

Prof. dr hab. Piotr Rozmej
Instytut Fizyki, Wydział Fizyki i Astronomii
Uniwersytet Zielonogórski

Zielona Góra 29.03.2016 r.

Recenzja rozprawy doktorskiej

magister Aleksandry Pędrak

UKRYTE SYMETRIE W MODELACH JĄDROWYCH

Rozprawa doktorska *Ukryte symetrie w modelach jądrowych* mgr Aleksandry Pędrak podejmuje trudne problemy badania symetrii wewnętrznych w modelach jądrowych wykorzystując przede wszystkim metody teorii grup. Rozprawa liczy 101 stron i cytuje 44 pozycje bibliograficzne. Składa się z pięciu zasadniczych rozdziałów, podsumowania oraz uzupełnienia. Rozprawa jest w znacznym stopniu oparta na dziesięciu już opublikowanych artykułach, dwa następne są (jak podaje lista publikacji) w druku. Liczby te wyglądają imponująco, lecz większość tych artykułów została opublikowana w wydawnictwach pokonferencyjnych.

W rozdziale pierwszym autorka dokonuje przeglądu koncepcji układu wewnętrznego i wprowadza jego definicję. Następnie wprowadza definicję grupy symetryzacji układu wewnętrznego jako zbiór transformacji przekształcających zmienne wewnętrzne, a pozostawiających zmienne w układzie laboratoryjnym bez zmian. Badając strukturę symetrii operatorów względem grupy symetryzacji wykazuje w szczególności, że operatory Laplace'a-Beltramięgo, interpretowane jako operatory energii kinetycznej, przetransformowane z układu laboratoryjnego do wewnętrznego, są niezmiennicze ze względu na grupy symetryzacji. Jednak dwie możliwe procedury symetryzacji operatorów w układzie wewnętrznym, a mianowicie *rzutowanie* i *selekcja*, nie są równoważne.

W rozdziale drugim przedstawione są różne koncepcje symetrii w fizyce. Istnienie symetrii pozwala na sformułowanie reguł wyboru dla elementów macierzowych operatorów obserwabli wyrażonych przez tensory względem grupy symetrii w bazie nieprzywiedlnych reprezentacji tej grupy. W przypadku istnienia symetrii wewnętrznej możliwe jest uzupełnienie laboratoryjnych reguł wyboru o reguły wybory wynikające z wewnętrznej symetrii. Przedyskutowany został także problem równoważności różnych układów wewnętrznych.

Rozdział trzeci omawia tak zwane symetrie parcjalne. Jednym z takich przypadków jest symetria w przestrzeni parametrów hamiltonianu. W tym przypadku możliwe bywa znalezienie tzw. "pasm podobnych" dla różnych układów fizycznych, które wynikają ze związków skalowania. Innym typem możliwych symetrii są symetrie parcjalne w przestrzeni zmiennych, gdy pełny hamiltonian daje się przedstawić jako suma wyrazów niezmienniczych ze względu na swoje grupy symetrii, działających w przestrzeniach wzajemnie ortogonalnych.

W rozdziale czwartym omówione są dwa przykłady analizy symetrii kwantowego opisu w układach wewnętrznych dobrane tak, aby było możliwe przeprowadzenie obliczeń analitycznych. Pierwszy przykład dotyczy dwuwymiarowego modelu hamiltonianu kolektywnego. Hamiltonian w układzie laboratoryjnym ma postać czterowymiarowego oscylatora harmonicznego z czterema zmiennymi kolektywnymi $\{\alpha_{\pm 2}^{lab}, \alpha_{\pm 3}^{lab}\}$. Dla tego hamiltonianu można łatwo znaleźć wartości własne i funkcje własne (wzory (4.9) i (4.10)). Pokazano dwie konstrukcje grupy symetryzacji dla dwóch typów układów wewnętrznych i pokazano odpowiedniość obu hamiltonianów wewnętrznych, ich wartości własnych i funkcji własnych pod warunkiem utrzymania odpowiednich związków między liczbami kwantowymi.

