

Streszczenie

Symetria przestrzenno-ładunkowa (CP) oznacza, że prawa fizyki są takie same, jeśli cząstka zostanie zamieniona z jej antycząstką (symetria sprzężenia ładunkowego), a jej współrzędne przestrzenne ulegną odwróceniu (symetria parzystości). Jednak symetria w transformacji CP może zostać naruszona w przypadku oddziaływań słabych. W rozpadach mezonów dziwnych i pięknych efekt łamania CP jest dobrze potwierdzony eksperymentalnie. Kilka lat temu efekt ten został także potwierdzony w rozpadach mezonów powabnych. Niemniej jednak, aby w pełni wyjaśnić proces bariogenezy w naszym Wszechświecie, potrzebny jest większy poziom łamania CP niż ten obserwowany w modelu standardowym (MS), co implikuje konieczność obecności dodatkowych źródeł łamania CP poza tymi znanymi w MS.

Po dziesięcioleciach poszukiwań eksperymentalnych udało się zaobserwować łamanie CP w sektorze powabnym. Asymetrie CP zostały zmierzone w rozpadach $D^0 \rightarrow K^+K^-$ i $D^0 \rightarrow \pi^+\pi^-$ przy użyciu dużej próbki powabnych mezonów zebranych przez eksperyment LHCb podczas LHC Run 1 i Run 2. Dokonując pełnego połączenia z wcześniejszymi wynikami LHCb, uzyskano następującą wartość: $\Delta A_{CP} = (-15.4 \pm 2.9) \times 10^{-4}$. Niedawno, w 2022 roku, fizycy ze Współpracy LHCb po raz pierwszy zmierzili asymetrię CP w pojedynczym rozpadzie mezonu powabnego: $a_{\pi^-\pi^+}^{dir} = (23, 2 \pm 6, 1) \times 10^{-4}$.

Odkrycie łamania CP w rozpadach mezonów powabnych otwiera okno na poszukiwanie nowych możliwych źródeł asymetrii CP w cząstkach powabnych. Jedną ze szczególnie interesujących grup rozpadów, w których oczekuje się złamania symetrii CP , są rozpady barionów powabnych $\Xi_c^+ \rightarrow pK^-\pi^+$. Dane z Run 1 zostały już przeanalizowane. W jednym z regionów rozkładu Dalitza obserwuje się zgodność z brakiem łamania symetrii CP wynoszącą 2.7 standardowych odchyłeń. Dlatego kluczowa jest dalsza analiza tych rozpadów z większą statystyką danych zebranych w Run 2 w celu potwierdzenia istnienia łamania CP z tych rozpadach. Trudno jest określić, czy obecnie stosowane metody nie są wystarczająco czułe, czy też łamanie CP jest zbyt małe, aby można je było zmierzyć, ponieważ zgodnie z przewidywaniami MS oczekuje się, że wielkość tego łamania w rozpadach cząstek powabnych będzie rzędu $10^{-4} - 10^{-3}$ i mniej.

Niniejsza rozprawa doktorska przedstawia szczegóły poszukiwań efektów łamania CP w trzyciałowych rozpadach barionów $\Xi_c^+ \rightarrow pK^-\pi^+$ produkowanych bezpośrednio w zderzeniach pp w akceleratorze LHC i zebranych w eksperymencie LHCb w Run 2, odpowiadających scałkowanej świetlności niecałych 6 fb^{-1} . Poszukiwania są prowadzone przy użyciu różnych technik w sposób niezależny od modelu. Techniki te to: metoda zależna od podziału na przedziały S_{CP} , estymator gęstości jądra (ang. Kernel Density Estimator (KDE)) i metoda testu energetycznego (ang. Energy Test (ET)).

22.09.2023
Jakub Lipka