze specjalności Warszawskiej Grupy Eksperymentu CMS. Praca będzie polegała na udziale w obróbce zebranych już danych oraz na udziale w optymalizacji systemu wyzwalania detektora CMS poprawiającej jego wrażliwość na tego typu obiekty. Wymagane będzie tworzenie programów w języku C++, które będą używane do analizy przypadków zderzeń proton-proton. Praca będzie doskonałą okazją do zapoznania się ze środowiskiem wielkiego międzynarodowego zespołu tworzącego eksperyment CMS, oraz do użycia nowoczesnych narzędzi komputerowych. Wykonując Pracę student będzie miał też bezpośredni kontakt z jednym z największych projektów badawczych naukowych ostatnich lat.

Badanie metod analizy i dekonwolucji obrazu nieba dla danych eksperymentu "Pi of the Sky"

Opiekun: prof. dr hab. A.F. Żarnecki

Celem projektu "Pi of the Sky" jest obserwacja błysków optycznych towarzyszących błyskom

gamma (Gamma Ray Bursts, GRB) oraz innych krótkotrwałych lub szybkozmiennych zjawisk optycznych na niebie. W tym celu prowadzone są obserwacje dużych obszarów nieba przy użyciu kamer CCD o dużym polu widzenia (20x20 stopni). Prowadzi to niestety do znacznego zniekształcenia obrazów gwiazd przy brzegach zdjęcia, co rzutuje też na dokładność pomiaru ich jasności i pozycji.

Celem pracy byłoby zbadanie przydatności różnych metod analizy i/lub dekonwolucji obrazu, pod kątem optymalizacji dokładności wyznaczania pozycji i jasności obiektów na niebie. Metody oparte na dopasowaniu znanego kształtu obrazu gwiazdy na klatce (tzw. fotometria profilowa) mogą być porównane z metodami opartymi na dopasowaniu tzw. falek i różnymi metodami dekonwolucji. Ocenie podlega nie tylko uzyskiwana ostatecznie precyzja pomiaru ale i szybkość działania algorytmu. Implementacja algorytmu w C++ i jego testowanie powinno być przeprowadzone w środowisku Luiza, które zostało zbudowane w ramach projektu GLORIA.

Badanie własności bozonu Higgsa w eksperymencie przy przyszłym zderzaczu liniowym e^+e^-

Opiekun: prof. dr hab. A.F. Żarnecki

Odkrycie w roku 2012, przez eksperymenty ATLAS i CMS przy LHC, cząstki odpowiadającej przewidywanemu przez Model Standardowy (MS) bozonowi Higgsa otworzyło nową erę w fizyce cząstek. Masa znalezionej cząstki nie wyklucza jednak możliwości, że jest to najlżejszy bozon Higgsa w modelu supersymetrycznym, albo cząstka skalarna opisana w ramach innego modelu, wykraczającego poza MS. Kluczowe dla odpowiedzi na pytanie o naturę odkrytej cząstki jest jak najdokładniejsze zmierzenie jej parametrów. Będzie to przedmiotem intensywnych badań przy LHC, ale niezbędne precyzyjne pomiary będą dopiero mogły być wykonane przy przyszłych zderzaczach e^+e^- . Celem pracy byłoby wymodelowanie pomiaru rozpadów bozonu Higgsa w eksperymencie na wiązkach e^+e^- i ocena dokładności z jaką możliwe byłoby odróżnienie MS od innych rozważanych modeli.

