

Celem naukowym projektu jest doświadczalne potwierdzenie istnienia nowego egzotycznego rodzaju materii jądrowej zbudowanej z nukleonów i mezonów. Nukleony to składniki jąder atomowych a mezony to cząstki zbudowane z kwarków i anty-kwarków czyli z materii i antimaterii. Jądro mezonowe byłoby układem mezonu i jądra atomowego związanych ze sobą za pomocą oddziaływania *silnego*. Analogicznie jak elektron i jądro stanowią atom czyli układ związany za pomocą oddziaływania *elektromagnetycznego*, czy ziemia i księżyc stanowią system związany oddziaływaniem grawitacyjnym.

Istnienie jąder mezonowych przewidziano już trzydzieści lat temu, jednak do tej pory pomimo wielu intensywnych prób w licznych laboratoriach na świecie żaden eksperyment nie potwierdził jej istnienia. Ta hipotetyczna forma materii, zwana jądrami mezonowymi, mogłaby powstawać w reakcji fuzji deuteronu z deuteronom lub protonu z deuteronom. Fuzja protonu z deuteronom jest jednym z podstawowych procesów jądrowych zachodzących wewnątrz Słońca. Proces ten prowadzi do syntezy jąder helu (czyli jak sama nazwa wskazuje jąder atomu „słonecznego”). Dla odpowiednio dużej energii w takiej fuzji oprócz jądra helu może powstać także mezon η . W porównaniu z innymi mezonami, mezon η mocno oddziałuje z jądrami i dlatego uważamy, że właśnie ten mezon ma największe szanse na utworzenie jądra mezonowego. Ważne jest także, że mezon η nie posiada ładunku elektrycznego. Dlatego jeśli zaobserwujemy stan związany tego mezonu z jądrem to będziemy mieli pewność, że nie jest to wiązanie elektromagnetyczne. Zatem będzie można przyjąć, że jest to stan taki jakiego poszukujemy, czyli związany oddziaływaniem *silnym*, ponieważ pozostałe dwa oddziaływania (*grawitacyjne* i *słabe*) są o wiele rzędów wielkości za małe żeby związać tak lekkie cząstki.

Ciekawym jest fakt, że izotop ${}^3\text{He}$ ma większe rozmiary i znacznie mocniej oddziałuje z mezonem η niż izotop ${}^4\text{He}$, pomimo iż ${}^3\text{He}$ ma o jeden nukleon mniej niż ${}^4\text{He}$. Te właściwości ${}^3\text{He}$ sugerują, że mezon η ma większe szanse utworzenie jądra mezonowego z ${}^3\text{He}$ niż z ${}^4\text{He}$. Dlatego uważamy, że warto zweryfikować doświadczalnie, czy istnieje jądro mezonowe η - ${}^3\text{He}$.

Nasza grupa badawcza opracowała metodę dającą duże szanse na odkrycie układu związanego mezonu η z jądrami ${}^3\text{He}$. W 2014 przeprowadziliśmy nowe pomiary z unikalną dokładnością przy użyciu wiązki protonowej synchrotronu COSY oraz detektora WASA znajdujących się w Centrum Badawczym Juelich w Niemczech. Zebrane dane, które planujemy analizować w ramach tego grantu, pozwolą na zweryfikowanie hipotezy produkcji jądra mezonowego η - ${}^3\text{He}$ w fuzji deuteronu z protonem. Dodatkowo szanse odkrycia zwiększa fakt, że w tym eksperymencie elektroniczny układ rejestracji danych został ustawiony w taki sposób, by można było testować nowe hipotezy co do rozpadu jąder mezonowych, których badanie było wcześniej niemożliwe ze względu na warunki selekcji zdarzeń narzucone w poprzednich eksperymentach już na poziomie detektorów. Tym razem będziemy mogli sprawdzić także hipotezę czy mezon η nie rozpada się na kwanty gamma już w pierwszym etapie procesu tuż po powstaniu w trakcie orbitowania wokół jądra helu. Atutem zastosowanego układu pomiarowego jest możliwość ciągłej zmiany energii wiązki oraz możliwość jednoczesnej rejestracji wszystkich cząstek biorących udział w reakcji. Dodatkowo wykonanie pomiarów było możliwe z wielokrotnie większą statystyką w porównaniu z wynikami otrzymanymi do tej pory. Powstanie jądra mezonowego przejawia się jako wzrost liczby zliczeń w obszarze energii odpowiadającej jego produkcji, czyli dla energii mniejszych niż suma mas mezonu η i jądra helu.

Poszukiwanie nowego rodzaju materii jądrowej jest bardzo ekscytującym wyzwaniem eksperymentalnym. Odkrycie nowej egzotycznej formy materii jądrowej - jąder mezonowych - pozwoliłoby na lepsze zrozumienie struktury mezonów oraz ich oddziaływania z nukleonami, a co z tym idzie przyczyniłoby się do pogłębienia naszej wiedzy na temat struktury materii.