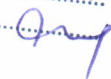


Prof. dr hab. Marek Zrałek
Instytut Fizyki
Uniwersytetu Śląskiego

Katowice, 6. 09. 2015

Dziekanat Wydziału Fizyki UW
Seksja ds. pracowniczych
Wpłynęło dn. 9. 09. 2015
podpis 

Recenzja pracy doktorskiej mgr Adriana Lewandowskiego
pt.
“Renormalizacja ogólnej teorii renormalizowalnej w regularyzacji naruszającej
symetrię cechowania”

Praca doktorska mgr Adriana Lewandowskiego poświęcona jest renormalizacji ogólnej teorii pola, takiej która tą własność posiada i dodatkowo ma jakąś symetrię cechowania, jednak jej regularyzacja jest przeprowadzona w sposób naruszający tę symetrię. Tematyka doktoratu jest bardzo techniczna, ale pomimo tego ważna i warta analizy. Renormalizacja Modelu Standardowego jest dobrze znana, najczęściej w zastosowaniach stosuje się regularyzację wymiarową. Symetrię cechowania musimy złamać wprowadzając Lagrangian ustalający to cechowanie. Dla zdefiniowania Hamiltonianu i pokazania, że otrzymana teoria jest unitarna, złamanie symetrii cechowania jest konieczne. Dalej po wprowadzeniu Lagrangianu duchów Faddeeva- Popova teoria ma tzw. symetrię BRST (Becchi, Rouet, Stora i Tyutin). Istnienie tej symetrii wystarczy, by po renormalizacji teoria ponownie nie czuła wyboru cechowania. Zapewniają to tożsamości Slavnova-Taylora. W jednym cechowaniu widać unitarność (np. cechowanie Coulombowskie), w drugim renormalizowalność (np. cechowanie kowariantne). W teoriach chiralnych i regularyzacji wymiarowej mamy też problem z określeniem macierzy γ_5 . W Modelu Standardowym ten problem został rozwiązany.

Wiele faktów wskazuje jednak na konieczność rozszerzenia Modelu Standardowego (MS). Podstawowy obecnie mankament to brak kwantowego opisu oddziaływań grawitacyjnych. Wiemy, że będzie to konieczne przy energiach w skali Plancka $\sim 10^{19}$ GeV. Trudno obecnie zrozumieć, że nowa fizyka pojawi się dopiero przy tak dużej energii, objawia się to tzw. problemem hierarchii. Istniejące teorie tłumaczące ten problem (np. supersymetria) są obecnie silnie ograniczane przez zebrane do tej pory wyniki LHC. Zaczynają więc być dyskutowane inne uogólnienia MS, gdzie „nowa fizyka” pojawia się w skali TeV. W takiej sytuacji ogólne podejście do teorii renormalizacji, między innymi takie jak proponuje mgr. Adrian Lewandowski w swojej pracy doktorskiej, jest obecnie potrzebne.

Praca napisana jest w języku polskim na 212 stronach. Zawiera wstęp, sześć rozdziałów roboczych, podsumowanie oraz dziewięć uzupełnień. Mgr A. Lewandowski jest współautorem i autorem 4 prac, w tym jednej opublikowanej (w Modern Physics. Letters). Wyniki tej publikacji są wykorzystane w pracy doktorskiej.

Przejdę obecnie to krótkiego omówienia poszczególnych rozdziałów. Będę też wyszczególniał zauważone w rozdziałach błędy i potknięcia. Pochwały i większe uwagi krytyczne podam po tym przeglądzie przy ogólnej ocenie pracy. Rozdział 1 (wstęp)

przedstawia główne problemy poruszane w pracy i uzasadnia podjętą tematykę. Wszystko co wstęp zawierać powinien możemy tu znaleźć. Mam trzy uwagi krytyczne; masa Plancka to $\approx 1.2 \times 10^{19}$ GeV (a nie 10^{18} GeV); literatura nie jest konsekwentnie przytaczana chronologicznie i brak objaśnienia używanych skrótów np. BPHZ (ta uwaga dotyczy całej pracy).

Rozdział 2 opisuje problematykę regularyzacji oraz renormalizacji teorii pola. Zawiera ogromną ilość materiału. Niestety nie jest napisany z myślą o czytelniku. Pojawiają się niezdefiniowane symbole. Nawet trudno je wymieniać bo pojawiają się zbyt często. W wielu miejscach Autor odsyła do Uzupełnień (A, B, C, D, E, I). Ale te także napisane są zbyt skrótowo, przytaczają same wzory bez wyjaśnień. Wyjaśnienia są absolutnie konieczne, bo bez nich niektóre formuły mogą być potraktowane jako błędne. Weźmy przykładowo bispinor Majorany (ostatni wzór na str. 15). Jeżeli popatrzymy na definicje spinorów Weyla (wzór (E.6)) to równie dobrze wprowadzony bispinor Majorany może być potraktowany jako bispinor Diraca. Brak dodatkowego wyjaśnienia, że $\bar{\chi}^A$ jest spinorem związanym z χ_A ($\bar{\chi}^A = i\sigma_2 \chi_A^*$), a nie tylko dowolnym spinorem z reprezentacji $(0, \frac{1}{2})$ grupy $SL(2, C)$.

