

Nr projektu: 2023/49/B/ST2/03665

Tytuł: Nowe spojrzenie na strukturę hadronów w zderzaczach elektron-jądro

Opis projektu

W naszym projekcie chcemy przeanalizować szereg problemów dotyczących struktury hadronów, które mogą być badane na zderzaczach elektronowo - jonowym (EIC).

Takie akceleratory wykorzystują wysokoenergetyczne wiązki elektronów do badania struktury materii na odległościach 100 tysięcy razy mniejszych niż rozmiar atomu. Fizycy opisują elektromagnetyczne oddziaływanie elektronów z protonami i jądrami atomowymi za pośrednictwem fotonów o bardzo krótkiej długości fali (kwanty pola elektromagnetycznego). Pola o bardzo krótkiej długości fali gwałtownie rozbijają składniki protonu, w wyniku tego oddziaływania powstaje wiele cząstek, a sam proton ulega zniszczeniu. Tymi składnikami protonu są kwarki i gluony, a zadaniem fizyków teoretyków jest zbadanie i wyciągnięcie wniosków na temat tego, jak zbudowany jest proton, tylko na podstawie analizy, pod jakim kątem i przy jakich energiach zostały wyprodukowane zmierzone, nowe cząstki.

Jednym z najbardziej intensywnie badanych zagadnień w fizyce oddziaływań silnych jest produkcja kwarkonii, stanów związanych ciężkiego kwarku i antykwarku. W szczególności stan związany (kwark c -antykwark c) zwany "czarmonium" odgrywa istotną rolę w tego typu badaniach. W zderzeniach ciężkich jonów powstaje plazma kwarkowo-gluonowa i oddziaływania ciężkich kwarków z plazmą pozwalają zaobserwować efekty tłumienia i podniesienia przy produkcji kwarkonii w porównaniu do zderzeń, w których plazma nie powstaje. Kluczowe jest zatem, aby zrozumieć produkcję tych cząstek w takich warunkach jak w zderzaczach EIC, gdzie produkcja plazmy nie ma miejsca.

Istnieje jeszcze jeden rodzaj procesów, który ma najbardziej intrygujące właściwości: czasami, pomimo interakcji z wysokoenergetyczną falą elektromagnetyczną, proton pozostaje nienaruszony i to raczej foton jest przekształcany w materię! Tylko mechanika kwantowa może wyjaśnić te osobliwe zdarzenia. Ponieważ intensywność cząstek ma rozkład kątowy podobny do dyfrakcji z optyki, procesy te nazywane są dyfrakcyjną produkcją cząstek.

Zespoły z Rzeszowa i Krakowa, które będą realizowały ten projekt, są ekspertami w teoretycznym opisie oddziaływań dyfrakcyjnych. Jeśli zamienimy proton na tarczę jądrową, możemy pozyskać nowe informacje o gluonach wewnątrz jądra. Jest to bardzo interesujące, ponieważ przypuszcza się, że gluony i kwarki w jądrze nie należą do poszczególnych protonów tworzących jądro, ale niektóre z gluonów są współdzielone przez dwa lub więcej protonów lub neutronów.

Ostatnio podjęto decyzję o budowie akceleratora EIC w laboratorium w Brookhaven w USA. Będą tam studiowane zderzenia elektronów i protonów oraz elektronów i jąder w szerokim zakresie energii: $20 < \sqrt{s} < 140$ GeV. Zderzacz ten będzie miał świetlność około 1000 razy większą niż wcześniejszy zderzacz HERA (Hadron-Elektron-Ringanlage), który działał w Hamburgu w latach 1992-2007. Poza ogromną świetlnością EIC będzie przyspieszał lekkie i ciężkie jądra oraz będzie to pierwszy zderzacz typu elektron-hadron z polaryzacją. Będziemy chcieli wykorzystać wszystkie te możliwości w proponowanym grantie. Planujemy przedstawić opis teoretyczny i wykonać symulacje numeryczne szerokiego zakresu procesów występujących w tego typu reakcjach.