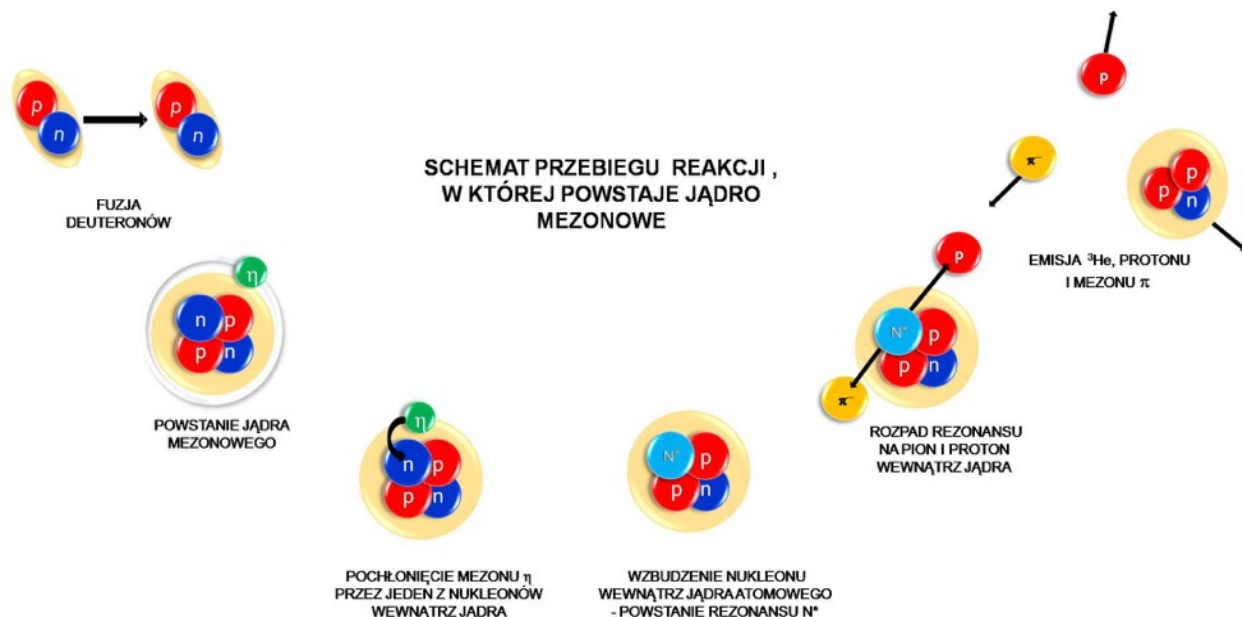


Celem naszych badań jest doświadczalne potwierdzenie istnienia nowego egzotycznego rodzaju materii jądrowej zbudowanej z nukleonów i mezonów. Nukleony to składniki jąder atomowych a **mezony to cząstki zbudowane z kwarków i anty-kwarków czyli z materii i antimaterii**. Jądro mezonowe byłoby układem mezonu 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 ponad 30 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  $\eta$ . W porównaniu z innymi mezonami, mezon  $\eta$  mocno oddziałuje z jądrami i dlatego uważamy, że właśnie ten mezon ma największe szanse na utworzenie jądra mezonowego. Ważne jest także, że mezon  $\eta$  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. Obecnie nie wiemy dokładnie jak taki proces mógłby przebiegać. Jedną z hipotez powstawania i rozpadu jądra mezonowego helu przedstawiona jest na poniższym rysunku.



Zgodnie z tą hipotezą jądro mezonowe jest produkowane w reakcji fuzji jądrowej deuteronu z deuteronom, w wyniku której powstaje jądro helu z oddziałującym z nim *silnie* mezonem  $\eta$ . Mezon  $\eta$  może zostać pochłonięty przez jeden z nukleonów, powodując jego wzbudzenie. Wzbudzony nukleon może wytracić energię na przykład przez emisję mezonu  $\pi$ . W wyniku rozpadu wyemitowane zostanie jądro izotopu helu  $^3\text{He}$ , nukleon i mezon  $\pi$ , które można zarejestrować w detektorze. W tym roku zakończyliśmy analizę danych z eksperymentu, w którym próbowaliśmy wytworzyć jądra mezonowe  $\eta$ - $^4\text{He}$  w fuzji deuteronu z deuteronom. W badanych widmach zaobserwowaliśmy, sygnał, który może wskazywać na istnienie jądra mezonowego  $\eta$ - $^4\text{He}$ . Sygnał jest statystycznie znaczący, przy czym zaobserwowany stan żyje niespodziewanie krótko. W przybliżeniu tak krótko jak wzbudzony nukleon. Obecnie nasz wynik jest interpretowany przez kilka zespołów teoretycznych.

Ciekawym jest fakt, że izotop  $^3\text{He}$  ma większe rozmiary i znacznie mocniej oddziałuje z mezonem  $\eta$  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  $\eta$  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  $\eta$ - $^3\text{He}$ .

Nasza grupa badawcza opracowała metodę dającą duże szanse na odkrycie układu związanego mezonu  $\eta$  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 Julich w Niemczech - jednym z najlepszych ośrodków badawczych w Europie i na świecie. Zebrane dane, które planujemy analizować pozwolą na zweryfikowanie hipotezy produkcji jądra mezonowego  $\eta$ - $^3\text{He}$  zgodnie ze schematem pokazanym na powyższym rysunku. Dodatkowo szanse odkrycia zwiększa fakt, że tym eksperymentem 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  $\eta$  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  $\eta$  i jądra helu. Dlatego też naszym głównym zadaniem jest wyznaczenie i analiza krzywych wzbudzenia dla ośmiu reakcji, w których spodziewamy się powstania jąder mezonowych. 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 oddziaływanie z nukleonami, a co za tym idzie przyczyniłoby się do pogłębienia naszej wiedzy na temat struktury materii.