

2017 -12- 04 *JB.ich.*

prof. dr hab. Konrad Czerski
Instytut Fizyki
Wydział Matematyczno-Fizyczny
Uniwersytet Szczeciński
ul. Wielkopolska 15
70-451 Szczecin

konrad.czerski@usz.edu.pl

Szczecin, 28.11.2017

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Sławomira Mianowskiego

zatytułowanej:

„Badanie rozpadu beta ^8He z emisją cząstek naładowanych”

Jednym w ważniejszych tematów badawczych fizyki jądrowej niskich energii ostatnich lat były prace poświęcone badaniom jąder atomowych dalekich od ścieżki stabilności, posiadających duży nadmiar protonów bądź neutronów. Stało się to możliwe z jednej strony dzięki rozwojowi technik eksperymentalnych związanych przede wszystkim z możliwością przyspieszania jąder radioaktywnych, a z drugiej z dużym postępem metod teoretycznych pozwalających na opis struktury takich jąder i ich roli w ważnych procesach astrofizycznych zachodzących we wnętrzu gwiazd. W przypadku jąder lekkich zainteresowanie tą tematyką nakłada się na odkrycie istnienia tzw. jąder halo, w których nadmiar słabo związanych protonów bądź neutronów objawia się bardzo dużym powiększeniem promienia jądrowego na obszar większy niż zasięg sił jądrowych. Przykładem takiego jądra atomowego jest ^8He , którego procesom rozpadu poświęcona jest dysertacja pana mgr Sławomira Mianowskiego.

W swojej pracy wykorzystał zmodyfikowany detektor OTPC (Optical Time Projection Chamber) wyposażony w dodatkowe folie GEM dla wzmocnienia zbieranego ładunku, zbudowany w Instytucie Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Warszawskiego i wykorzystywany wcześniej do badania promieniotwórczości dwuprotonowej. Umożliwia on rekonstrukcję śladów cząstek naładowanych powstałych w procesie rozpadu przy jednoczesnym wyznaczeniu ich energii. Jądra ^8He były uzyskane w reakcji fragmentacji ^{18}O na tarczy węglowej na separatorze ACCULINA, działającym w połączeniu z cyklotronem U-400 na terenie Zjednoczonego Instytutu Badań Jądrowych w Dubnej koło Moskwy. W ramach pracy przebadano dwa kanały rozpadu jąder ^8He prowadzące do emisji cząstek naładowanych:

${}^8\text{He} \rightarrow {}^8\text{Li} \rightarrow {}^8\text{Be}^* \rightarrow 2\alpha$ oraz ${}^8\text{He} \rightarrow {}^8\text{Li}^* \rightarrow \alpha + t + n$. Procesy te badano w przeszłości wielokrotnie. Tym nie mniej do chwili obecnej istnieje wiele niezgodności i otwartych pytań, dotyczących w szczególności drugiego rozważanego procesu, jeżeli chodzi o widma energetyczne i rozkłady kątowe emitowanych cząstek oraz mechanizm rozpadu prowadzącego do trójciałowego stanu końcowego. Konkurencja między dwuciałowym, sekwencyjnym rozpadem a rozpadem trójciałowym bez stanu pośredniego stanowi tutaj bardzo istotne zagadnienie, które ma również konsekwencje dla podobnych procesów badanych dla innych wysokowzbudzonych jąder lekkich. Pan mgr S. Mianowski podjął się także ambitnego zadania stworzenia prostego modelu teoretycznego pozwalającego na separację tych procesów i ich opis ilościowy. Praca została wykonana na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego pod kierunkiem prof. Zenona Janasa.

Pierwsze dwa rozdziały dysertacji poświęcone są przedstawieniu motywacji prowadzonych badań, podsumowaniu stanu wiedzy na temat rozpadu beta jąder ${}^8\text{He}$ oraz dyskusji dotychczasowych wyników. W rozdziale trzecim autor przedstawił szczegółowo układ eksperymentalny, opisał budowę i zasadę działania komory OTPC jak również system zbierania danych pomiarowych.

Zważywszy duży stopień skomplikowania przedstawionych badań eksperymentalnych rozdział czwarty, w którym autor przedstawia metodykę ich analizy ma decydujące znaczenie dla jakości otrzymanych wyników. Autor bardzo szczegółowo opisuje sposób rekonstrukcji śladów cząstek naładowanych w komorze OTPC i dokonane poprawki związane z dyfuzją elektronów w gazie oraz rozmyciem mierzonego sygnału świetlnego w fotopowielaczu i na obrazach kamery CCD. Wydajność rekonstrukcji zdarzeń w komorze OTPC wyznaczono na podstawie symulacji Monte Carlo, a całą metodykę rekonstrukcji sprawdzono przy użyciu emiterów cząstek alfa i rozpadu pierwszego stanu wzbudzonego ${}^8\text{Be}$ na dwie cząstki alfa. Na podkreślenie zasługuje bardzo staranna analiza niepewności pomiarowych i zbadanie wpływu temperatury i ciśnienia stosowanej mieszanki gazowej.

W rozdziale piątym przedstawione zostały wyniki eksperymentalne przeprowadzonych badań obejmujących m. in. wyznaczenie współczynnika rozgałęzienia rozpadu ${}^8\text{He}$ oraz jego czasu życia. Ponadto otrzymano widma energetyczne emitowanych cząstek naładowanych wraz z ich rozkładami kątowymi.