Drugi przykład opisany w rozdziale czwartym dotyczy modelu hamiltonianu z symetriami parcjalnymi. Model dopuszcza rotacje oraz wibracje w przestrzeni zmiennych kwadrupolowych i oktopolowych oraz ich sprzężenia. Ważnym wnioskiem z dyskusji parcjalnych symetrii hamiltonianów wewnętrznych jest fakt, że mogą się one pojawiać w obserwowanych widmach i ich znalezienie może istotnie pomóc w uporządkowaniu tych widm.

W rozdziale piątym przedstawiono wyprowadzenie multipolowych operatorów przejść elektromagnetycznych w przestrzeni kolektywnej. Ich zastosowanie powinno pomóc w rozwikłaniu wielu dotychczas niezrozumiałych własności pasm kolektywnych w jądrach zdeformowanych i w jądrach miękkich ze względu na parametry kształtu.

Niewątpliwie autorka rozprawy włożyła dużo pracy w poznanie aparatu teoriogrupowego oraz w próby poszukiwania i zastosowania różnych rodzajów symetrii hamiltonianów jądrowych. Przy pierwszym czytaniu odniosłem jednak wrażenie, że chociaż włożono duży wysiłek w sformułowanie aparatu, otrzymane wyniki są mało konkretne. Sama autorka (i współautorzy publikacji) w kilku miejscach podaje, że np. różne podejścia mogą prowadzić do niejednoznacznych wyników, oraz że potrzebne są dalsze badania.

Doktorantka nie wykorzystała szansy aby wyraźnie sformułować najważniejsze aspekty motywacji prowadzenia tego rodzaju badań. Fizycy doświadczalni obserwują bardzo bogatą spektroskopię przejść elektromagnetycznych w jądrach atomowych. Ogromna więk-

szość tych przejść pochodzi od wzbudzeń kolektywnych, których modele najlepiej badać w układzie wewnętrznym. Jednak bezpośrednia konstrukcja modeli kolektywnych w układzie wewnętrznym jest obciążona nadmiarem zmiennych. Nadmiar ten należy usunąć przy pomocy tzw. warunków rugujących, tak aby liczba stopni swobody w układzie wewnętrznym była równa liczbie stopni swobody w układzie laboratoryjnym. Istotnym osiągnięciem rozprawy jest wykazanie, że ma to związek z wprowadzeniem tzw. grupy symetryzacji w układzie wewnętrznym, i że te symetrie wewnętrzne mogą mieć istotny wpływ na własności widm. Można to było wyraźniej podkreślić.

Rozprawa jest napisana językiem dość trudnym. Nawet rozdział 7–Uzupełnienia, w którym zebrane zostały niektóre pojęcia, definicje i twierdzenia z teorii grup nie zawsze wystarcza do zrozumienia dość hermetycznego języka i czasami zawiłych konstrukcji pojęciowych.

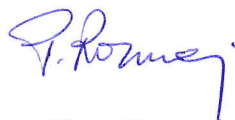
W kilku miejscach pojawiają się symbole, które nie są objaśnione w okolicy pojawienia się. Tak jest np. wokół wzoru (7.2), który prawdopodobnie zawiera błędy typu 'literówek' i jest dla mnie niezrozumiały.

W rozdziale piątym, przy przejściu od wzoru (5.1) do (5.4) zniknęła całka pochodząca od potencjału pola elektrycznego (prawdopodobnie jest to wynik pomyłki w oznaczeniu, H' zamiast H w (5.1)).

W tekście rozprawy zauważyłem także kilka innych drobnych błędów typograficznych, z których najbardziej kłuje w oczy brak apostrofu w odmianie nazwiska Laplace'a, co pojawia się kilka razy, oraz nieoczekiwane spacje w niektórych nazwiskach z polskimi znakami (pozycja [37] bibliografii).

Powyższe uwagi krytyczne nie umniejszają jednak wartości rozprawy.

Podsumowując stwierdzam, że rozprawa doktorska magister Aleksandry Pędrak spełnia wymogi ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym. Stawiam zatem wniosek o przyjęcie rozprawy oraz dopuszczenie doktorantki do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



Piotr Rozmej