

Prof. dr hab. Jerzy Jurkiewicz
Instytut Fizyki im. Mariana
Smoluchowskiego
UNIwersytet Jagielloński
30-348 KRAKÓW, Łojasiewicza 11



plus ratio quam vis

Kraków, 7 stycznia 2015 r.

tel. +48 12 664 46 60
fax. +48 12 633 40 79
jerzy.jurkiewicz@uj.edu.pl

Recenzja rozprawy doktorskiej pana mgr Jacka Puchty p.t.
„Applications of the spin networks and spin foam models in quantum gravity”

Rozprawa doktorska pana Jacka Puchty została wykonana na Uniwersytecie Warszawskim pod kierunkiem prof. dr hab. Jerzego Lewandowskiego. Praca napisana jest w języku angielskim, ma 289 stron. Całość podzielona jest na 4 części oraz piątą część zawierającą dodatki matematyczne. Każda część podzielona jest na rozdziały i porozdziały, dzięki czemu przedstawione zagadnienia są precyzyjnie uporządkowane, pozwalając na dokładne i logicznie uporządkowane odnośniki w tekście rozprawy. Zastosowana forma przypomina podręcznik matematycznych metod Kwantowej Grawitacji Pętlowej. Praca zawiera liczne diagramy i rysunki, bardzo szczegółowo ilustrujące omawiane zagadnienia. Spis literatury zawiera 102 pozycje. W pracy wykorzystano wyniki własne autora, zawarte w czterech publikacjach, których pan Puchta jest współautorem. Prace cytowane w rozprawie nie wyczerpują pełnej listy publikacji, w których pan Puchta był jednym z autorów. W bazie SPIRES znalazłem kolejne 2 pozycje.

Omówię teraz zakres zagadnień przedstawionych w rozprawie doktorskiej. Część I zawiera ogólne wprowadzenie idei Pętlowej Grawitacji Kwantowej jako teorii dynamicznych koneksji na trójwymiarowej rozmaitości (w rozdziale 1), omawia przestrzeń stanów fizycznych tej teorii oraz ich dynamikę, a następnie wprowadza metody pian spinowych jako sposób opisu ewolucji stanów. W rozdziale 2 części I mgr Puchta krótko opisuje trzy zakresy tematyczne, których rozwiązaniem zajął się w swojej pracy doktorskiej. Część wyników była efektem współpracy naukowej z mgr Marcinem Kisielowskim. Udział własny mgr Puchty oraz wyniki uzyskane przez współpracowników są dokładnie zaznaczone.

Część II pracy zawiera szczegóły uzyskanych wyników własnych autora. Pierwszym pytaniem naukowym postawionym w rozprawie (rozdział 3) jest pytanie o klasę 2-kompleksów, które powinny być uwzględnione w modelu pian spinowych. Problem ten jest bardzo istotny dla powiązania Pętlowej Grawitacji Kwantowej z metodą pian spinowych, wymagając uogólnienia tej metody dla uwzględnienia w ewolucji układu i w amplitudach przejść stanów kwantowych Pętlowej Grawitacji Kwantowej o dowolnej strukturze sieci spinowej. Autor (autorzy) postulują fizyczne warunki, które powinny być spełnione przez 2-kompleksy, a następnie podają konstrukcję kompletnego zestawu 2-kompleksów spełniających założone postulaty. Wynikiem analizy jest sformułowanie modelu operatorowych sieci spinowych, rozwiązującego postawione pytanie, a co więcej umożliwiającego uogólnienie rozważanych teorii na inne grupy.

Drugim problemem opisanym w rozprawie (rozdział 4) jest zastosowanie formalizmu operatorowych sieci spinowych do analizy prostego modelu tzw. Kosmologii Dipolowej, w którym stany brzegowe mają bardzo prostą strukturę. Postawione przez autorów zagadnienie dotyczy uogólnienia oryginalnego modelu przez dopuszczenie wszystkich werteksów oddziaływania (wszystkich pian spinowych) w określonym rzędzie rozwinięcia. W

szczegółności zaproponowana konstrukcja pozwoliła na znalezienie wszystkich diagramów z jednym wewnętrznym wierzchołkiem i minimalną liczbą wewnętrznych krawędzi.

