

Tematy prac magisterskich i doktoranckich w ramach eksperymentu LHCb

- **Poszukiwanie hadronów egzotycznych w LHCb**

Praca na pracownię magisterską (dr Dmytro Melnichuk) lub doktorancką (dr Dmytro Melnichuk, prof. Wojciech Wiślicki)

W tradycyjnym modelu kwarkowym, cząstki silnie oddziałujące (hadrony) są zbudowane z par kwark-antykwar (mezony) lub z trzech kwarków (bariony). Cząstki, które nie mogą być sklasyfikowane w tych kategoriach, nazywane są hadronami egzotycznymi. W modelu kwarkowym przy dodawaniu pary kwark-antykwar do minimalnej konfiguracji mezonu lub barionu, można utworzyć tetrakwarki i pentakwarki. Poza multikwarkami stwierdzono istnienie innych przedstawicieli egzotycznych stanów QCD, mianowicie hybryd mezonowych i glueballi. Hybrydy mezonowe są stanami ze wzbudzonym gluonowym stopniem swobody. Ewentualnym tematem pracy może być poszukiwanie rezonansów rozpadających się do stanu $\chi_{b1}\pi^+\pi^-$ jako ewentualnych kandydatów na piękny mezon hybrydowy.

- **Prace na pracownię przedmagisterską, magisterską (dr Artur Ukleja) lub doktorancką (dr Artur Ukleja, prof. Wojciech Wiślicki)**

- **Rekonstrukcja rozpadów powabnych mezonów lub barionów i poszukiwanie łamania symetrii CP przy użyciu technik niezależnych od modelu w eksperymencie LHCb**
- **Poszukiwanie różnic łamania CP między rozpadami $\Lambda_c \rightarrow pK^-K^+$ i $\Lambda_c \rightarrow p\pi^-\pi^+$ w eksperymencie LHCb**
- **Oszacowanie czułości metod zależnych i niezależnych od podziału na przedziały używanych do poszukiwania łamania symetrii CP w eksperymencie LHCb**

Transformacja CP jest wynikiem złożenia dwóch transformacji: sprzężenia ładunkowego (C) i inwersji przestrzennej (P). Tożsamość fizycznych właściwości układów przed i po transformacji CP oznacza pełną symetrię między relatywistycznymi cząstkami i antycząstkami. Asymetrię CP zaobserwowano w rozpadach mezonów dziwnych (K) i pięknych ($B_{(s)}$). Jak do tej pory nie zaobserwowano tego łamania w rozpadach mezonów i barionów powabnych, gdzie jest ono oczekiwane. Oczekiwana wartość asymetrii CP dla cząstek powabnych wynosi rzędu 10^{-3} lub mniej w Modelu Standardowym (MS), teorii opisującej oddziaływania cząstek elementarnych. Obecna czułość na poszukiwania asymetrii CP, dzięki uruchomieniu Wielkiego Zderzacza Hadronów (LHC), zbliżyła się do wielkości przewidywań MS w rozpadach cząstek powabnych. Czułość tą można poprawić, zwiększając statystyki zbieranych danych i zmniejszając niepewności systematyczne. Ponadto wielkość łamania symetrii CP w MS jest zbyt mała, aby wyjaśnić dominację materii nad antymaterią obserwowaną we Wszechświecie. Ten fakt jest motywacją do poszukiwania źródeł łamania symetrii CP spoza MS. Pośrednie poszukiwania są prowadzone w eksperymencie LHCb przy LHC. Badania te obejmują testowanie przewidywań MS w bardzo precyzyjnych pomiarach rozpadów cząstek powabnych. Dlatego planowane pomiary mogą dostarczyć ważnych informacji na temat natury asymetrii CP z dużo większą dokładnością niż dotychczas badano. Odkrycie niezgodności z przewidywaniami MS będzie wskazaniem istnienia cząstek Nowej Fizyki. Badania będą prowadzone w rozkładzie Dalitza w sposób niezależny od modelu.

- **Rekonstrukcja rozpadów dziwnych mezonów pięknych na kwarkonia, $B_s \rightarrow J/\psi\phi$, w spektrometrze LHCb**

Praca na pracownię przedmagisterską (mgr Varvara Batozskaya) lub mgr (dr Konrad Klimaszewski)

Rozpad $B_s \rightarrow J/\psi\phi$ jest bardzo czułym narzędziem do wyznaczania łamania symetrii CP z charakterystyk kątowych w stanie końcowym. Praca polega na zidentyfikowaniu tych przypadków w spektrometrze LHCb, używając zmiennych kinematycznych i rekonstruując masy kwarkoniów J/ψ i ϕ . Użyte będą dane LHCb przy energiach zderzeń 7 TeV (Run I) i 13 TeV (Run II).

