

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr. Fabiana László Konstantina Wagnera pt. „Modified uncertainty relations from classical and quantum gravity”

Celem rozprawy doktorskiej mgr. Fabiana László Konstantina Wagnera, wykonanej na Wydziale Nauk Ścisłych i Przyrodniczych Uniwersytetu Szczecińskiego pod kierunkiem prof. dr. hab. Mariusza Dąbrowskiego oraz dr. Hussaina Gohara jest zbadanie zmodyfikowanych relacji nieoznaczoności wynikających z modeli klasycznej i kwantowej grawitacji oraz ich fenomenologicznych konsekwencji.

Recenzowana rozprawa doktorska liczy 168 stron i składa się z krótkiego zestawienia uzyskanych wyników, 10 rozdziałów, w tym wstępu oraz podsumowania, 3 dodatków prezentujących pewne szczegóły techniczne pominięte w tekście zasadniczym i liczącej 599 pozycji bibliografii.

Rozdział 1 rozprawy doktorskiej jest krótkim wstępem poświęconym ogólnym rozważaniom na temat kwantowej grawitacji, jej fenomenologii i związanych z nimi zagadnieniom, będących przedmiotem rozważań w kolejnych rozdziałach.

Rozdział 2 stanowi bardzo skrótowy opis struktur mechaniki kwantowej. Przypomniano w nim też konstrukcję operatorów kinetycznych w zakrzywionej (czaso)przestrzeni. W mojej ocenie rozdział ten mógłby być nieco bardziej rozbudowany, a przedstawiona argumentacja – nieco bardziej precyzyjna.

Rozdział 3 rozprawy doktorskiej mgr. F. L. K. Wagnera poświęcony jest wprowadzeniu i przedyskutowaniu uogólnionych i rozszerzonych relacji nieoznaczoności. Na uwagę zasługują fakt, że autor nie ma do tych relacji bezkrytycznego stosunku, wskazując na potencjalne problemy i paradoksy z nimi związane. Dalsza część tego rozdziału poświęcona jest fenomenologicznym konsekwencjom uogólnionych i rozszerzonych relacji nieoznaczoności oraz obserwacyjnym ograniczeniom na wartości parametrów definiujących te relacje. Rozdział ten zawiera też ograniczenie na parametry relacji nieoznaczoności uzyskane przez autora za pomocą analizy pomiarów promienia deuteronu. Rozdział ten jest bardzo dobrze napisany i nie mam do niego żadnych zastrzeżeń.

Rozdział 4 omawia pojawienie się uogólnionych i rozszerzonych relacji nieoznaczoności w wyniku zakrzywionej przestrzeni Riemannowskiej. Punktem wyjścia jest tu formuła na odchylenie standardowe dla operatora pędu w zakrzywionej przestrzeni oraz przestrzenna lokalizacja w obszarze zwartym D o charakterystycznym rozmiarze p . Następnie rozważono stany własne swobodnego operatora Hamiltona na tym obszarze, by obliczyć na tych stanach odchylenie standardowe operatora pędu σ_π i w ten sposób móc analizować zasadę nieoznaczoności. Niestety w rozprawie nie wyjaśniono jaki jest związek iloczynu $\sigma_\pi \rho$ z relacją nieoznaczoności ani na poziomie formalnym (wyprowadzenie z

reguł komutacyjnych) ani fizycznym (uzasadnienie, że pędu i położenia nie da się zmierzyć z dokładnością lepszą niż ten iloczyn). W dalszej części rozdziału iloczyn ten policzono biorąc za granicę obszaru D sferę w odległości geodezyjnej ρ . Dla małych wartości ρ , wykorzystując współrzędne normalne uzyskano interesujący wynik (4.90), będący rozwinięciem iloczynu $\sigma_\pi \rho$ w potęgach krzywizny i odległości geodezyjnej.

Rozdział 5 rozprawy doktorskiej mgr. F. L. K. Wagnera poświęcony jest uogólnieniu rozważań z poprzedniego rozdziału na przypadek zakrzywionej czasoprzestrzeni, w przybliżeniu nierelatywistycznym. Rozdział ten jest technicznie dość skomplikowany i odnosi wrażenie, że rachunki oraz ich sens geometryczny można by uczynić znacznie bardziej transparentnymi. Moje poważne zastrzeżenia budzi przyjęcie w konstrukcji zaprezentowanej w tym rozdziale stanów podstawowych uzyskanych w rozdziale poprzednim. Wydaje mi się, że w celu uzyskania wewnątrz logicznie spójnego modelu należałoby zbadać nierelatywistyczne przybliżenie relatywistycznego operatora kinetycznego a intuicja podpowiada mi, że ów efektywny operator mógłby zawierać człony nieobecne w operatorze badanym w Rozdziale 4. Nawet jeśli moja intuicja jest niepoprawna, ten aspekt konstrukcji powinien być dokładnie przeanalizowany.

