

Nr umowy: UMO-2019/35/N/ST2/03321

Tytuł: Pomiar efektów relatywistycznych w przekrojach czynnych na rozszczepienie deuteronu z wykorzystaniem detektorów modułarnych KRATTA.

Cel projektu

Zgodnie z Modelem Standardowym, w przyrodzie istnieją cztery fundamentalne oddziaływania:

- grawitacyjne (np. spadające z drzewa jabłko),
- elektromagnetyczne (np. radio, telefon),
- słabe (odpowiedzialne za radioaktywność),
- silne, które odpowiada za oddziaływanie między kwarkami tworzącymi nukleony.

Nazwa "oddziaływanie silne" pochodzi od faktu, iż jest ono najsilniejszym przyciągającym oddziaływaniem w przyrodzie. Występuje ono na ekstremalnie małych odległościach i powoduje, że kwarki mogą tworzyć hadrony, tj. cięższe cząstki. Z kolei siły reszkowe, pochodzące z tego oddziaływania, są odpowiedzialne za oddziaływanie między hadronami np. protonami i neutronami, które tworzą jądra atomowe. Oddziaływanie silne jest odpowiedzialne za wiązanie fundamentalnych składników materii w cięższe cząstki, które następnie tworzą otaczającą nas materię. Oddziaływanie to jest 137 razy silniejsze od niż elektromagnetyczne, 100 000 razy silniejsze niż oddziaływanie słabe oraz $6 \cdot 10^9$ razy silniejsze niż grawitacja.

Nasze badania skoncentrowane są na "poziomie nukleonowym" i mają na celu zrozumienie natury oddziaływania w układach kilkunukleonowych i samych sił jądrowych. W 1934 roku Japoński naukowiec Yukawa stworzył teorię opisującą oddziaływanie reszkowe. Od tej pory fizycy jądrowi zaczęli prowadzić intensywne badania nad tą tematyką, po to, aby móc zrozumieć siły jakie występują między nukleonami. Obecnie dość dobrze potrafimy opisać oddziaływanie w układach dwóch nukleonów, ale już dodanie trzeciego (i większej liczby) nukleonu powoduje, że opis teoretyczny jest niewystarczający. Ten problem został rozwiązany w ostatnim dziesięcioleciu, kiedy to zostały stworzone odrębne modele tzw. siły trójciałowej (z ang. three nucleon force, 3NF) i uwzględnione w obliczeniach. Dodanie dodatkowego modelu 3NF powoduje znaczną poprawę opisu danych eksperymentalnych, co oznacza, iż lepiej rozumiemy jak oddziałują nukleony, ale ciągle pozostają nierozwiązane zagadki... zwłaszcza przy wyższych energiach. Przy energii ok. 200 MeV na nukleon znaczącą rolę w dynamice oddziaływania zaczynają odgrywać efekty relatywistyczne, podobnie efekty 3NF. Oba te efekty są wzmocnione i pojawiają się z różną siłą w różnych obszarach

przestrzeni fazowej. Mogą one również interferować. Aby zrozumieć dynamikę oddziaływania, potrzebujemy zarówno precyzyjnych obliczeń jak i precyzyjnych danych pomiarowych. Obecne obliczenia teoretyczne mogą przewidywać obserwowalne na bazie różnych modeli oddziaływania oraz pomiędzy różnymi komponentami dynamicznymi. Takie obliczenia mogą następnie być testowane przy pomocy precyzyjnych danych, co z kolei przyczynia się do pogłębienia naszej wiedzy o siłach jądrowych.

Zatem, aby lepiej zrozumieć naturę oddziaływań jądrowych przeprowadzony zostanie nowy eksperyment w Cyklotronowym Centrum Bronowice w Krakowie, mający na celu badanie efektów relatywistycznych przy energii 200 MeV. Wiązka protonów zderzana będzie ze stałą tarczą deuteronomową (deuteryzowany polietylen), a dwa protony pochodzące z reakcji rozszczepienia deuteronu będą rejestrowane przez układ detekcyjny KRATTA (Kraków Triple Telescope Array) ułożony w płaszczyźnie reakcji. Uzyskane wyniki w postaci różniczkowych przekrojów czynnych pozwolą odpowiedzieć na pytanie o roli efektów relatywistycznych w obliczeniach i dynamice układów 3N. Badania te należą do badań podstawowych traktujących o najbardziej fundamentalnej rzeczy w przyrodzie – oddziaływaniu między nukleonami. Przeprowadzony eksperyment będzie kolejnym fragmentem układanki na drodze do zrozumienia oddziaływań jądrowych.