- **Rekonstrukcja i analiza inkluzywnych kanałów rozpadów dziwnych mezonów pięknych $B_s \rightarrow J/\psi X$**
Praca na pracownię przedmagisterską (mgr Varvara Batozskaya) lub mgr (dr Konrad Klimaszewski)
Praca dotyczy identyfikacji i rekonstrukcji rozpadów mezonów B_s na J/ψ i dowolny dodatkowy zbiór cząstek w stanie końcowym, przy czym J/ψ rozpada się na parę leptonów. Analiza będzie przeprowadzona na danych symulowanych metodą Monte Carlo w detektorze LHCb. Jej celem jest znalezienie kryteriów selekcji tych rozpadów. Analiza ta jest wstępem do badania łamania symetrii CP w tych rozpadach, gdy stan X może być pojedynczym mezonem lub parą mezonów.
- **Praca na pracownię przedmagisterską, magisterską (dr Wojciech Krzemień) lub doktorancką (dr Wojciech Krzemień, prof. Wojciech Wiślicki)**
 - **Testowanie niezmienniczości względem transformacji CPT w semileptonowych rozpadach mezonów B w eksperymencie LHCb**
 - **Badanie łamania symetrii CPT w układzie mezonów neutralnych D^0 pochodzących z reakcji $B \rightarrow \mu D^* X$ na detektorze LHCb**

Celem projektu jest przeprowadzenie studiów możliwości pomiarów łamania symetrii CPT w układzie mezonów neutralnych D^0 pochodzących z reakcji $B \rightarrow \mu D^* X$. Symetria CPT jest fundamentalna dla wszystkich uznanych kwantowych teorii pola opisujących oddziaływania w ramach Modelu Standardowego. Dlatego eksperymentalne poszukiwania jej łamania wchodzą w obszar tak zwanej Nowej Fizyki. Precyzyjne testy CPT mogą być przeprowadzane przy wykorzystaniu oscylacji neutralnych mezonów (układów kwark-antykwar) zapachowych, jednego z fascynujących przykładów efektów mechaniki kwantowej. W ramach pracy przeprowadzone zostaną oszacowania wydajności oraz studia tła reakcji w oparciu o symulacje Monte Carlo oraz próbkę danych eksperymentalnych. Praca umożliwia poznanie zaawansowanych metod uczenia maszynowego (np. sieci neuronowych, boosted decision trees etc) w jednym z najlepszych eksperymentów na świecie, a także rozwinięcie znajomości nowoczesnych technologii informatycznych (unit testing, git, języki programowania: Python/C++14/C++17).

- **Rozwój oprogramowania w ramach platformy do obliczeń rozproszonych DIRAC**
Praca na pracownię przedmagisterską, magisterską (dr Wojciech Krzemień) lub doktorancką (dr Wojciech Krzemień, prof. Wojciech Wiślicki)
Celem projektu jest udział w rozwój oprogramowania pilotów logujących - rozproszonych agentów które dostarczają informacji o ewentualnych błędach podczas instalacji i konfiguracji środowiska lub podczas przetwarzania danych. Jednym z zadań byłoby dodanie modułu do interpretacji informacji logujących, a także dodanie interfejsu wizualizującego zebrane dane. Projekt będzie realizowany przy współpracy z grupą programistów z ośrodka naukowego CERN w Genewie. Projekt umożliwia zapoznanie się z metodami przetwarzania rozproszonego, technologiami typu RabbitMQ, Tornado czy Elasticsearch a także rozwinięcie swoich kompetencji programistycznych w Pythonie.
- **Rozwój oprogramowania do rekonstrukcji i przetwarzania danych w ramach projektu LHCb**
Praca na pracownię przedmagisterską, magisterską (dr Wojciech Krzemień) lub doktorancką (dr Wojciech Krzemień, prof. Wojciech Wiślicki)
LHCb zakończy zbieranie danych pod koniec roku 2018. Następnie detektor będzie poddany modernizacji, aby przygotować się do działania w trakcie fazy III. Prace obejmują także rozwój i ulepszenie oprogramowania do rekonstrukcji i przetwarzania danych aby w pełni wykorzystać możliwości przetwarzania równoległego. W ramach projektu studenci będą uczestniczyć w modernizacji i rozwoju oprogramowania do przetwarzania danych. Praca umożliwia poznanie zaawansowanych techniki programowania w jednym z najlepszych eksperymentów na świecie, a także rozwinięcie znajomości nowoczesnych technologii informatycznych (unit testing, git, języki programowania: Python/C++14/C++17).