

Jednym z najbardziej fascynujących wyzwań współczesnej fizyki jest odkrycie ukrytych zasad rządzących najmniejszymi cegiełkami materii. Wśród nich znajdują się bariony – rodzina cząstek obejmująca protony i neutrony, znane składniki jąder atomowych, a także cięższe kuzyny zawierające kwarki dziwne lub charm. Bariony charakteryzują się własnym spinem, właściwością kwantową działającą jak mała wskazówka kompasu, która odgrywa kluczową rolę w ich oddziaływaniach i rozpadowych procesach, czyniąc je idealnym polem do badania fundamentalnych praw natury.

Sz szczególnie interesującą klasą procesów są rozpady półleptonowe, w których barion przekształca się w inny barion, emitując lekkie cząstki, takie jak elektrony, miony i neutryny. Te rozpady stanowią most między kwarkami a leptonami i pozwalają naukowcom badać przejścia między różnymi typami kwarków, co umożliwi wyznaczenie wartości tzw. elementów macierzy Cabibbo-Kobayashi-Maskawa (CKM) – fundamentalnych liczb opisujących, jak kwarki mieszają się i zmieniają tożsamość, stanowiących jeden z filarów Modelu Standardowego fizyki cząstek.

Aby przyspieszyć te badania, zespół naukowców z Polski i Szwecji rozpoczyna nowe studium rozpadów barionów dziwnych i powabnych. Ich podejście wykorzystuje fakt, że bariony posiadają spin, który może być „spolaryzowany” – ustawiony w określonych kierunkach – co pozwala ujawnić subtelne szczegóły ich wewnętrznej struktury i dynamiki rozpadów.

Prace będą prowadzone w dwóch światowej klasy ośrodkach badawczych. Pierwszym jest eksperyment BEijing Sepctrometer III (BESIII) w Instytucie Fizyki Wysokich Energii (IHEP) w Pekinie, Chiny, który umożliwi odtworzenie nie tylko sposobu rozpadu barionów, ale także sposobu ich powstawania, pozwalając na precyzyjne pomiary tzw. czynników formy – funkcji matematycznych opisujących strukturę barionów i kontrolujących wzorce ich rozpadu. Pomiary te pomogą przetestować uniwersalność leptonu – zasadę, według której elektrony, miony i tau powinny zachowywać się w ten sam sposób – oraz doprecyzować wyznaczenia elementów macierzy CKM.

Drugim ośrodkiem jest nadchodzący eksperyment Compressed Baryonic Matter (CBM) w ośrodku FAIR w Niemczech. W przeciwieństwie do BESIII, który bada bariony powstające w kolizjach elektron-pozyton, CBM skupi się na barionach tworzonych w zderzeniach proton-proton i ciężkich jonów o wysokiej energii. Dzięki wyjątkowej zdolności do rejestracji danych przy bardzo dużych prędkościach CBM będzie w stanie zarejestrować setki tysięcy rzadkich rozpadów barionów dziennie, otwierając nowe możliwości, takie jak badanie półleptonowych rozpadów hiperionów z niespotykaną dotąd precyzją.

Wyniki uzyskane zarówno w BESIII, jak i CBM dostarczą nowego wglądu w zachowanie barionów, umożliwią niezależną weryfikację kluczowych parametrów Modelu Standardowego i potencjalnie wskażą drogę do odkrycia nowej fizyki. Dodatkowo badanie pozwoli zgłębić rolę elementów macierzy CKM, które opisują mieszanie się różnych generacji kwarków i stanowią integralną część zrozumienia dynamiki oddziaływań cząstek.