

Warszawa, 25.03.2016

Prof. dr hab. Piotr Magierski
Wydział Fizyki
Politechniki Warszawskiej
Ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr. Aleksandry Pędrak pt. „Ukryte symetrie w modelach jądrowych”.

Rozprawa doktorska p. Aleksandry Pędrak dotyczy analizy symetrii wewnętrznych oraz symetrii parcjalnych układów kwantowych, w szczególności jąder atomowych. Praca składa się ze wstępu, sześciu rozdziałów, podsumowania i uzupełnień matematycznych. Podstawą pracy jest sześć publikacji w czasopismach naukowych, z czego trzy ukazały się w czasopiśmie *Physica Scripta*, jedna – w *International Journal of Modern Physics E*, jedna – w materiałach konferencyjnych oraz w wydawnictwie UMCS. W sumie w dorobku autorki znajduje się 13 publikacji.

W pierwszym rozdziale pracy mgr Aleksandra Pędrak rozważa zagadnienie określenia układu wewnętrznego dla układu wielu ciał. Autorka przypomina kilka znanych konstrukcji układów wewnętrznych: układu Eckarta, układu wewnętrznego zdefiniowanego przy pomocy współrzędnych Jacobiego, oraz układu wewnętrznego związanego z osiami głównymi tensora momentu bezwładności dla jąder atomowych. Po tych wstępnych rozważaniach p. Pędrak definiuje układ wewnętrzny jako pewnego typu transformację pomiędzy współrzędnymi laboratoryjnymi, a współrzędnymi związanymi z obiektem fizycznym i parametrami grupy Liego określającej automorfizm współrzędnych laboratoryjnych. Ta bardzo ogólna definicja, uzupełniona o zestaw tzw. warunków rugujących, które wiąże parametry grupy i współrzędne układu, jest punktem wyjścia do prawie wszystkich rozważań znajdujących się w pracy.

Autorka wprowadza pojęcie grupy symetryzacji, związanej z takimi przekształceniami układu wewnętrznego, które nie zmieniają współrzędnych laboratoryjnych. Następnie wykazuje, na przykładzie operatora Laplace’a–Beltramiego, że operator ten jest niezmienniczy ze względu na działanie grupy symetryzacji. W szczególności autorka podaje dwie metody konstrukcji operatorów niezmienniczych ze względu na grupę symetryzacji.

W kolejnym rozdziale p. Aleksandra Pędrak rozważa konkretny Hamiltonian opisujący vibracje i rotacje. Na tym przykładzie autorka analizuje pojęcie układu wewnętrznego i wpływ grupy symetryzacji na konstrukcje stanów w układzie wewnętrznym. Następnie dowiedziona zostaje teza o równoważności różnych układów wewnętrznych, posiadających dwie odmienne grupy symetryzacji. Rozdział kończy się analizą symetrii wewnętrznych w metodzie współrzędnej generującej (GCM).

Rozdział trzeci poświęcony jest symetriom parcjalnym. Wykorzystując twierdzenie spektralne autorka rozważa różne możliwości z jakimi możemy mieć do czynienia, kiedy różne komponenty Hamiltonianu będą posiadać odmienne grupy symetrii. Na szczególną uwagę zasługuje próba podejścia do problemu symetrii parcjalnych przy wykorzystaniu rozkładu ortogonalnego Hamiltonianu. Autorka podaje efektywną procedurę wyznaczenia takiego rozkładu, bez rozwiązywania zagadnienia własnego dla pełnego Hamiltonianu. Działanie tej metody zostało omówione na przykładzie trójosiowego rotora kwantowego.

Rozdział czwarty pracy stanowią dwa przykłady: uproszczony dwuwymiarowy model Bohra oraz model uogólnionego rotora kwantowego sprzężonego z wibracjami.

Pracę zamyka osobny rozdział, poświęcony konstrukcji ogólnych operatorów przejść elektromagnetycznych, spełniających określone warunki transformacyjne. Autorka omawia zastosowanie zaproponowanej konstrukcji do metody GCM, w przybliżeniu przekryć gaussowskich (GOA).

Podsumowując, praca mgr Aleksandry Pędrak ma charakter porządkujący pewne pojęcia związane z problemem wyboru układu wewnętrznego. Pojęcia te używane są zwykle w fizyce jądrowej w sposób dość arbitralny i często intruicyjny. Autorka próbuje przedstawić pewien ogólny schemat, który porządkuje i uściśla zagadnienie transformacji do układu wewnętrznego. Dzięki tej ścisłości mogła wprowadzić dobrze zdefiniowane pojęcie grupy symetryzacji. Osiągnięciem autorki jest dowód tezy o równoważności różnych układów wewnętrznych i wykazanie niezmienniczości operatora Laplace's-Beltramiego. W zakresie symetrii parcjalnych osiągnięciem autorki jest podanie procedury rozkładu ortogonalnego Hamiltonianu, bez diagonalizacji pełnego Hamiltonianu.

Praca jest napisana klarownie, choć w niektórych miejscach zdarzają się pewne niejasności, np. pojęcie grupy laboratoryjnej zostało użyte przed jego określeniem, a w podrozdziale dotyczącym równania GHW i symetrii wewnętrznych użyto kilku symboli bez uprzedniego ich zdefiniowania. Te i inne potknięcia nie zmieniają jednak faktu, że praca została starannie przygotowana. Pewien niedosyt jest spowodowany brakiem przedstawienia programu dalszych badań i obszaru konkretnych zastosowań stworzonych narzędzi teoretycznych. Przedstawione bowiem w tekście modele są jedynie niezwykle uproszczonymi modelami rzeczywistości fizycznej. Mogą one tylko służyć jako ilustracja działania metod teoretycznych, ale ich przydatność do opisu realnych problemów z dziedziny fizyki jądrowej lub molekularnej jest znikoma. Spodziewam się jednak, że jak to zwykle bywa w przypadku wyrafinowanych narzędzi matematycznych, stosowalność przedstawionego formalizmu ograniczy się jedynie do dobrze znanych przykładów, które i tak można rozwiązać innymi metodami. Natomiast próby zastosowania do interesujących fizycznie przypadków okażą się w praktyce zbyt skomplikowane.

Niemniej, podsumowując uważam, że rozprawa spełnia kryteria stawiane rozprawom doktorskim i wnioskuję o dopuszczenie mgr Aleksandry Pędrak do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

