

Nr umowy: UMO-2021/41/N/ST2/03478

Tytuł: Badanie wyższego obszaru masy układu $K\pi$ w rozpadzie $B^0 \rightarrow K^+\pi^-\mu^+\mu^-$ przy eksperymencie LHCb.

Cel projektu:

Eksperyment LHCb jest detektorem znajdującym się w Wielkim Zderzaczu Hadronów (LHC), dedykowanym do badań cząstek zawierających kwarki nazywane pięknymi i powabnymi. Celem niniejszego projektu jest badanie mesonu pięknego B^0 rozpadającego się na kaon (K^+), pion (π^-), mion (μ^- - cięższy odpowiednik elektronu) i antymion (μ^+). Analiza będzie oparta o dane zebrane przez eksperyment LHCb w 2016, 2017 i 2018 roku gdzie zderzano protony o energii 13 TeV (teraelektronowoltów) w układzie środka masy.

Głównym powodem dla przeprowadzania takich badań jest fakt, że Model Standardowy opisujący fizykę cząstek elementarnych nie jest teorią ostateczną. Przede wszystkim nie opisuje grawitacji i nie dostarcza nam żadnych informacji na temat tzw. ciemnej materii. Nie tłumaczy także, dlaczego we Wszechświecie jest więcej materii i antymaterii. Według teorii Wielkiego Wybuchu materia i antymateria powinny zostać wyprodukowane w jednakowych ilościach. Wiele przeprowadzonych do tej pory badań wykazało, że przewidywania Modelu Standardowego nie zawsze pokrywają się z obserwacjami. Pewnego rodzaju anomalie pojawiły się właśnie w rzadkich rozpadach tzw. mezonów pięknych B^0 nieobecnych w zwykłej materii, które można wytworzyć w zderzeniach o wysokiej energii. Mezon ten jest złożony z pary kwark-antykwar (kwarka dolnego i antykwarka pięknego). Jest cząstką nietrwałą, czyli rozpadającą się bardzo szybko, a jej rozpad może przebiegać na różne sposoby. W jednym ze scenariuszy po jej rozpadzie pozostaje cząstka K^* (K -star - złożona z kwarka dolnego i antykwarka dziwnego, który z kolei rozpada się na kaon i pion) i para mion-antymion. Ostatnie badania przeprowadzone przez naukowców z eksperymentu LHCb wykazały pewne odstępstwa od przewidywań Modelu Standardowego dla tego rozpadu. To oznacza, że bardziej wnikliwe badania tego rozpadu mogą przyczynić się do odkrycia tzw. Nowej Fizyki spoza Modelu Standardowego. Bardzo podobne anomalie wykazano dla prawie identycznego rozpadu naładowanego mezonu B^+ . Odkryto także efekt łamania tzw. uniwersalności leptonowej. Model Standardowy traktuje wszystkie trzy leptony (elektry, miony i leptony tau) jednakowo, różnią się one jedynie swoimi masami. Badania rozpadu $B^+ \rightarrow K^+ l^+ l^-$, gdzie l oznacza elektron lub mion, wykazały jednak, że częstsze są stany końcowe zawierające elektrony w stosunku do stanów końcowych z mionami. Pytanie jest następujące, co stoi za przyczyną tychże anomalii? Według niektórych propozycji za niezgodność pomiarów z Modelem Standardowym mogą stać nowe, nieznanne dotąd cząstki elementarne, takie jak bozon pośredniczący Z' albo leptokwarki.

Niniejsza analiza rozpadu $B^0 \rightarrow K^+\pi^-\mu^+\mu^-$ będzie skoncentrowana na wyższej wartości masy niezmienniczej układu $K\pi$ ($1430 \text{ MeV}/c^2$), w porównaniu do innych badań gdzie większość z nich analizuje obszar masy niezmienniczej $K\pi$ bliski $892 \text{ MeV}/c^2$. Pierwszym etapem analizy będzie

odpowiednie podzielenie próbki danych, gdyż oprócz poszukiwanego sygnału znajdują się w niej także przypadki tła, np. takie gdzie cząstki zostały błędnie zidentyfikowane. Po wyekstrahowaniu sygnału z próbki można wyznaczyć jego ilość w badanej próbce, co jest konieczne do obliczenia współczynnika rozgałęzienia, tj. stosunku liczby poszukiwanych rozpadów do całkowitej liczby rozpadów B^0 . Współczynnik ten będzie wyznaczony jako funkcja kwadratu masy niezmienniczej układu dwóch mionów (q^2). Wiele o samym rozpadzie może powiedzieć analiza kątowna produktów rozpadu, czyli badanie w jaki sposób cząstki po rozpadzie mezonu B^0 propagują się w detektorze. Oprócz samych kątów rozpad jest opisywany przez pewne wielkości mieralne (observable), których wartości można porównać z przewidywaniami Modelu Standardowego. Te właśnie wielkości mogą być modyfikowane poprzez obecność nowych, nieznanych do tej pory cząstek. Dzięki danym zebranych w latach 2016-2018 spodziewanym wynikiem tejże analizy będzie zwiększenie dokładności pomiarów w porównaniu do poprzedniej analizy.

Dzięki ciągłemu ulepszaniu akceleratora LHC i dzięki sukcesywnemu zwiększeniu ilości danych, analizy poszczególnych rozpadów będą coraz dokładniejsze, co pozwoli na lepszą weryfikację różnych hipotez. Od 2018 roku do początku 2022 roku (planowany czas) akcelerator LHC był wyłączony, aby przeprowadzić jego szeroką modernizację i wszystkich eksperymentów wewnątrz LHC przed rozpoczęciem 3 etapu operacji (tzw. Run3). Dzięki temu eksperyment LHCb będzie mógł zwiększyć ilość zbieranych danych i ich dokładność. W przyszłości planuje się budowę większych akceleratorów takich jak FCC (ang. Future Circular Collider), gdzie energie zderzeń mają sięgać aż 100 TeV. Być może tak wysoka energia zderzeń pozwoli na bezpośrednie wykrycie cząstek elementarnych spoza Modelu Standardowego, których w obecnym LHC nie da się wyprodukować ze względu na ich zbyt dużą masę. Przyszło nam żyć w bardzo ciekawych czasach, gdzie nowe odkrycia są na wyciągnięcie ręki, a po ich dokonaniu nasze postrzeganie świata już nie będzie takie samo.