

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr. Jana Henryka Kwapisza pt. „Beyond the Standard Model of particle physics, beyond the cosmological standard model: A Quantum Gravity Perspective.”

Celem rozprawy doktorskiej mgr. Jana Henryka Kwapisza, wykonanej w Instytucie Fizyki Teoretycznej Uniwersytetu Warszawskiego pod kierunkiem prof. dr. hab. Krzysztofa Meissnera jest zbadanie wpływu kwantowej grawitacji na modele fizyki cząstek elementarnych i kosmologii.

Recenzowana rozprawa doktorska liczy 151 stron i składa się z krótkiego zestawienia uzyskanych wyników, 7 rozdziałów oraz podsumowania, 3 dodatków prezentujących pewne szczegóły techniczne pominięte w tekście zasadniczym i liczącej 494 pozycje bibliografii.

Rozdział 1 rozprawy doktorskiej mgr. J. H. Kwapisza zawiera krótki, ale przejrzysty i wyczerpujący opis teorii grawitacji, klasycznej i kwantowej, ze szczególnym uwzględnieniem problemu osobliwości, Modelu Standardowego i jego rozszerzeń oraz kosmologii.

Rozdział 2 rozpoczyna się od podsumowania techniki grupy renormalizacyjnej oraz programu badawczego bezpieczeństwa asymptotycznego. Rozdział ten zawiera pierwszy oryginalny wynik uzyskany przez autora, związany z badaniem modelu kwantowo-mechanicznego z potencjałem $V=-g/r^2$ przy użyciu techniki renormalizacji Wilsonowskiej. Wyniki tych badań opublikowane zostały w *Physics Letters B* 777 (2018) 260-264. Podrozdział 2.4 zawiera prezentacją kolejnego oryginalnego wyniku autora, pochodzącego z pracy opublikowanej w *Nuclear Physics B* 965 (2021) 115341. W podrozdziale tym zapostulowano trzy warunki gwarantujące asymptotyczne bezpieczeństwo teorii, a następnie przedstawiono argument świadczący o tym, że teoria strun jest teorią asymptotycznie bezpieczną. W moim przekonaniu, zagadnienie asymptotycznego bezpieczeństwa teorii strun jest na tyle ciekawe, że powinno się było doczekać w rozprawie mgr. J. H. Kwapisza szerszego omówienia i dyskusji.

Rozdział 3 rozprawy doktorskiej oparty jest na dwóch oryginalnych osiągnięciach mgr. J. H. Kwapisza. Pierwsza część tego rozdziału, poświęcona wynikom zamieszczonym w ArXiv 2204.03001 [hep-ph] dotyczy problemu znalezienia możliwych etapów spontanicznego łamania symetrii od teorii zunifikowanej $SO(10)$ do Modelu Standardowego. W tym celu, przeanalizowano możliwe nowe minima potencjału, spełniające zaproponowane, naturalne warunki wewnętrznej spójności. Warunki te obejmują brak bieguna Landaua, stabilność potencjału i przejście teorii w Model Standardowy przy niskich energiach. Minima te pojawiają się z punktów siodłowych na skutek wkładów poprawek radiacyjnych. Z istnieniem wielu stanów próżni wiąże się powstawanie ścian domenowych i ich badaniu poświęcona jest druga część Rozdziału 3 rozprawy doktorskiej. W części tej, opartej na publikacji *Physical Review D* 104 (2021) 12, 123522, zbadano nowy potencjał ścian domenowych z parą dodatkowych parametrów.

Rozdział 3 rozprawy doktorskiej nosi tytuł „Kwantowa grawitacja jako uzupełnienie ultrafioletowe”, ale, niestety, nie znalazłem w nim wskazówki, jaki związek mają zawarte w nim rozważania z zagadnieniem ultrafioletowego uzupełnienia teorii grawitacji.

Rozdział 4 rozprawy poświęcony jest fenomenologicznym aspektom asymptotycznie bezpiecznej kwantowej grawitacji. W pierwszej części tego rozdziału, opartej na wynikach zaprezentowanych w ArXiv 2204.03001 [hep-ph], pokazano, że zastosowanie idei asymptotycznego bezpieczeństwa w przypadku teorii wielkiej unifikacji SU(5) prowadzi do łamania symetrii już przy energiach bliskich skali Plancka, wydłużając jednocześnie przewidywany czas życia protonu. Kolejna część tego rozdziału zawiera wyniki uzyskane w samodzielnej publikacji autora *Physical Review D* 100 (2019) 11, 115001 oraz w *Physical Review D* 99 (2019) 11, 115029. Dotyczy ona przewidywań dotyczących masy cząstki Higgsa, uzyskanych przy założeniu uzyskanego poprzednio wyniku, że skala łamania symetrii teorii wielkiej unifikacji powinna być bliska skali Plancka. Przewidywania te uzyskano w ramach konforemnego Modelu Standardowego i w wyniku uzyskano wartość masy cząstki Higgsa niezgodną z pomiarami. Stwierdzenie zaprezentowane w rozprawie doktorskiej „konforemny Model Standardowy [...] nie może odtworzyć właściwej masy Higgsa” wydaje się być w sprzeczności z konkluzją publikacji *Physical Review D* 99 (2019) 11, 115029: „Nasze badania pokazują, że konforemny Model Standardowy dopuszcza zestaw parametrów kompatybilnych z warunkami asymptotycznego bezpieczeństwa”. Ten aspekt powinien być w rozprawie doktorskiej szczegółowo wyjaśniony. Ostatnia, trzecia część tego rozdziału poświęcona jest krótkiemu opisowi wyników pracy umieszczonej w ArXiv 2112.09772 [gr-qc]. Analizuje się w niej konsekwencje ograniczenia słabej grawitacji (Weak Gravity Bound) dla programu asymptotycznego bezpieczeństwa.