Trzeci zakres tematów poruszonych w rozprawie (rozdziały 5 i 6) dotyczy rozbieżności w amplitudach przejścia, które pojawiają się w formalizmie pian spinowych. Analiza dotyczy szczególnego typu takich rozbieżności, pochodzących od poddiagramów o strukturze energii własnej, tzw. poddiagramów typu bąbla (bubble diagrams). Autorzy badają sposoby identyfikacji rozbieżności, proponując po pierwsze algorytm znajdujący rozbieżne fragmenty typu izolowanego bąbla i określający jego rząd, a następnie analizują własności amplitud w ramach zaproponowanego podejścia oraz dyskutują ich renormalizację.

III część rozprawy zawiera podsumowanie oraz omawia otwarte problemy, wykraczające poza zakres wyników uzyskanych w rozprawie. Problemy te dotyczą klasyfikacji struktur topologicznych w pianach spinowych, których analiza pozwoliłaby na systematyczne obliczenia wyższych rzędów rozwinięcia i lepszą kontrolę metod renormalizacji.

Ostatnia, IV część pracy zawiera dodatki matematyczne, w których szczegółowo wyjaśnione są definicje podstawowych pojęć, używanych w rozprawie oraz konwencje używane w obliczeniach.

Praca mgr Puchty jest bardzo obszerna. Wynika to założonej przez autora przeglądowej formy pracy. Wszystkie wyniki własne przedstawione są w kontekście omówienia ogólnych założeń Pętlowej Grawitacji Kwantowej, konstrukcji i własności sieci spinowych oraz ewolucji czasowej tych sieci w ujęciu pian spinowych, uwzględniając istniejące wcześniej wyniki innych autorów. Każdy z rozdziałów rozprawy można traktować jako oddzielną pracę z nietrywialnymi obliczeniami i wynikami. Pan Puchta wykazuje się znakomitym zrozumieniem przedstawionych zagadnień i doskonałym opanowaniem zaawansowanych metod matematycznych. Praca ma charakter monografii, prezentacja znacznie wykracza poza ograniczenie się do omówienia wyników własnych prac. Metody matematyczne, omówione w części IV mogą być użyte jako wprowadzenie do metod i definicji Pętlowej Grawitacji Kwantowej.

Drobne usterki typograficzne są zrozumiałe w pracy zawierającej setki wzorów, nie umniejszają one jednak wartości przedstawionej rozprawy. Bardzo precyzyjny podział pracy na rozdziały i podrozdziały oraz szczegółowe omówienie i wyjaśnienie stosowanych pojęć jest wielką zaletą rozprawy. Znakomicie wykonane rysunki ilustrują właściwie przykłady stosowanych metod obliczeniowych. Dużym mankamentem redakcji jest jednak obojętność autora na zasady gramatyki i ortografii języka angielskiego. Czytanie pracy wymaga przyzwyczajenia się do faktu pomieszania czasów i osób (naogół innej formy czasownika w trzeciej osobie), a także niekonwencjonalnego użycia wyrazów (np. „we shell” zamiast „we shall”). Te usterki nie są dla mnie do końca zrozumiałe, bo jednocześnie tekst charakteryzuje się bardzo bogatym słownictwem i bardzo poprawną składnią zdań.

Dwa pytania nasuwają się po przeczytaniu rozprawy. Pierwsze dotyczy logiki użytej do zdefiniowania klasy 2-kompleksów, które muszą być uwzględnione w rozwinięciu pian spinowych. Autor definiuje je jako takie, które spełniają zaproponowany przez niego algorytm. Czy nie jest to przypadkiem odwrócenie definicji, co wymagałoby wykazania, że algorytm rzeczywiście wyczerpuje wszystkie (jakie ?) klasy? Drugie dotyczy dyskusji rozbieżności w formalizmie pian spinowych. Zabrakło mi odpowiedzi na pytanie czy klasa

rozbieżności typu „bubble” wyczerpuje wszystkie typy rozbieżnych poddiagramów. W szczególności interesujące dla mnie jest pytanie czy możliwe jest udowodnienie renormalizowalności teorii uzyskanej w ramach rozwinięcia pian spinowych i czy olbrzymia klasa struktur topologicznych w wielowymiarowej geometrii nie dopuszcza rozbieżności innego typu niż „energia własna”?

W podsumowaniu mojej opinii: uważam, że pan mgr Jacek Puchta wykazał się znaczącym dorobkiem naukowym, opanowaniem bardzo zaawansowanego aparatu matematycznego i zdolnością jasnej i kompletnej prezentacji swoich wyników i wnioskuję o dopuszczenie go do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



Prof. dr hab. Jerzy Jurkiewicz

Opinia odo b. o. Tom

27.01.2015

Jacek Puchta