

Prof. dr hab. Michał Spaliński
Uniwersytet w Białymstoku

Warszawa, 26 kwietnia 2022

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Jana Kwapisza
„Fizyka poza Modelem Standardowym Cząstek Elementarnych, poza Standardowym
Modelem Kosmologicznym: Perspektywa kwantowo-grawitacyjna”

Przedstawiona do recenzji praca doktorska, napisana pod kierunkiem Prof. dr hab. Krzysztofa Meissnera, oparta jest na badaniach naukowych przedstawionych w ośmiu artykułach, których mgr Kwapisz jest autorem lub współautorem, opublikowanych w wiodących czasopismach w dziedzinie fizyki cząstek elementarnych.

Rozprawa napisana została w języku angielskim; składa się z trzech części, trzech dodatków o charakterze technicznym i spisu bibliografii, który zawiera 494 pozycje. Rozprawa dotyczy problemu sformułowania teorii cząstek elementarnych wychodzącej poza Model Standardowy z perspektywy uwzględnienia oddziaływań grawitacyjnych na poziomie kwantowym. Choć najcenniejsze są wskazówki płynące bezpośrednio z doświadczenia, to warunki samo-zgodności także odgrywają wielką rolę, czego przykładem mogą być na przykład warunki kasowania anomalii cechowania. Ważną klasą potencjalnych więzów tego rodzaju mogą być warunki wynikające z tego, czy dana teoria pola może być w spójny sposób sprzężona do grawitacji na poziomie kwantowym. Teoria strun, której kwantowa grawitacja jest uniwersalną częścią, sugeruje, że semiklasyczna grawitacja opisana teorią Einsteina pojawia się w sposób bardzo nietrywialnie skorelowany z materią, co czasem jest przytaczane jako argument, że prawdopodobnie nie istnieje teoria kwantowa której granica klasyczna opisywałaby czystą grawitację. Co więcej, teoria strun ogranicza efektywne teorie pola mogące się pojawić jako przybliżenie dynamiki przy energiach znacznie poniżej skali Plancka. Warunki te są nadal intensywnie badane w ramach tak zwanego programu “swampland”.

Założenie, że konsystentne sprzężenie do grawitacji na poziomie kwantowym może dostarczyć istotnych wskazówek odnośnie rozszerzeń Modelu Standardowego jest ciekawym kierunkiem badań także poza kontekstem teorii strun. Rozprawa doktorska mgr Kwapisza poświęcona jest takiemu właśnie spojrzeniu. Jako alternatywne (czyli nie-strunowe) podejście do problemu uwzględnienia kwantowej grawitacji w rozszerzeniach Modelu Standardowego, mgr Kwapisz rozpatruje łamiącą symetrię Lorentza teorię Horavy i pochodzący od Stevena Weinberga program "asymptotic safety".

Część pierwsza rozprawy ma charakter wprowadzający; składa się z jednego rozdziału, który poświęcony jest głównie przeglądowi pytań i zagadnień dla których zrozumienie grawitacji na poziomie kwantowych wydaje się być istotne. Rozdział ten zawiera też szereg uwag natury ogólnej dotyczących teorii kwantowej grawitacji.

Część druga rozprawy, na którą składają się rozdziały 2-4, skupiona jest na grupie renormalizacji i programie "asymptotic safety". W rozdziale 2 autor zawarł przegląd metod grupy renormalizacji, a także swoje oryginalne wyniki. Jednym z nich jest elegancka, ciekawa i bardziej kompletna niż w innych źródłach analiza renormalizacji w pewnym modelu kwantowo-mechanicznym. Rozdział ten rozpatruje także, w sekcji 2.4, pytanie o "asymptotic safety" w kontekście teorii strun. Rozdział 3 zawiera analizę modelu wielkiej unifikacji opartego o grupę cechowania $SO(10)$, a w szczególności analizę struktury minimów potencjału skalarnego i wyniki dotyczące ścian domenowych w tej teorii. Rozdział 4 opisuje równania grupy renormalizacji w kilku rozszerzeniach modelu standardowego i bada ich własności w kontekście programu "asymptotic safety".

Część trzecia rozprawy dotyczy kosmologii, a w szczególności występowania tak zwanej "wiecznej" inflacji, która omawiana jest w rozdziale 5. Autor przedstawia tu w szczególności swoje wyniki dotyczące kompatybilności warunków "asymptotic safety" z występowaniem wiecznej inflacji. Rozdział 6 poświęcony jest postulatowi o skończonym działaniu rozwiązań ("finite action principle") w zastosowaniu do teorii Horavy. W rozdziale 7 Autor zawarł podsumowanie pracy i szereg uwag dotyczących implikacji uzyskanych wyników.

Recenzowana praca jest niewątpliwie wyrazem szerokich zainteresowań i rozległej wiedzy Autora. Stanowi zapis poszukiwań podejmujących istotne pytania dotyczące podstaw teorii cząstek elementarnych. Przyjęta konstrukcja rozprawy ma jednak pewne

mankamenty, z których jednym jest przemieszanie części przeglądowych z partiami przedstawiającymi wyniki autora. Drugą słabością są tytuły rozdziałów, które nie zawsze trafnie odzwierciedlają ich zawartość. Na przykład, rozdział 3 nosi tytuł "Quantum Gravity as a UV completion", podobnie jak jego pierwsza sekcja w której rzeczywiście zawarte są uwagi zgodne z tym tytułem. Jednak cała reszta rozdziału prezentuje wyniki dotyczące pewnego konkretnego modelu wielkiej unifikacji. Podobnie rzecz się ma z rozdziałem 4, którego tytuł "Asymptotically safe quantum gravity phenomenology" mógłby sugerować obliczenia kwantowo-grawitacyjne, ale sam rozdział zawiera czysto teorio-polowe rachunki dotyczące grupy renormalizacji w teoriach wielkiej unifikacji. Tę uwagę można by odnieść i do innych partii recenzowanej pracy doktorskiej, która zasadniczo nie zawiera obliczeń kwantowo-grawitacyjnych. Jedynym wyjątkiem jest sekcja 2.4: Autor bada tu zachowanie amplitudy Veneziano pod kątem programu "asymptotic safety", ale przedstawiona analiza wydaje się być dość szczątkowa, a jej implikacje nie są eksploatowane w dalszych partiach rozprawy. Te słowa krytyki nie odnoszą się do samej treści doktoratu, którą uważam za wartościową, tylko do prezentacji uzyskanych wyników, która w moim odczuciu mogłaby być bardziej czytelna.

Podsumowanie

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



Prof. dr hab. Michał Spaliński