Experimental studies of photo nuclear reactions at ELI-NP laboratory

Opiekun: prof. dr hab. Wojciech Dominik, dr Mikołaj Ćwiok

W Bukareszcie budowane jest obecnie nowe Europejskie laboratorium Extreme Light Infrastructure – Nuclear Physics (ELI-NP). Laboratorium umożliwi prowadzenie badań procesów jądrowych z wykorzystaniem skolimowanych wiązek monoenergetycznych spolaryzowanych fotonów o energiach do 20 MeV i intensywnościach do 10^8 s^{-1} . Wiązka wysokoenergetycznych fotonów wytwarzana będzie w odwrotnym rozproszeniu Comptona światła laserowego na wiązce elektronów. Będzie to unikatowa w skali światowej infrastruktura służąca między innymi badaniom reakcji astrofizycznych. Zespół Wydziału Fizyki UW uczestniczy w przygotowaniu koncepcji eksperymentów oraz projektowaniu i wykonaniu aparatury doświadczalnej, która posłuży nam do przeprowadzenia badań, gdy laboratorium ELI-NP. zostanie uruchomione (2017 rok).

Koncentrujemy koncepcję aparatury doświadczalnej wokół techniki gazowych detektorów Time Projection Chambers ze specjalnymi elektrodami odczytu informacji. Modelowanie reakcji fotonów w gazowym obszarze komory – zarówno badanych reakcji jak i procesów tła, oraz udział w opracowaniu, wykonaniu i uruchomieniu aparatury pomiarowej będą składać

się na zadania w ramach pracy magisterskiej. Możliwy jest także udział w prowadzeniu pomiarów w laboratorium ELI-NP.

Poszukiwanie oddziaływań neutrin zachodzących z udziałem wielu nukleonów w danych z eksperymentu T2K

Opiekun: dr Magdalena Posiadała-Zezula, dr Joanna Zalipska (NCBJ)

Praca będzie prowadzona w ramach grupy neutrinowej (<http://neutrino.fuw.edu.pl>) z wykorzystaniem danych zarejestrowanych oddziaływań neutrin w bliskim detektorze eksperymentu T2K, który zbiera dane w Japonii. Jak do tej pory opis zakłada rozproszenie neutrina na pojedynczym nukleonie. Można wtedy jednoznacznie zrekonstruować energię oddziałującego neutrina.

Obecnie próbujemy zmierzyć wkład od innego typu oddziaływania zachodzącego na wielu nukleonach jednocześnie. Do tej pory takie procesy obserwowano w oddziaływaniach elektronów natomiast niewiele wiadomo o ich charakterze w przypadku neutrin.

Praca polegałaby na poszukiwaniu sygnatury takiego oddziaływania i próbie wyselekcjonowania próbki danych dla której interesujący nas sygnał będzie mierzalny.

Poszukiwanie nowego "ciemnego" fotonu w eksperymencie NA61/SHINE w CERN.

Opiekun: prof. dr hab. Joanna Stepaniak (NCBJ), dr Magdalena Posiadała-Zezula

Obecne ograniczenia eksperymentalne i teoretyczne nie wykluczają możliwości istnienia nowej lekkiej ($M < 1\text{GeV}$) cząstki o spinie 1, bardzo słabo sprzęgającej się do znanych nam cząstek i rozpadającej się na parę e^+e^- . Cząstka taka mogłaby pośredniczyć w procesie anihilacji cząstek ciemnej materii.

W eksperymencie NA61/SHINE rejestrujemy pary elektron-pozyton z oddziaływań proton-proton i jądro-jądro. Jest więc możliwość poszukiwania takiej cząstki.

Możliwa jest zarówno analiza zebranych już danych jak i uczestniczenie w eksperymencie w czasie zbierania nowych danych.

Badanie produkcji par w oddziaływaniach jądro-jądro jest interesujące także z punktu widzenia poszukiwania przejścia fazowego do plazmy kwarkowo-gluonowej. (Literatura np. Phys.Lett. B726(2013)187 i referencje tam zawarte)

Pomiar przekrojów czynnych w oddziaływaniach p+C w eksperymencie NA61/SHINE, w celu precyzyjniejszego wyznaczenia parametrów wiązki neutrinowej w T2K.

