



PROPOZYCJE PRAC MAGISTERSKICH
Dla kierunku Fizyka
Specjalność: Fizyka Jądrowa i Cząstek Elementarnych

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 z wykorzystaniem danych zarejestrowanych oddziaływań neutrin w bliskim detektorze eksperymentu T2K, który zbiera dane w Japonii. Obecny model oddziaływań 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.

Badanie właściwości neutrin oraz mionów produkowanych w pękach atmosferycznych dla eksperymentu KM3NeT.

opiekun: dr Magdalena Posiadała-Zezula / dr Piotr Mijakowski (NCBJ)

KM3NeT to projekt budowy sieci podwodnych teleskopów neutrinowych w Morzu Śródziemnym. Obecnie realizowana jest wersja demonstracyjna detektora oraz prowadzone są prace symulacyjne, w których bierze czynny udział neutrinowa grupa warszawska. Ich częścią są m.in. oszacowania produkcji mionów oraz neutrin przez rozwijające się w górnych warstwach atmosfery kaskady wysokoenergetycznych cząstek.

Praca magisterska będzie m.in. polegać na badaniu właściwości tych cząstek po dotarciu przez nie do poziomu morza oraz detektora. Jej część będzie również stanowić komputerowa symulacja produkcji kaskad w atmosferze przy użyciu programu CORSIKA (nie wymagana wcześniejsza znajomość) oraz studia mające na celu porównywanie różnych modeli generacji oddziaływań w tego typu symulacjach. Do realizacji zadań będzie używany pakiet do analizy danych ROOT.

Wymagana znajomość języka C/C++ na poziomie przynajmniej średniozaawansowanym.

Rozdzielanie neutrin i anty-neutrin w japońskim eksperymencie T2K.

opiekun: dr Magdalena Posiadała-Zezula / dr Justyna Łagoda (NCBJ)

Praca dla studentów indywidualnych.

Oscylacje neutrin to fascynujące zjawisko, badane intensywnie przez różne zespoły, m.in. japoński eksperyment T2K. Obecnie T2K analizuje różnice w oscylacjach neutrin i antyneutrin jako przygotowanie do pomiaru łamania symetrii CP. Aby to skutecznie zrobić, konieczne jest rozróżnianie ich w detektorze.

Praca będzie dotyczyć metod pomiaru składu wiązki neutrin i antyneutrin w bliskim detektorze T2K.

Analiza parzystości kombinowanej (CP) w rozpadach neutralnych cząstek na dwa leptonu tau w eksperymencie CMS

Opiekun: dr hab. Artur Kalinowski

Odkrycie cząstki Higgsa w 2012 roku stanowi dopiero pierwszy krok na drodze do szczegółowego zbadania jej własności. Podstawowym zadaniem jakie teraz stoi przed badaczami zajmującymi się bozonem Higgsa jest wyznaczenie jego liczb kwantowych, w szczególności parzystości kombinowanej CP. Celem pracy będzie analiza dostępnych algorytmów wieloparametrowej (ang. Multivariate Analysis, MVA) analizy danych pod kątem wydajności w odróżnianiu różnych hipotez CP cząstki Higgsa w rozpadzie na dwa leptonu tau. Praca będzie doskonałą okazją do zapoznania się ze środowiskiem wielkiego międzynarodowego zespołu tworzącego eksperyment CMS, oraz do użycia nowoczesnych narzędzi komputerowych.

Analiza metod wyznaczania tła w poszukiwaniach bozonu Higgsa w rozpadzie na dwa leptonu tau w eksperymencie CMS

Opiekun: dr hab. Artur Kalinowski

Odkrycie cząstki Higgsa w 2012 roku stanowi dopiero pierwszy krok na drodze do szczegółowego zbadania jej własności. Jednym z elementów identyfikacji cząstki jako bozonu Higgsa jest zbadanie jej sprzężenia ze wszystkimi na jaki może się ona rozpadać. Dane z 2012 roku nie pozwoliły na formalne stwierdzenie odkrycia bozonu Higgsa w kanale rozpadu na dwa leptonu tau. Badania w tym kanale są obecnie kontynuowane z użyciem danych zebranych w 2015 roku.