Kolejne dwa rozdziały rozprawy doktorskiej mgr. J. H. Kwapisza poświęcone są kosmologii. Tematem przewodnim Rozdziału 5, opartego jest na publikacjach *JCAP* 04 (2021) 076 i *Acta Physica Polonica B* 49 (2018) 115, jest zagadnienie wiecznej inflacji. Problem ten analizowano z wielu perspektyw: korzystając z równania Fokkera-Plancka, badając tunelowanie pomiędzy różnymi lokalnymi minimami potencjału, w kontekście konforemnego Modelu Standardowego, asymptotycznie bezpiecznej inflacji czy inflacji w modelu Veneziano.

Rozdział 6 poświęcony jest Zasadzie Skończonego Działania oraz jej konsekwencjom kosmologicznym i dla fizyki czarnych dziur. Jest on oparty na publikacji *Physical Review D* 104 (2021) 10, 103504. W rozdziale tym mgr J. H. Kwapisza rozważa działania dla pewnych wysoce symetrycznych klas czasoprzestrzeni i konkluduje, że niektóre z nich prowadzą do nieskończonego działania i w związku z tym powinny być odrzucone. Niestety, ponieważ w rozdziale tym nie przedstawiono pogłębionych argumentów, dlaczego Zasada Skończonego Działania miałyby obowiązywać, konkluduje te nie wydają mi się zbyt przekonujące.

Ostatni rozdział 7 rozprawy doktorskiej poświęcony jest interesującemu podsumowaniu i prezentacji przyszłych kierunków badań.

W moim przekonaniu nie ulega wątpliwości, że wyniki badań mgr. J. H. Kwapisza zamieszczone w jego publikacjach i zaprezentowane w rozprawie doktorskiej są bardzo interesujące i świadczą o wysokim poziomie naukowym doktoranta. Muszę jednak stwierdzić, że lektura samej rozprawy pozostawia pewien niedosyt. Niektóre zagadnienia potraktowane są w niej zbyt powierzchownie, z pominięciem pogłębionej dyskusji, na którą niewątpliwie zasługują. Moim

zdaniem, znacznie lepiej by było, gdyby mgr J. H. Kwapisz skoncentrował się na niektórych jedynie uzyskanych przez siebie rezultatach i przedstawił je w pogłębionej formie, wraz z szerszą dyskusją ich konsekwencji albo zdecydował się na przedstawienie rozprawy doktorskiej w postaci zbioru powiązanych ze sobą tematycznie artykułów naukowych, opatrzonym streszczeniem.

Ta krytyka w niczym nie zmienia mojej opinii, że mgr J. H. Kwapisz jest autorem znaczącej liczby oryginalnych wyników naukowych dowodzących jego szerokiej wiedzy i znajomości technik rachunkowych fizyki teoretycznej, w szczególności kwantowej teorii pola, teorii grawitacji i kosmologii. Wyniki te powstały wyniku badań prowadzonych z wieloma współpracownikami, co dowodzi ponad wszelką wątpliwość umiejętności mgr. J. H. Kwapisza prowadzenia samodzielnych badań naukowych.

Spśród zagadnień zaprezentowanych w rozprawie doktorskiej mgr. J. H. Kwapisza szczególne interesujące i oryginalne są, w moim przekonaniu, badania dotyczące konsekwencji zasady asymptotycznego bezpieczeństwa w odniesieniu do modeli fizyki cząstek elementarnych, opisane w rozdziale 4 oraz badania asymptotycznego bezpieczeństwa teorii strun, zaprezentowane w rozdziale 2.

Mgr J. H. Kwapisz jest autorem 8 prac naukowych opublikowanych w periodykach o najwyższej międzynarodowej renomie oraz dwóch prac, zamieszczonych w ArXiV, które, jak przypuszczam, doczekają się publikacji w najbliższym czasie. Prace te cytowane były dotychczas 76 razy (według Inspire-Hep). W przypadku doktoranta jest to bardzo znaczący dorobek naukowy.

Stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr. Jana Henryka Kwapisza spełnia ustawowe, formalne i zwyczajowe wymagania stawiane rozprawom doktorskim z dziedziny fizyki teoretycznej. Wnoszę o dopuszczenie mgr. Jana Henryka Kwapisza do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



Prof. dr hab. Jerzy Kowalski-Glikman

Instytut Fizyki Teoretycznej Uniwersytetu Wrocławskiego i

Narodowe Centrum Badań Jądrowych

Warszawa, 14 kwietnia 2022