Kolejna część pracy, Rozdział 3 poświęcony jest opisowi wprowadzanych w przyjętej regularyzacji dodatkowych członów renormalizacyjnych, które przywracają symetrię cechowania. Najpierw pokazano jak w tym przypadku wyglądają tożsamości Slavnova-Taylor (ST). Następnie kolejno zbadano jak tożsamości ST pracują dla różnych diagramów jednopętlowych. Podobnie jak poprzednio nie mam uwag merytorycznych, natomiast pozostają moje dalsze zastrzeżenia o bardzo nieprzejrzystym sposobie prezentacji i wypisywaniu wzorów bez dbałości o ich czytelny przekaz.

Rozdział 4 poświęcony jest opisowi relacji pomiędzy zrenormalizowanymi stałymi sprzężenia różnych cząstek teorii w badanym schemacie regularyzacji, oznaczanym w pracy jako $\Lambda - \overline{MS}$, a znanym z literatury i powszechnie używanym schematem z regularyzacją wymiarową $\overline{MS}$. Pokazano, że obydwa schematy są w pełni równoważne. Moja uwaga podobna jak poprzednio - analiza poprawna, ale bardzo skomplikowanie zaprezentowana.

Te same uwagi dotyczyć będą kolejnych dwóch rozdziałów, w których:

- w Rozdziale 5 wyznaczone są dwupętlowe tzw. funkcje β , występujące w równaniach grupy renormalizacyjnej dla funkcji Greena danej teorii,
- w Rozdziale 6 są obliczone poprawki do potencjału oddziaływania pól w rozpatrywanym schemacie regularyzacji $\Lambda - \overline{MS}$.

Nie mam żadnych zastrzeżeń merytorycznych do prezentowanego w tej części pracy materiału. Moje uwagi, jak poprzednio, koncentrują się na sposobie ich prezentacji. Można zresztą także tłumaczyć Autora, taka ogromna liczba faktów i obliczeń zmusiła do takiego pobieżnego opisu.

Ostatni rozdział przed podsumowaniem, Rozdział 7, odbiega od technicznych prezentacji poprzednich części. Koncentruje się na problemie, wspomnianej już poprzednio, hierarchii. Krótko, ale znacznie ładniej dydaktycznie Autor przedstawia na początku sam problem (podrozdział 7.1). Następnie w części 7.2 zaprezentowany jest model z publikacji współautorskiej [22] oparty o wcześniejsze prace promotora prof. Krzysztofa Meissnera [14,76], gdzie wykorzystana została symetria konforemna. Poza tym do Modelu

Standardowego dodano jedno zespolone pole skalarne oraz trzy ciężkie prawoskrętne neutrina. Należy też zaznaczyć, że dokładna analiza przedstawiona w pracy doktorskiej, umożliwi dalsze, bardziej szczegółowe zbadanie relacji pomiędzy parametrami proponowanej teorii, co Autor przygotowuje w zapowiadanej publikacji. W ostatnim podrozdziale 7.3 ponownie przeanalizowano w ramach Modelu Standardowego znikanie współczynnika rozbieżności kwadratowej przy renormalizacji masy cząstki Higgsa.

Biorąc pod uwagę ogrom skomplikowanych obliczeń, za przeprowadzone rachunki stawiam Autorowi ocenę celującą. Nie mogę takiej oceny zaproponować za sposób prezentacji otrzymanych wyników. Uważam jednak, że przedstawione obliczenia są bardzo wartościowe i mogą posłużyć do dalszej analizy uogólnień Modelu Standardowego. Jest to obszar bardzo wysokich energii, gdzie oddziaływania grawitacyjne stają się istotne. Ten obszar połączenia znanych trzech kwantowych oddziaływań z czwartym oddziaływaniem grawitacyjnym to przyszłość naszych badań w fizyce. Tak więc, pomimo wspomnianych zastrzeżeń dotyczących sposobu prezentacji, całą rozprawę doktorską oceniam jako bardzo dobrą i wnoszę o dopuszczenie mgra Adriana Lewandowskiego do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Marek Zrałek

