

Badanie struktury jąder atomowych w stanach ekstremalnych

C. STRESZCZENIE PROJEKTU Nr. 2013/11/B/ST2/04087

1. Cel prowadzonych badań/hipoteza badawcza

Celem projektu jest zbadanie struktury jąder atomowych w stanach dalekich od stabilności beta lub odpowiadających dużym deformacjom, czy wysokim momentom pędu. Badania te mogą doprowadzić do przewidzenia nowych zjawisk zachodzących w takich ekstremalnych warunkach. Zbadanie dokładnego położenia linii odpadania protonów, czy neutronów w jądrach dalekich od beta stabilności jest bardzo ważne zarówno dla wyjaśnienia niektórych procesów astrofizycznych, jak i dla nowych eksperymentów na obecnie przygotowywanych urządzeniach akceleratorowych bazujących na wiązkach radioaktywnych. Badania nasze przyczynią się do ulepszenia obecnie używanych modeli jądrowych. Prowadzone przez naszą grupę badania wykazały, że model makroskopowo-mikroskopowy z lubelsko-strasburską kroplą (LSD) bardzo dobrze nadaje się do takich przewidywań, jako teoria mająca niewiele parametrów i o dobrze uzasadnionym ich fizycznym znaczeniu. Dodatkowo opracowane przez nas ulepszenia w klasycznej metodzie Strutinskiego wyznaczania energii powłokowej, czynią te przewidywania bardziej dokładnymi i pozwolą np. na badanie zmiany przerw energetycznych odpowiadających magicznym jądom ze wzrostem izospinu. Nasze badania wykazały, że wydłużające się jądra w procesie rozszczepienia, czy bardzo szybko obracające się, stają się beta niestabilne, nawet gdy były beta stabilne w stanie podstawowym. Chcemy zbadać jakie konsekwencje ma ten fakt np. Dla rozkładów mas i ładunków fragmentów rozszczepienia i ich energii kinetycznej. Ważnym efektem tej, na pierwszy rzut oka nieoczekiwanej, beta-niestabilności, może też być wzmożenie emisji neutronów z tak silnie zdeformowanych jąder, co będzie miało duży wpływ na dynamikę procesu rozszczepienia silnie nagranych jąder złożonych. Prace te mają więc istotne znaczenie dla oceny szans na syntezę jąder superciężkich w takich reakcjach. Ulepszony przez nas model Gamowa emisji cząstek alfa, którego jedynym swobodnym parametrem (przy emisji z jąder parzysto-parzystych) jest stała promienia ładunkowego, pozwolił na bardzo dokładne odtworzenie wszystkich znanych połowicznych czasów życia nie tylko rozpadów alfa, ale i dla emisji klastrów. Zastosowanie tego modelu do badań rozpadów jąder neutronodeficytowych, lub szybko rotujących, czy silnie zdeformowanych, powinno pozwolić na dobrą ocenę prawdopodobieństwa emisji cząstek alfa z tych stanów.

2. Zastosowana metoda badawcza/metodyka

Badania nasze chcemy przeprowadzić w modelu makroskopowo-mikroskopowym. Parametry stosowanego przez nas lubelsko-strasburskiego modelu kropłowego (LSD) zostały dopasowane w 2003 roku. Pomimo tego, że model ten bardzo dobrze się sprawdza w przewidywaniu mas nowych izotopów i wysokości barier na rozszczepienie, to pierwszym krokiem jaki zamierzamy zrobić jest ponowne dopasowanie jego parametrów do znanych obecnie mas jąder. Dodatkowo chcemy wprowadzić modyfikację tego modelu polegającą na wyłączeniu z energii makroskopowej globalnego efektu sił pairing. Nasze badania wskazują, że dołączenie energii korelacji pairing do energii kropli nie jest dobrym rozwiązaniem, bo powoduje np. złą ocenę energii jądra w punkcie rozerwania. Zauważmy, że w przybliżeniu Extended Thomas-Fermi (ETF) opartym na samozgodnych teoriach mikroskopowych, parametry modelu makroskopowego otrzymuje się poprzez rozkład funkcjonału gęstości energii jądrowej wokół efektywnej powierzchni jądrowej, nie uwzględniając przy tym efektu korelacji pairing. Chcemy też zastosować ulepszoną przez nas metodę Strutinskiego, która opisuje bardziej poprawnie efekty powłokowe w jądrach dalekich od beta stabilności. Nasze obliczenia mikroskopowe będą bazowały na uśrednionym potencjale jednocząstkowym wygenerowanym z rozkładu kropłowego poprzez siły Yukawy. Ten tzw. potencjał folded Yukawa bardzo dobrze opisuje strukturę jednocząstkową jąder atomowych i ich

kształt, w przeciwieństwie do często używanego w podobnych obliczeniach potencjału Woods-Saxona, jest ściśle powiązany z kroplą, która jest odpowiedzialna za energię makroskopową. To uzgodnienie kształtu kropli i potencjału jednocząstkowego jest ważne przy dużych deformacjach jąder, zwłaszcza w pobliżu punktu rozerwania.

3. Wpływ spodziewanych rezultatów na rozwój nauki, cywilizacji, społeczeństwa

Planowane badania mają znacznie dla wyjaśnienia procesów zachodzących w gwiazdach w efekcie których produkowane są izotopy cięższych pierwiastków. Ważnym dla modeli astrofizycznych rezultatem będzie też uzyskana przez nas ocena energii symetrii w materii jądrowej. Innym, już bardziej użytecznym, efektem naszych badań powinno być odtworzenie i przewidzenie rozkładów mas, ładunków i energii kinetycznych fragmentów powstałych zarówno w procesie spontanicznego rozszczepienia, jak i rozszczepienia nagrzanych i rotujących jąder, może to mieć znaczenie dla wyboru nowych typów reakcji rozszczepienia w reaktorach. Planowane badania są też związane z najnowszymi pracami eksperymentalnymi prowadzonymi na akceleratorach z wiązkami radioaktywnymi. Nasze obliczenia własności, stabilności i sposobów rozpadu izotopów powstałych w takich reakcjach powinny stanowić cenną pomoc w planowaniu nowych eksperymentów i przyczynić się do lepszego poznania własności tych egzotycznych jąder.