Opiekun: dr Magdalena Posiadała-Zezula

Eksperyment NA61/SHINE jest realizowany w CERNie przy akceleratorze SPS.

Badania prowadzone w ramach NA61/SHINE mają dwa naukowe cele:

1. poszukiwanie punktu krytycznego materii podlegającej oddziaływaniom silnym oraz badanie własności produkcji hadronów przy progu na uwolnienie partonów w oddziaływaniach relatywistycznych jonów;
2. uzyskanie precyzyjnych danych dotyczących zderzeń hadronów z jądrami atomowymi niezbędnych do modelowania procesów, w których produkowane są neutrina, oraz opisu oddziaływań promieni kosmicznych.

Rezultaty uzyskane w ramach programu neutrinowego eksperymentu NA61/SHINE pozwalają znacznie poprawić precyzję symulacji wiązki neutrinowej eksperymentu T2K.

Praca będzie polegała na wyznaczaniu przekrojów czynnych cząstek powstałych w oddziaływaniach 30 GeV protonów na tarczy węglowej w NA61.

Identyfikacja kwazielastycznych oddziaływań neutrin w eksperymencie MINOS+ za pomocą transformacji Hough'a.

Opiekun: dr Katarzyna Grzelak

Praca polegać będzie na włączeniu się w poszukiwania neutrin taonowych w eksperymencie MINOS+. Podstawowym celem pracy będzie zastosowanie transformacji Hough'a do identyfikacji oddziaływań kwazielastycznych, w wyniku których w stanie końcowym produkowany jest tylko proton i taon.

Eksperyment MINOS+ zajmuje się badaniem zjawiska oscylacji neutrin. Mionowe neutrina produkowane są w akceleratorze w ośrodku Fermilab koło Chicago i rejestrowane w dwóch detektorach: Bliskim, około kilometra od źródła wiązki i Dalekim, 735km dalej, w kopalni Soudan w Minnesocie. Oczekuje się że po przebyciu kilkuset kilometrów, część neutrin mionowych powinna zamienić się w neutrina taonowe. W eksperymencie MINOS+ szukamy dowodu na to że tak się dzieje.

MINOS+ rozpoczął działanie na jesieni 2013 roku i korzysta z wiązki neutrin o energii i intensywności bardziej niż jakikolwiek inny eksperyment dopasowanej do poszukiwań neutrin taonowych.

Wymagana jest umiejętność programowania w języku C++ na średnio-zaawansowanym poziomie. Student będzie miał okazję zastosowania w praktyce tego języka programowania. Wykorzystywany będzie program root powszechnie używany w doświadczalnej fizyce cząstek elementarnych.

Więcej informacji dostępnych jest na stronie [www: http://www.fuw.edu.pl/~minos](http://www.fuw.edu.pl/~minos)

ZAKŁAD FIZYKI JĄDROWEJ IFD

Proponowane tematy dotyczą wszystkich kierunków, chyba że zaznaczono inaczej

"Przekroje czynne na produkcję najbardziej neutrono-deficytowych izotopów germanu"

Opiekun: prof. Marek Pfützner, dr Chiara Mazzocchi

Zrozumienie przekrojów czynnych na produkcję egzotycznych jąder w reakcji fragmentacji przy średnich energiach wiązki (100-200 AMeV) jest bardzo ważne dla planowania przyszłych eksperymentów mających na celu wytwarzanie nowych izotopów i badanie nowych rodzajów promieniotwórczości. Modele teoretyczne, które próbują odtworzyć znane przekroje, często zawodzą w przypadku jąder o dużym nadmiarze protonów. W

szczegółności jest tak dla najbardziej neutrono-deficytowych izotopów germanu. W przeprowadzonym niedawno eksperymencie w laboratorium NSCL/MSU (USA) wykorzystano wiązkę ^{78}Kr o energii około 150 AMeV do wytworzenia izotopów germanu $^{60-62}\text{Ge}$. W ramach pracy przewiduje się wyznaczenie przekrojów czynnych na produkcję tych izotopów i porównanie ich z teoretycznymi przewidywaniami najbardziej popularnych obliczeń (EPAX). Jednym z wyników pracy powinna być odpowiedź na pytanie, w jakich warunkach możliwe byłoby wytworzenie nowego izotopu germanu ^{59}Ge .

