

Prof. dr hab. Michał Spaliński
Narodowe Centrum Badań Jądrowych

Wpłynęło dnia 2019 -09- 03
Warszawa, 10 sierpnia 2019

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Pawła Olszewskiego
„Electroweak vacuum in Standard Model and its extension motivated by scale symmetry”

Przedstawiona do recenzji rozprawa, napisana pod kierunkiem prof. dr. hab. Zygmunta Lalaka, oparta jest na badaniach naukowych przedstawionych w czterech artykułach których mgr Olszewski jest współautorem, opublikowanych w wiodących czasopismach w dziedzinie fizyki cząstek elementarnych.

Konstrukcja i główne wyniki rozprawy

Praca doktorska mgr Olszewskiego dotyczy stabilności próżni Modelu Standardowego i jego rozszerzeń zawierających pewną liczbę sprzężeń nierenormalizowalnych. Ponad to, Autor bada rozszerzenia które wprowadzają nowe pola w taki sposób by zapewnić spontanicznie złamaną niezmienniczość względem dylatacji.

Praca napisana jest bardzo starannie, a przy tym pedagogicznie. Autor stara się uważnie wprowadzić wszystkie istotne dla dalszych wywodów pojęcia. Rozprawa napisana jest w języku angielskim w sposób czytelny i żywy. Składa się ośmiu rozdziałów, trzech krótkich dodatków i spisu bibliografii, która zawiera 71 pozycji.

Pierwsze trzy rozdziały to krótki wstęp i obszerne, szczegółowe wprowadzenie pojęć wykorzystywanych w dalszych częściach pracy. Rozdział drugi dotyczy pojęcia efektywnego działania, potencjału efektywnego a także próżni w kwantowej teorii pola. W rozdziale 3 Autor przedstawia pojęcie fałszywej próżni, omawia zjawisko tunelowania i semiklasyczną formułę Colemana opisującą rozpad takiej próżni. Poza tą czysto przeglądową częścią rozdziału 3, zawiera on także szereg przykładów ilustrujących różne aspekty omawianego formalizmu. Rozdział ten wyjaśnia też logikę dodawania wyrazów nierenormalizowalnych do funkcjonału działania teorii, która to procedura wykorzystywana jest w dalszych rozdziałach. Procedura ta zakłada, że tylko skończona liczba takich wyrazów pojawia się z różnymi od zera współczynnikami. Ze względu na grupę renormalizacji taka sytuacja nie jest stabilna, w związku z czym konsystencja takiego

postępowania nie jest a priori oczywista. Okoliczność ta jest Autorowi dobrze znana i jest przez niego omawiana zarówno w rozdziale 3 jak i w kolejnych.

Rozdział 4 poświęcony jest pewnej wersji elektrodynamiki skalarnej, czyli teorii pola Maxwella (pola cechowania $U(1)$) sprzężonego do zespolonego pola skalarnego. Model ten dopuszcza (w pewnym obszarze parametrów) pojawienie się stanów próżni których stabilność zależy w kluczowy sposób od poprawek radiacyjnych. Pierwotnie zjawisko to zostało zauważone przez Coleman i Weinberga, a rozważany model był już od lat przedmiotem wielu badań. Posłużył on Autorowi rozprawy za proste laboratorium pozwalające na szczegółowe omówienie zagadnień takich jak niezależność od cechowania opisu tunelowania a także wykorzystanie grupy renormalizacji do badania próżni w obszarze dużych wartości oczekiwanych pola skalarnego. Rozdział ten zawiera bardzo szczegółowy opis renormalizacji tej teorii.

Rozdział 5 poświęcony jest obliczeniu potencjału efektywnego dla Modelu Standardowego uzupełnionego o szereg wyrazów nierenormalizowalnych o wymiarach 6, 8 i 10 w duchu podejścia wprowadzonego w rozdziale 3. Autor przedstawia wynikający (przy przyjętych założeniach) potencjał efektywny i traktuje go jako punkt wyjścia do badania stabilności próżni. W szczególności porównuje on wyniki obliczeń analitycznych opartych na pewnych przybliżeniach z wynikiem uzyskanym przez numeryczne znalezienie rozwiązania instantonowego.