Celem pracy będzie zapoznanie się z istniejącymi metodami wyznaczania tła w omawianych poszukiwaniach, oraz ich rozwój w celu zmniejszenia niepewności systematycznej oszacowania tła. Praca będzie doskonałą okazją do zapoznania się

ze środowiskiem wielkiego międzynarodowego zespołu tworzącego eksperyment CMS, oraz do użycia nowoczesnych narzędzi komputerowych.

Mionowy system wyzwalań detektora CMS przy LHC.

Opiekun: dr hab. Marcin Konecki

W latach 2013 – 2015 miała miejsce przerwa techniczna w działaniu akceleratora LHC. W tym czasie podjęto także prace na ulepszeniu detektorów działających przy tym zderzaczu. Grupa warszawska eksperymentu CMS podjęła się zadania skonstruowania nowego układu wyzwalań opartego na detekcji mionów w obszarze detektora gdzie są czynne trzy rodzaje detektorów mionów. Celem pracy będzie analiza i optymalizacja selekcji mionów w nowym układzie wyzwalań. Praca będzie doskonałą okazją do zapoznania się ze środowiskiem wielkiego międzynarodowego zespołu tworzącego eksperyment CMS, oraz do użycia nowoczesnych narzędzi komputerowych.

Poszukiwanie rzadkich rozpadów kwarku t w przyszłym zderzaczu liniowym e^+e^-

Opiekun: prof. dr hab. A.F. Żarnecki

Po odkryciu w roku 2012 cząstki Higgsa głównym celem eksperymentów przy LHC, a także proponowanych eksperymentów przy planowanych przyszłych zderzaczach, stało się jak najdokładniejsze sprawdzenie przewidywań Modelu Standardowego. Dotyczy to nie tylko własności i procesów z udziałem bozonu Higgsa, ale też produkcji i rozpadów kwarku t . Kwark t (ang.: top quark) jest bardzo szczególną cząstką, najcięższą jaką do tej pory udało nam się znaleźć. Choć odkryty został już 20 lat temu, wciąż nie wszystko o nim wiemy. W eksperymentach przy LHC można wyprodukować bardzo wiele kwarków t , jednak poszukiwanie ich rzadkich rozpadów może być trudne ze względu na wysoki poziom tła. Znacznie korzystniejsze warunki do badania rozpadów kwarku t będą w eksperymentach przy przyszłych zderzaczach liniowych e^+e^- : ILC i CLIC. Jednocześnie rzadkie rozpady kwarku t są bardzo czułe na możliwe rozszerzenia Modelu Standardowego, procesy tzw. "nowej fizyki".

Celem proponowanej pracy będzie sprawdzenie, w oparciu o wyniki uproszczonej symulacji komputerowej, możliwości wykrycia egzotycznych rozpadów kwarku t w eksperymentach przy zderzaczach ILC i CLIC. W szczególności należy porównać rozkłady różnych zmiennych kinematycznych dla przypadków sygnału i przypadków tła, a następnie zaproponować kryteria selekcji przypadków, które pozwolą na wyznaczenie najsilniejszych ograniczeń na badane kanały. Wyznaczone ograniczenia należy porównać dla różnych założeń dotyczących parametrów detektora oraz różnych energii zderzenia.

Poszukiwanie produkcji cząstek ciemnej materii w przyszłym zderzaczu liniowym e^+e^-

Opiekun: prof. dr hab. A.F. Żarnecki

Po odkryciu w roku 2012 cząstki Higgsa znamy już wszystkie cząstki tzw. Modelu Standardowego. Także wszystkie wyniki doświadczeń prowadzonych przy zderzaczach cząstek są bardzo dobrze opisane przez Model Standardowy. Jednak szereg pomiarów astrofizycznych (m.in. pomiary mikrofalowego promieniowania tła, rozszerzania Wszechświata, formowania struktur we Wszechświecie) wskazuje na to, że oprócz cząstek Modelu Standardowego muszą istnieć jeszcze inne cząstki tzw. ciemnej materii, stabilne i masywne, ale bardzo słabo oddziałujące ze "standardowymi" cząstkami. Szereg modeli teoretycznych rozszerzających Model Standardowy przewiduje istnienie tego typu cząstek. W wielu scenariuszach możliwa jest też ich produkcja w eksperymentach przy akceleratorach.