"Badanie rozpadu beta ^{31}Ar "

Opiekun: dr Chiara Mazzocchi

Jądra egzotyczne w pobliżu linii odpadania protonu charakteryzują się dużą wartością energii rozpadu. Umożliwia to obsadzanie stanów niezwiązanych w jądrze-córce o dużej energii wzbudzenia, z których może nastąpić emisja protonów opóźnionych po rozpadzie beta. Zjawisko to zaobserwowano po raz pierwszy 40 lat temu, a w 1983 roku odkryto emisję dwóch protonów opóźnionych. Jednoznaczne potwierdzenie istnienia emisji trzech protonów opóźnionych ($\beta 3p$) stało się możliwe w 2007 roku dzięki nowemu typowi detektora (OTPC). Badania nad tak rzadkimi kanałami rozpadu dostarczają ważnych informacji o strukturze neutrono-deficytowych jąder położonych daleko od ścieżki stabilności. W roku 2012 przeprowadzono eksperyment, w którym badano przemianę beta ^{31}Ar pod kątem emisji protonów opóźnionych. Celem pracy magisterskiej jest analiza danych zebranych w eksperymencie i wyznaczenie stosunku rozgałęzień dla różnych kanałów rozpadu.

"Badanie jąder atomowych w pobliżu ścieżki astrofizycznego procesu nukleosyntezy"

Opiekun: dr hab. Jan Kurpeta

Proponowany temat jest związany z badaniami struktury jąder atomowych znajdujących się w pobliżu ścieżki astrofizycznego procesu r, który jest odpowiedzialny za występowanie we Wszechświecie około połowy pierwiastków cięższych od żelaza. Uzyskane wyniki mają znaczenie dla poszerzania wiedzy z zakresu fizyki jądrowej oraz astrofizyki.

Wykonanie pracy będzie polegało na analizie danych zawierających informacje o koincydencjach promieniowania gamma i cząstek beta wysyłanych przez radioaktywne jądra atomowe. Dane do analizy pochodzą z unikalnego układu doświadczalnego, który jest połączeniem magnetycznego separatora masowego z pułapką jonową typu Penning'a. Osoby zainteresowane metodami eksperymentalnymi mogą w ramach pracy zapoznać się z nowoczesnym, cyfrowym systemem zbierania danych. Możliwe jest rozwijanie zaproponowanej tematyki w ramach współpracy z laboratorium Uniwersytetu w Jyväskylä (Finlandia) i Institut Laue-Langevin w Grenoble (Francja). Szczegółowy zakres i sposób wykonania pracy ustalane są w rozmowie z opiekunem.

"Badanie własności stanów wzbudzonych ^{86}Rb populowanych w reakcji (n,γ) "

Opiekun: dr Agnieszka Korgul

Celem pracy jest uzyskanie informacji o energiach oraz spinach stanów wzbudzonych w ^{86}Rb populowanych w wyniku wychwytu neutronów przez jądra ^{85}Rb . Realizacja tego celu będzie wymagała przeprowadzenia analizy danych z eksperymentu wykonanego w laboratorium ILL Grenoble. W pracy przewiduje się też analizę korelacji kątowych kwantów gamma emitowanych ze stanów wzbudzonych ^{86}Rb .