Rozdział 6 zawiera omówienie symetrii dylatacji w kwantowej teorii pola z uwzględnieniem kluczowego w tym kontekście procesu renormalizacji. Główna jego część omawia sposób rozszerzenia danej teorii poprzez dodanie dynamicznego pola które pozwala efektywnie potraktować skalę renormalizacji jako jego próżniową wartość oczekiwaną. Konstrukcja ta pozwala formułować teorie w których symetria dylatacji (na poziomie kwantowym) łamana jest spontanicznie. Część tego rozdziału ma charakter przeglądowy.

W rozdziale 7 wszystkie wcześniej omawiane wątki zostają wykorzystane do sformułowania rozszerzenia Modelu Standardowego które zawiera szereg wcześniej omawianych sprzężeń nierenormalizowalnych a także dodatkowe pole zapewniające symetrię skalowania w sensie omawianym w rozdziale 6. W odniesieniu do tego modelu Autor bada stabilność próżni, rozszerzając na przypadek rozważanego modelu wcześniejsze wyniki uzyskane w rozdziale 5.

Ocena merytoryczna i metodologiczna rozprawy

Recenzowana praca z jednej strony robi bardzo dobre wrażenie dzięki znakomitemu opanowaniu formalnego warsztatu kwantowej teorii pola przez jej Autora, a z drugiej pozostawia pewien niedosyt. Zabrakło mi jakiegoś podsumowania, syntetycznego ujęcia tego, jakie lekcje na

przyszłość wynikają z przedstawionych badań; w tym kontekście uwagę zwraca fakt, że rozdział 8 - podsumowanie dysertacji - składa się tylko z jednego akapitu. Pozostaje to w kontraście z bardzo szczegółowymi i często wnikliwymi omówieniami niektórych kwestii technicznych we wcześniejszych partiach tej rozprawy, które czytałem z przyjemnością.

Pewien niedosyt pozostawiają też niektóre uproszczenia takie jak sposób traktowania wyrazów nierenormalizowalnych, których wybór nie jest dyktowany głębszymi względami niż dogodność dalszej analizy, a brak stabilności w sensie grupy renormalizacji dodatkowo utrudnia wyciąganie jednoznacznych wniosków. Rozumiem jednak, że ten problem trudno jest ominąć i sam nie mam pożytecznych sugestii w tym zakresie.

Mniej istotne uwagi krytyczne dotyczą nieco niefortunnnych sformułowań które się czasem pojawiają. Np. na stronie 44 Autor pisze o tym, że nie wszystkie wybory parametrów v i x_i prowadzą do zbieżnych szeregów potęgowych. Jeśli uwaga ta dotyczy (a tak się wydaje) rozwinięcia perturbacyjnego, to jest ona o tyle nietrafna, że rozwinięcia perturbacyjne rzadko kiedy są zbieżne i mają raczej charakter asymptotyczny. Inny przykład to określenie równości 7.58 mianem wyboru cechowania spontanicznie złamanej symetrii dylatacji, co jest mylące, bo ta symetria nie jest przecież niezmienniczością względem cechowania i warunek 7.58 jest fizyczny.

Niezależnie od powyższych uwag rozprawę uważam za bardzo ciekawą i wartościową zarówno pod względem merytorycznym jak i metodologicznym. Chciałbym też podkreślić, że napisana jest bardzo ładnym językiem, w przemyślany i zajmujący sposób.

Podsumowanie

Po zapoznaniu się z przedstawioną rozprawą doktorską mgr Pawła Olszewskiego stwierdzam, że spełnia ona ustawowe i zwyczajowe wymogi stawiane pracom doktorskim. Ponadto, dorobek naukowy Autora rozprawy uważam za znakomity na tym etapie kariery naukowej. W tych okolicznościach wnoszę o dopuszczenie mgr Olszewskiego do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



Prof. dr. hab. Michał Spaliński