Celem planowanej pracy będzie sprawdzenie, w oparciu o wyniki symulacji komputerowej, możliwości identyfikacji przypadków z produkcją cząstek ciemnej materii w eksperymentach przy przyszłych zderzaczach liniowych e^+e^- : ILC i CLIC. W szczególności należy porównać rozkłady różnych zmiennych kinematycznych dla przypadków sygnału i przypadków tła, a następnie zaproponować kryteria selekcji przypadków, które pozwolą na uzyskanie największej znaczoneści sygnału. W kolejnym kroku należy oszacować dokładność z jaką możliwe będzie wyznaczenie masy cząstek ciemnej materii i innych parametrów modelu.

Sprawdzenie jakości rekonstrukcji danych w eksperymencie NA61/SHINE za pomocą wyznaczania masy niezmienniczej K^0S i Λ .

Opiekun: prof. dr hab. W. Dominik

NA61/SHINE to eksperyment działający przy akceleratorze SPS w laboratorium CERN. Badania eksperymentu skupiają się wokół zderzeń ciężkich jonów w zakresie energii 13 - 158 GeV na nukleon. Eksperyment wykonuje unikalny skan w funkcji energii oraz rozmiaru układu zderzanych jonów. Głównymi celami fizycznymi eksperymentu wyznaczenie progu na produkcję plazmy kwarkowo-gluonowej i odnalezienie punktu krytycznego silnie oddziałującej materii. Oprócz tego, NA61/SHINE zajmuje się także wykonywaniem pomiarów referencyjnych dla takich eksperymentów jak: T2K, Pierre Auger Observatory i KASCADE. Dane doświadczalne w eksperymencie NA61/SHINE są zbierane za pomocą układu detektorów TPC, ToF i kalorymetru hadronowego. Rekonstrukcja torów lotu cząstek poprzez układ detekcyjny jest skomplikowaną procedurą. Monitorowanie poprawności rekonstrukcji danych eksperymentalnych jest niezbędne dla zachowania wysokiej jakości wyników fizycznych.

Celem pracy są jest wyznaczenie masy niezmienniczej cząstek K^0S i Λ wyprodukowanych w zderzeniach Be+Be przy różnych energiach zderzenia.

Realizacja pracy wymaga dobrej znajomości programowania (C++, ROOT, SHINE). Praca będzie doskonałą okazją do zapoznania się ze środowiskiem wielkiego międzynarodowego zespołu badawczego tworzącego eksperyment NA61/SHINE oraz do użycia nowoczesnych narzędzi komputerowych.

Experimental studies of photo nuclear reactions at ELI-NP laboratory

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

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.

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 umiejętności 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>

Analiza nowych danych zebranych przez międzynarodową współpracę COMPASS w CERN (Analysis of the new data taken by the collaboration COMPASS at CERN)

Opiekun: prof. dr hab. Barbara Badełek

COMPASS (Common Muon and Proton Apparatus for Structure and Spectroscopy) zakończył właśnie zbieranie danych w doświadczeniu nad oddziaływaniem pionów o wielkiej energii ze spolaryzowanymi protonami oraz z jądrami cięższych pierwiastków, prowadzącym do powstania szybkich mionów w stanie końcowym. Reakcja taka wskazuje na bardzo specjalny mechanizm (tzw. mechanizm Drella-Yana) oddziaływania początkowego, taki, w którym kwark z pionu i antykwark z protonu (lub odwrotnie) anihilowały dając parę końcowych leptonów. Pozwala ona m.in. zanalizować specjalną dynamikę kwarków (ich spinów i pędów porzeczných). Ciekawe jest także wyselekcjonowanie stanów końcowych zawierających cząstki z parą kwarków ciężkich, np. powabnych lub pięknych, które w wyniku (kolejnych) rozpadów dają szybkie miony, obserwowane w doświadczeniu. Praca zawierałaby wstępną analizę zdarzeń tego właśnie typu.

Przewidywany przebieg pracy:

1. analiza wyników jednego okresu zbierania danych z lat 2014 lub 2015;
2. wybór kryteriów i selekcja zdarzeń z produkcją określonej pary cząstek, np. tzw. „open beauty production”;
3. oszacowanie prawdopodobieństwa powstania (przekroju czynnego) i zbadanie własności powstających cząstek;
4. porównanie wyników z rezultatami innych, podobnych doświadczeń.

