

Warszawa, 7-go września 2019r.

Prof. dr hab. Piotr Magierski
Wydział Fizyki Politechniki Warszawskiej
ul. Koszykowa 75, 00-667 Warszawa

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr. Pawła Bączyka
pt. Naruszenie symetrii izospinowej przez oddziaływanie silne w podejściu opartym na teorii funkcjonału gęstości.

Praca doktorska mgr. Pawła Bączyka jest poświęcona badaniu efektów naruszenia symetrii izobarycznej (izospinowej) w jądrach atomowych. Rozprawa została oparta na wynikach opublikowanych w siedmiu artykułach w czasopismach recenzowanych (dwie prace w Acta Physica Polonica B, dwie w Physical Review C, jedna w Computer Physics Communication, jedna w Physics Letters B, oraz jedna w Journal of Physics G), oraz trzech artykułach będących w przygotowaniu. Prace teoretyczne mają od trzech do jedenastu autorów. Jedna praca eksperymentalna posiada dwudziestu autorów. Mgr Paweł Bączyk jest pierwszym autorem w czterech opublikowanych pracach, co sugeruje, że jego wkład w otrzymane wyniki był dominujący.

Celem pracy była analiza wkładów do oddziaływania silnego odpowiedzialnych za naruszenie symetrii izospinowej. Autor skupił się głównie na zbadaniu tego efektu w teorii funkcjonału gęstości energii (DFT), rozważając zarówno wkłady dominujące (leading order - LO) i poprawki w kolejnym rzędzie rozwinięcia teorii efektywnej (next to leading order – NLO). Autor korzystał w pracy z programu HFODD, który odpowiednio zmodyfikował.

Pierwsze trzy rozdziały pracy mają charakter wprowadzający. Rozdział pierwszy przedstawia główne idee teorii funkcjonału gęstości, funkcjonału Skyrme'a i związku z oddziaływaniami efektywnymi. Rozdział drugi zawiera analizę członów oddziaływania nukleon-nukleon (NN) prowadzących do złamania symetrii izospinowej oraz złamania symetrii ładunkowej. Wprowadzono dwie kluczowe obserwable: mirror displacement energy (MDE) oraz triplet displacement energy (TDE), które stanowiły podstawę do dopasowania członów naruszających symetrię izospinową. Ponadto autor przedstawił również w tym rozdziale przegląd dotychczasowych badań teoretycznych. W rozdziale trzecim wprowadzono człony prowadzące do naruszenia symetrii izospinowej w formalizmie DFT. Rozdziały czwarty i piąty stanowią centralną część pracy. W rozdziale czwartym przeprowadzono dopasowanie parametrów oddziaływań naruszających symetrię izospinową do wielkości MDE i TDE. Rozdział piąty zawiera porównanie wyników otrzymanych w DFT z obliczeniami typu Monte Carlo, wykorzystującymi realistyczny potencjał NN. Rozdział szósty poświęcony jest zastosowaniu skonstruowanego oddziaływania Skyrme'a do obliczeń pasm rotacyjnych oraz przemian beta. W szczególności autor analizuje wpływ wprowadzonych poprawek do oddziaływania Skyrme'a na wartość elementu macierzowego V_{ud} tworzącego element macierzy CKM.

Głównym osiągnięciem pracy jest skrupulatna analiza członów izotensorowych i izowektorowych w ramach teorii funkcjonału gęstości. Zauważenie, że obserwable MDE i TDE są wyznaczone głównie przez różne człony naruszające symetrię izospinową pozwoliło na efektywne dopasowanie parametrów teorii. Wydaje się, że jest to pierwsza tak systematyczna analiza tego typu efektów w ramach DFT. Wykorzystując otrzymane wyniki autor pokazał, że już dominujące wkłady oddziaływań łamiących symetrię izospinową są w stanie usunąć anomalię Nolena-Schifferra. Bardzo interesujące było porównanie przeprowadzone przez autora pomiędzy wynikami opartymi na DFT, a obliczeniami wykorzystującym realistyczne oddziaływanie NN (typu AV18). W szczególności autor pokazał, że rozważane poprawki do funkcjonału gęstości pochodzą w istocie od członów oddziaływania NN łamiących symetrię izospinową. Jest to bardzo ważny wynik, ponieważ zwykle

bardzo trudno jest uzyskać jednoznaczny związek pomiędzy członami tworzącymi funkcjonał gęstości, a postacią oddziaływania.

Zastosowania skonstruowanego funkcjonału gęstości do badań przemian beta w dubletach izospinowych przyniosły również ciekawy wynik, wskazujący, że człony izowektorowe znacząco zmieniają wyniki przewidywań teoretycznych.

Praca jest napisana starannie i klarownie, choć autor nie uniknął w kilku miejscach użycia żargonowych określeń. Z innych pomyłek, należy stwierdzić, że zdanie na stronie 6: „Podejście to opiera się na twierdzeniu Hohenberga-Kohna, zgodnie z którym energia układu jądrowego jest jednoznacznie zdefiniowanym funkcjonałem gęstości jednocząstkowej” jest nieścisłe. Twierdzenie Hohenberga-Kohna nie dotyczy bowiem układów samozwiązanych (selfbound), a więc w szczególności jąder atomowych.

Uważam że rozprawa doktorska dokumentuje bardzo solidną pracę badawczą o dużym znaczeniu dla naszego rozumienia wpływu oddziaływań naruszających symetrię izospinową na własności jąder atomowych. Praca doktorska przyczyni się z pewnością do usystematyzowania naszej wiedzy na ten temat. Należy podkreślić, że do opisu efektów zaburzenia symetrii izospinowej w jądrach użyto najnowocześniejszych metod teoretycznych, opartych na metodach funkcjonału gęstości i wielowymiarowych metodach rzutowych. Dlatego zgłaszam wniosek o wyróżnienie rozprawy.

Handwritten signature of Piotr Magiera in black ink.