

Recenzja pracy doktorskiej mgr. Stanisława Sołtana "Kwantowy efekt Zenona dla pomiaru ciągłego"

Praca doktorska mgr. Stanisława Sołtana została napisana pod kierunkiem dr. hab. Adama Bednorza. Liczy ona 98 stron. Składa się na nią wstęp, sześć rozdziałów i sześć dodatków, w których Autor przedstawił szczegóły bardziej zaawansowanych obliczeń.

Rozdział pierwszy wprowadza odpowiednie pojęcia i modele. Autor omawia krótko efekt Zenona, złotą regułę Fermiego, pomiar słaby i pomiar ciągły oraz postać hamiltonianu, który rozważa w dalszej części pracy. Uważam, że mgr Sołtan właściwie wprowadził wszystkie pojęcia i model, którym się zajmuje. Mam jednak drobne uwagi krytyczne. Chętnie zobaczyłbym w pracy szczegółowe omówienie efektu Zenona na przykładzie układu dwupoziomowego. Moim zdaniem Autor mógł też podać proste przykłady pomiarów słabych i pomiarów ciągłych. Są to pojęcia niestandardowe i takie przykłady pozwoliłyby czytelnikowi na lepsze ich zrozumienie. Znakomite omówienie tych zagadnień z wieloma przykładami można znaleźć w książce Aharonova i Rohrlicha "Quantum Paradoxes". Na końcu rozdziału mgr Sołtan przedstawia przegląd celów i wyników. Uważam, że bardzo ułatwia to dalsze czytanie pracy.

W rozdziale drugim Autor bada efekt Zenona dla pomiaru rzutowego. Najpierw rozważa on prawdopodobieństwo otrzymania dla takiego pomiaru szeregu wyników, dla których układ jest znaleziony w stanie początkowym. Następnie mgr Sołtan bada wartość oczekiwaną operatora rzutowego. Autor modeluje szereg pomiarów, po których układ możemy znaleźć w stanie początkowym albo w jakimś innym stanie z uwzględnieniem możliwości powrotu do stanu początkowego jako proces Markową. Pozwala mu to znaleźć ładny analityczny wzór na wartość oczekiwaną. Tutaj mam jedną uwagę krytyczną. Operator w równaniu (9) powinien być zdefiniowany za pomocą wzoru. Do

obliczeń jest potrzebne prawdopodobieństwo powrotu, które można znaleźć obliczając element macierzowy operatora ewolucji. Autor stosuje rozwinięcie operatora ewolucji do drugiego rzędu w zaburzeniu. W efekcie wzór na wartość oczekiwaną przyjmuje elegancką postać daną równaniem (23). Wyniki są zilustrowane wykresami. Autor wyciąga wniosek, że efekt Zenona jest bardziej powszechny dla wartości oczekiwanej niż dla prawdopodobieństwa danego wzorem w tekście powyżej równania (1).

W rozdziale 3 mgr Sołtan rozważa związek wartości słabych z efektem Zenona i antyzenona. Autor przytacza kryterium z rozdziału pierwszego dla tych efektów (równanie 5). Następnie pokazuje, jak to kryterium można zastosować do wartości słabych. Mgr Sołtan wykonuje szczegółowe obliczenia dla dwóch przypadków: krótkich czasów i słabego sprzężenia z rezerwuarem oraz długich czasów wraz z warunkiem, że można stosować złotą regułę Fermiego. Autor zauważa, że kryterium dla prawdopodobieństw różni się od kryterium opartego na wartościach słabych o czynnik 2. Szczegółowe wyniki są zilustrowane rysunkami. Mam kilka uwag krytycznych. Podrozdział 3.1 jest dosyć lakoniczny. Jak się oblicza $Q(a_1, a_2)$? Na stronie 29 brakuje w tekście numeru rysunku i równania. Wzory (12) i (13) są pozostawione bez komentarza, a moim zdaniem powinno być wyjaśnione dlaczego są one interesujące i co z nich wynika. W równaniu (16) wielkość R powinna być zdefiniowana wzorem.

W rozdziale 4 mgr Sołtan rozważa pomiary ciągłe. Autor transformuje za pomocą transformaty Laplace'a równania Lindblada, a następnie rozwiązuje je. Celem jest wyprowadzenie pewnych ogólnych wyrażeń bez ilustrowania ich szczegółowymi przykładami. Głównymi wynikami tego rozdziału są modyfikacja złotej reguły Fermiego (równania (37)-(38)), obliczenie wartości oczekiwanej operatora rzutowego (równanie 43), oraz korelacji dwóch operatorów rzutowych (równania (52)-(55)). Uważam, że Autor zgrabnie zastosował metodę transformaty Laplace'a do otrzymania ciekawych wyników. Moim zdaniem mgr Sołtan na początku tego rozdziału mógłby bardziej szczegółowo opisać rozważany model. Co prawda pomiar ciągły jest opisany w rozdziale pierwszym, ale jest on opisany tam krótko i trudno odnieść go bezpośrednio do modelu rozważanego w rozdziale 4. Przydałoby się również kilka słów komentarza do otrzymanych wyników. W szczególności dotyczy to równań (43) i (52)-(55).

W rozdziale 5 Autor rozważa lorentzowską postać oddziaływania $V(k)$. Stosuje metodę pseudomodów do obliczenia kilku wielkości. Są to: prawdopodobieństwo q_0 otrzymania wyniku, że układ nie znajduje się w stanie początkowym (równanie (17)) oraz czynnik Z_{fg} . Uważam, że mgr Sołtan powinien dodać kilka słów komentarza, dlaczego ten czynnik jest dany przez kwadrat modułu współczynnika a_- . Autor oblicza również

prawdopodobieństwo powrotu do stanu początkowego po uzyskaniu wyników negatywnych. Pozostałymi wynikami w tym rozdziale są: obliczenie wykładników zanikowych stanów, wartości słabych (równania (31)-(33)) oraz obliczenie korelacji dwóch operatorów (równanie (58)-(59)). Moim zdaniem są one ładną ilustracją metod tego rozdziału. Rozdział 6 tej pracy stanowi podsumowanie wyników oraz podaje możliwe dalsze kierunki badań.

Moim zdaniem praca zawiera ciekawe wyniki dotyczące efektu Zenona. Bardzo silną jej stroną jest fakt, że Autor uzyskał wszystkie wyniki metodami analitycznymi. Wyniki te przyjmują postać ładnych formuł matematycznych. Bez wątpienia opanował On bardzo dobrze techniki matematyczne potrzebne do rozwiązywania problemów z mechaniki kwantowej. Moim zdaniem praca zyskałaby, gdyby mgr Sołtan bardziej podkreślił kluczowe wyniki, poświęcając im więcej słów komentarza. Praca jest napisana starannie, chociaż Autor popełnił kilka błędów typograficznych. Natomiast nie podobało mi się używanie angielskich skrótów (np. RHS, FGR) w pracy napisanej po polsku. Moje uwagi krytyczne nie mają charakteru zasadniczego i nie wpływają na ocenę wartości otrzymanych wyników. Warto dodać, że mgr Sołtan jest współautorem czterech artykułów opublikowanych w dobrych czasopismach naukowych.

Podsumowując, pragnę stwierdzić, że przedstawiona rozprawa doktorska spełnia wszystkie ustawowe (Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym) i zwyczajowe kryteria stawiane pracom doktorskim. Wnoszę o dopuszczenie jej Autora do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Andrzej Grudka