Praca pozwoli na zaznajomienie się z nowoczesnymi metodami analizy pomiarów w wielkich doświadczeniach fizyki wysokich energii, a także z fundamentalnymi pojęciami tej dziedziny fizyki. Magistrant będzie aktywnie oddziaływał z innymi członkami współpracy COMPASS zdobywając tym samym doświadczenie w pracy z międzynarodowymi zespołami badawczymi.

„ Wymarzanie cząstek podczas podgrzewania Wszechświata”

Marek Olechowski

Obserwacje astrofizyczne pokazują, że mniej niż 5% całkowitej gęstości energii we Wszechświecie stanowi znana nam materia barionowa a blisko 20% nieznana materia niebarionowa zwana Ciemną Materią. Ciemna Materia ma niezwykle istotny wpływ na formowanie się i budowę galaktyk i innych struktur wielkoskalowych oraz na ewolucję Wszechświata. Obecnie prowadzone jest wiele eksperymentów, których celem jest rejestracja i ewentualnie zbadanie własności cząstek Ciemnej Materii. Zwykle zakłada się, że o gęstości reliktovej cząstek Ciemnej Materii zdecydował proces wymarzania (odprężania się z równowagi termodynamicznej) w czasie, gdy gęstość energii Wszechświata była zdominowana przez cząstki relatywistyczne. Można sobie jednak wyobrazić, że ustalenie tej gęstości nastąpiło dużo wcześniej, a mianowicie w czasie podgrzewania Wszechświata po okresie inflacji kosmicznej. Praca ma na celu badanie modeli, w których może być realizowany taki scenariusz.

„ Samooddziałująca Ciemna Materia”

Marek Olechowski

Obserwacje astrofizyczne pokazują, że mniej niż 5% całkowitej gęstości energii we Wszechświecie stanowi znana nam materia barionowa a blisko 20% nieznana materia niebarionowa zwana Ciemną Materią. Ciemna Materia ma niezwykle istotny wpływ na formowanie się i budowę galaktyk i innych struktur wielkoskalowych oraz na ewolucję Wszechświata. Obecnie prowadzone jest wiele eksperymentów, których celem jest rejestracja i ewentualnie zbadanie własności cząstek Ciemnej Materii. Najbardziej popularnymi kandydatami na cząstki Ciemnej Materii są dość słabo oddziałujące cząstki o dość dużych masach. Okazują się jednak, że tego typu Ciemna Materia prowadzi do tworzenia się struktur wielkoskalowych we Wszechświecie odbiegających nieco od rzeczywiście obserwowanych. Lepszą zgodność uzyskuje się, jeśli cząstki Ciemnej Materii wykazują silniejsze samooddziaływanie. Jeśli takie oddziaływania są silne, Ciemna Materia ma pewne cechy „materii barionowej w sektorze ukrytym”. Celem pracy jest badanie, jakie różnice między sektorem widzialnym a sektorem ukrytym mogą prowadzić do obserwowanego stosunku gęstości materii barionowej do gęstości Ciemnej Materii.

„ Masa cząstki Higgsa i problem hierarchii”

Marek Olechowski

Największym osiągnięciem ostatnich lat w fizyce oddziaływań elementarnych było odkrycie skalarnej cząstki Higgsa przez eksperymenty działające przy Wielkim Zderzaczu Hadronowym LHC. Wartość próżniowa cząstki Higgsa jest ściśle związana z mechanizmem łamania symetrii elektroslabej i z nadawaniem mas cząstkom elementarnym. Wiąże się z tym problem hierarchii, wynikający z tego, że poprawki radiacyjne do masy cząstki Higgsa są zwykle rzędu najwyższej skali energii w teorii, np. skali Plancka. Problem ten do pewnego stopnia rozwiązuje supersymetria. Zmierzona doświadczalnie masa cząstki Higgsa jest jednak dość duża w porównaniu z przewidywaniami modeli supersymetrycznych. Co więcej, im większa ta masa, tym supersymetria jest mniej skuteczna w rozwiązywaniu problemu hierarchii. Celem pracy jest przeanalizowanie możliwości zwiększania masy cząstki Higgsa bez jednoczesnego negatywnego wpływu na problem hierarchii.