"Badanie emisji neutronów opóźnionych z lekkich fragmentów rozszczepienia"

Opiekun: dr Krzysztof Miernik

Emisja neutronów opóźnionych jest zjawiskiem znanym od ponad 70 lat. Jest ono istotne dla kontrolowania reaktorów jądrowych, a także w pewnych zagadnieniach astrofizycznych. Pomimo tego, nawet tak podstawowe własności emiterów neutronów powstających np. w rozszczepieniu uranu, jak czas życia lub prawdopodobieństwo emisji neutronów są w wielu przypadkach nieznane. Precyzyjne wyniki eksperymentalne są tym ważniejsze, że teoretyczny opis tego zjawiska jest niepełny i przewidywania modeli są bardzo niedokładne. Jednocześnie detekcja neutronów jest trudna i wiele z pomiarów jest niedokładnych i obarczonych systematycznymi błędami. Z tego powodu w ostatnich latach zostało podjętych wiele wysiłków, aby uzupełnić naszą wiedzę eksperymentalną za pomocą współczesnych metod pomiarowych. Celem pracy jest analiza danych zebranych w pomiarach egzotycznych fragmentów rozszczepienia (skrajnie neutrono-nadmiarowych jąder) w Laboratorium Narodowym w Oak Ridge w Stanach Zjednoczonych, z wykorzystaniem nowoczesnego detektora neutronów 3-Hen.

"Oddziaływanie mezonów pi o pędzie 1,15 GeV/c z jądrami atomowymi: próba analizy produkcji cząstek dziwnych w modelu GiBUU"

Opiekun: prof. Tomasz Matulewicz

Pomiary oddziaływania mezonów pi z jądrami atomowymi prowadzące do produkcji cząstek dziwnych (mezony K, hiperony Lambda) są ważne dla oceny wpływu materii jądrowej na wartość przekroju czynnego. Eksperyment przeprowadzony przy użyciu synchrotronu SIS18 wytwarzającego wtórną wiązkę mezonów pi został przeprowadzony w GSI Darmstadt. Do rejestracji produktów oddziaływania użyto spektrometru FOPI. Po analizie danych doświadczalnych stwierdzono, że:

1. wartość przekroju czynnego rzeczywiście zmieniła się wobec elementarnego oddziaływania mezonu pi z protonem,

2. rozkłady kątowe emitowanych dziwnych mezonów K są anizotropowe i wskazują na absorpcję tych cząstek w materii,
3. część oddziaływań ma charakter jednostopniowy.

Dla lepszego zrozumienia wyników 2 i 3 należy przeprowadzić próbę ich interpretacji w modelu GiBUU (<https://gibuu.hepforge.org/trac/wiki/WikiStart>). W ramach pracy magisterskiej należy:

- a) zainstalować i sprawdzić działanie programu GiBUU,
- b) przeprowadzić obliczenia modelowe dla badanej reakcji oddziaływania mezonu π z jądrami atomowymi
- c) uwzględnić ograniczenia aparaturowe spektrometru FOPI
- d) porównać wyniki obliczeń z rezultatami pomiaru i wyciągnąć wnioski

"Badanie wpływu reakcji dwustopniowych na produkcję skorelowanych par K^0 -Lambda w reakcjach pionów z jądrami atomowymi"

Opiekun: dr Krzysztof Wiśniewski

Wyniki eksperymentów zderzeń pionów z jądrami atomowymi przy energiach wiązki pionów około progu na produkcję cząstek dziwnych wykazały, że istotnej zmianie ulegają przekroje czynne na oddziaływania między hadronami jak i własności hadronów (szczególnie tych zawierających kwarki dziwne) w materii jądrowej. Ważnym czynnikiem mającym wpływ na prawidłową interpretację otrzymanych wyników jest określenie jak dużą rolę w produkcji hadronów dziwnych w takich zderzeniach odgrywają reakcje wielostopniowe poprzez wytworzenie rezonansów Delta. Celem pracy jest wyznaczenie tego wpływu na podstawie analizy ilości produkowanych par K^0 -Lambda w reakcjach pion-jądro przy pędzie pionów 1,15 GeV/c dla różnych jąder tarczy.