Rozdział 6 opisuje kolejne uogólnienie uzyskanych poprzednio wyników na przypadek w pełni relatywistyczny. Odnoszą się do niego te same uwagi, jakie miałem w przypadku Rozdziału 5. Dodatkowo wydaje mi się warte dogłębnego wyjaśnienia – albo przynajmniej dyskusji – jak wybór cechowania (wybór powierzchni stałego czasu) wpływa na iloczyn $\sigma_\pi \rho$.

Rozdział 7 opisuje zastosowanie uzyskanych w rozdziale 6 rezultatów w przypadku paru prostych czasoprzestrzeni, a następnie w przypadku teorii grawitacji z wyższymi pochodnymi. Chociaż uzyskane wyniki wydają się być interesujące, odczuwam brak dyskusji ich fizycznego znaczenia i konsekwencji.

W Rozdziale 8 autor przechodzi do rozpatrywania teorii z zakrzywioną przestrzenią pędów. Rozważono w nim ogólną postać algebry relacji komutacyjnych, przy założeniu komutowania pędów a następnie znaleziono perturbacyjne rozwiązanie warunków wynikających z tożsamości Jacobiego dla tej algebry. Następnie wskazano ograniczenia na wartości uzyskanych parametrów. W mojej ocenie jest to bardzo interesująca część rozprawy doktorskiej, szkoda tylko, że tabele wyszczególniające ograniczenia na wartości parametrów uogólnionych reguł komutacyjnych nie doczekały się w niej szerszego komentarza.

Rozdział 9 poświęcony jest omówieniu elementów mechaniki kwantowej na zakrzywionej wiązce kostycznej. Po skrótowym przedstawieniu technicznych aspektów takiej teorii rozważono w nim kilka przykładowych prostych modeli, które wydają się możliwe do analizy metodami perturbacyjnymi. Niestety w rozdziale tym nie można znaleźć żadnych informacji na temat relacji nieoznaczoności. Ponadto, chociaż w świetle poprzednio rozważonych w rozprawie doktorskiej mgr. F. L. K. Wagnera zagadnień naturalnym wydaje się rozważenie teorii, w których czasoprzestrzeni i przestrzeni pędów są zakrzywione, rozdział ten pozostawia pewien niedosyt. Rozumiejąc, że stanowi on bardziej szkic

programu badawczego niż opis zbadanej teorii, brakuje mi w nim konkretów, bardziej szczegółowego i precyzyjnego opisu stosowanej metodologii, a przede wszystkim fizycznej motywacji.

Rozdział 10 rozprawy doktorskiej mgr. F. L. K. Wagnera jest krótkim podsumowaniem uzyskanych w niej wyników.

Podsumowując, pomimo wyrażonych powyżej pewnych wątpliwości dotyczących szczegółowych aspektów rozprawy doktorskiej mgr. F. L. K. Wagnera uważam, że reprezentuje ona bardzo dobry poziom naukowy i dowodzi dobrej znajomości ogólnej teorii względności i aspektów kwantowej grawitacji. Nie znalazłem w niej, poza drobnymi pomyłkami, żadnych poważnych błędów technicznych i pojęciowych. Rozprawa jest bardzo dobrze napisana i czyta się ją z przyjemnością. Należy podkreślić, że większość opisanych w rozprawie wyników pochodzi z oryginalnych prac naukowych autorstwa mgr. F. L. K. Wagnera.

Mgr F. L. K. Wagner jest (współ)autorem 13 prac naukowych, z których 6 opublikowanych zostało w periodykach o najwyższej międzynarodowej renomie a pozostałe zamieszczono w Arxiv. Prace te cytowane były dotychczas 98 razy (według Inspire-Hep). W przypadku doktoranta jest to znaczący dorobek naukowy.

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



Prof. dr hab. Jerzy Kowalski-Glikman

Instytut Fizyki Teoretycznej Uniwersytetu Wrocławskiego i

Narodowe Centrum Badań Jądrowych

Warszawa, 12 sierpnia 2022