Modele teoretyczne stosowane dotychczas przez różnych autorów w opisie emisji cząstek opóźnionych w rozpadzie ${}^8\text{He}$ zostały zebrane w rozdziale 6, demonstrując z jednej strony ich stopniowy rozwój, a z drugiej otwarte pytania i pewne sprzeczności stosowanych metod. W rozdziale siódmym autor rozwija własne modele teoretyczne starając się jak najlepiej opisać otrzymane widma energetyczne i rozkłady kątowe emitowanych cząstek

naładowanych. W tym celu dzięki wykresowi Dalitza dokonuje separacji otrzymanych zdarzeń na rozpady sekwencyjne z utworzeniem pośredniego rezonansu w ^5He i rozpady trójciałowe $\alpha+t+n$. Następnie stosując własny, uproszczony model rozpadu sekwencyjnego autorowi udaje się dopasować dane eksperymentalne, wyznaczając przy tym parametry pośredniczącego rezonansu w ^8Li . Dysertację kończy dyskusja otrzymanych wyników i ich podsumowanie.

Najważniejszym osiągnięciem przedłożonej rozprawy jest analiza rozpadu beta jader ^8He z opóźnioną emisją trytu. Po raz pierwszy dokonano pomiaru względnego rozkładu kąтового emisji trytu i cząstki alfy oraz otrzymano widmo energii wzbudzenia jadra pośredniczącego ^8Li . Precyzyjna rekonstrukcja śladów cząstek naładowanych umożliwiła również uzyskanie widma energetycznego emitowanych trytonów i rozwiązania zagadki niezgodności danych eksperymentalnych pozyskanych we wcześniejszych pracach różnych autorów. Analiza wykonana za pomocą wykresów Dalitza i wyznaczenie rozkładów masy niezmienniczej doprowadziło autora do oszacowania na około 2/3 wkładu mechanizmu sekwencyjnego do procesu rozpadu jadra ^8Li . To z kolei umożliwiło wyznaczenie parametrów wysokowzbudzonego stanu 1^+ w ^8Li przy wykorzystaniu zaproponowanego przez autora modelu teoretycznego. Stosunkowo duża wartość B_{GT}^0 otrzymana dla tego rezonansu uzasadnia jego klasyfikację jako części gigantycznego rezonansu Gamowa-Tellera.

W czasie lektury pracy pana mgr S. Milanowskiego nasunęło mi się szereg uwag i pytań, które poniżej przedstawiam:

1. Rozdz. 4.2, str. 44. Wzór 4.2.1 Bethego-Blocha na stratę energetyczną cząstek naładowanych opisuje jedynie procesy jonizacyjne, które przeważają przy wyższych energiach. Brak jest opisu strat energetycznych przy niższych energiach wynikających ze wzbudzenia atomów i wymianę elektronów.
2. Rozdz. 4.2, str. 48. Jak określono niepewność rozmycia czasowego sygnału PMT $\sigma_{\text{PMT}}=0.1\pm0.05$, którego rozkład jest wyraźnie asymetryczny (rozkład chi kwadrat, rys. 4.2.2 B)?
3. Rozdz. 4.3. W jaki sposób wyznaczono kątową zdolność rozdzielczą detektora OTPC?
4. Rozdz. 5.4, rys. 5.4.1. W jaki sposób wyznaczono niepewności średniej energii wzbudzenia i szerokości rezonansu w ^8Li ?
5. Rozdz. 6.0. Brak odnośników tłumaczących pojęcia odnoszące się do rozpadu beta takich jak całka Fermiego, siła przejść Gamowa-Tellera.

6. Rozdz. 7.1. Rys. 7.1.2. Rozkład masy niezmienniczej otrzymany w doświadczeniu nie odpowiada w pełni rozkładowi teoretycznemu – brak dyskusji obserwowanych różnic.
7. Rozdz. 7.2. Opis modelu teoretycznego. W przyjętym modelu uwzględnia się możliwość rozpadu wysoko wzbudzonego stanu 1^+ w ^8Li w dwóch kanałach, ale pomija się fakt, że przesunięcia kulombowskie kanałów (ang. channel shifts) mogą być różne, co może mieć wpływ na wyznaczoną wartość energii rezonansowej. Brakuje definicji współczynnika penetracji przez barierę kulombowska – w literaturze spotyka się różne definicje. W modelu nie uwzględniono współczynnika transmisji neutronów w rozpadzie ^5He – czy efekt ten silnie modyfikuje widmo emitowanych neutronów i cząstek alfa? Wysoki moment pędu unoszony przez trytony ($l=3$) wydaje się mało prawdopodobny, gdyż otrzymana szerokość trytonowa rezonansu prawdopodobnie jest bliska szerokości jednocząstkowej dla $l=1$.

Podsumowując, na podkreślenie zasługuje, że praca jest napisana nieśpiesznie, a przeprowadzona dyskusja wyników eksperymentalnych i teoretycznych bardzo szczegółowa, co prowadzi do ważnych wniosków dla przyszłych badań rozpadu jądra ^8He . Model teoretyczny rozpadu sekwencyjnego zaproponowany przez autora, choć uproszczony w stosunku do pełnej wersji teorii macierzy R wydaje się zupełnie wystarczający do opisu danych eksperymentalnych, a jego prostota ułatwia dyskusję efektów fizycznych.

Przedłożona praca w pełni spełnia wymagania ustawowe jak i zwyczajowe stawiane rozprawom doktorskim. Dlatego stawiam wniosek o dopuszczenie pana mgr Sławomira Mianowskiego do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Konrad Czerski

