

Recenzja w związku z postępowaniem habilitacyjnym dr. Tomasza Pawłowskiego

Dr Tomasz Pawłowski ukończył studia na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego w roku 2000, a w roku 2005 uzyskał tam stopień doktora nauk fizycznych. W kolejnych latach odbył trzy staże podoktorskie a następnie był zatrudniony jako adiunkt w Polsce i w Chile.

Według bazy Inspire-Hep dr T. Pawłowski ma w swoim dorobku 41 prac naukowych (w tym 36 opublikowanych). Całkowita liczba cytowań tych prac wynosi ponad 3000, co daje imponującą średnią liczbę cytowań na pracę ponad 75. Indeks Hirscha prac dr. Pawłowskiego wynosi 24. Wszystkie te wskaźniki bibliometryczne znacznie przekraczają wartości zazwyczaj osiągnięte przez habilitantów w dziedzinie fizyki teoretycznej.

Recenzja osiągnięcia naukowego

W skład osiągnięcia naukowego „Dynamika wczesnego wszechświata w pętlowej kosmologii kwantowej”, będącego podstawą wniosku o przyznanie stopnia doktora habilitowanego, wchodzi 19 oryginalnych prac naukowych z lat 2006-2017. 17 z nich to prace wieloautorskie, choć w jednej dr Pawłowski występuje jako pierwszy autor, wbrew kolejności alfabetycznej, a dwie napisane samodzielnie. W przekazanych materiałach znajdują się oświadczenia współautorów prac określające ich stopień zaangażowania w ich powstanie i na ich podstawie można wnioskować, że wkład dr. T. Pawłowskiego był znaczący. Wszystkie te prace opublikowane zostały w czołowych periodykach o zasięgu międzynarodowym. Są wśród nich prace, które zyskały status „renomowanych” i „sławnych” (ponad 500 i 250 cytowań, odpowiednio).

Grupa trzech prac (1) — (3), napisanych wspólnie z A. Ashtekarem i T. Singhiem poświęcona jest wprowadzeniu prostego modelu pętlowej kwantowej kosmologii, opisującego kwantową ewolucję płaskiego wszechświata z bezmasowym polem skalarnym. Najważniejszym wynikiem uzyskanym w efekcie badania tego modelu było uniknięcie klasycznej początkowej osobliwości zastąpionej kwantowym kosmologicznym odbiciem, czyli przejściem od kolapsu jednego uniwersum do rozszerzającego się kolejnego wszechświata. Za efektem tym stoi pojawienie się dodatkowego, kwantowego wyrażenia w kwantowych równaniach Friedmanna, zapobiegającego dalszemu kurczeniu się i mającego charakter siły odpychającej, pojawiającej się przy gęstościach zbliżonych do gęstości Plancka. Kwantowy model kosmologiczny przeanalizowany w pracach (1) — (3) jest pierwszym w ramach którego, w oparciu o wewnętrznie spójną teorię kwantowej grawitacji, udało się przeprowadzić dokładną analizę losów klasycznej osobliwości kosmologicznej w teorii kwantowej. Z tego powodu prace te spotkały się z niezwykle wielkim odzewem w społecznościach fizyków teoretyków i kosmologów,

o czym świadczy fakt, że były one cytowane ponad 1500 razy. Wyniki tych trzech prac uogólnione zostały jakiś czas później na przypadek nieznikającej stałej kosmologicznej (co skutkowało pojawieniem się interesującego i nieco nieoczekiwanego przypadku oscylującego wszechświata) w pracy (14), napisanej z A. Ashtekarem oraz na przypadek płaskiego wszechświata wypełnionego pyłem (13), pełniącego rolę zegara, w pracy napisanej z V. Husainem.

Rozważenie losów osobliwości w przypadku izotropowego i jednorodnego wszechświata jest zaledwie początkiem programu badawczego. Można bowiem spekulować, że być może efekt kwantowego odbicia jest wynikiem wysokiej symetrii rozważanego modelu i ma charakter przypadkowy, a nie ogólny. Próbom rozwiązania tego dylematu służą badania kwantowych kosmologicznych modeli nie-izotropowych przedstawione w pracach (4) i (7), napisanych wspólnie z M. Martin-Benitą i M. Mena Maruganem, poświęconych analizie kwantowego modelu Bianchi I. W pracach tych udało się wykazać, pomimo pojawienia się problemu z granicą klasyczną (który udało się rozwiązać dopiero po jakimś czasie), że i w tym przypadku kwantowe odbicie ma miejsce.

Kolejnym zagadnieniem pojawiającym się w kontekście kwantowego wszechświata połączonych odbiciem jest problem ich klasyczności. Z jednej strony bowiem w pobliżu odbicia mamy do czynienia z silnymi efektami kwantowymi, z drugiej zaś spodziewamy się, że pojawiający się w wyniku odbicia rozszerzający się wszechświat bardzo szybko staje się klasyczny. Problem ten rozważany jest w pracy (10) napisanej wspólnie z W. Kamińskim. W pracy tej udało się wykazać, że dla dużej klasy modeli (niekoniecznie dokładnie rozwiązywalnych) wystarczająco duży rozszerzający się wszechświat, pojawiający się w wyniku odbicia staje się semiklasyczny. Do tematu przejścia od reżimu kwantowego do klasycznego dr T. Pawłowski powrócił w samodzielnej pracy (18), w której wykazał, że duże wszechświaty stają się semiklasyczne również w przypadku cyklicznym, z wieloma odbiciami i wieloma fazami rozszerzania oraz kurczenia (w obecności stałej kosmologicznej).

Jednym z najważniejszych, fizycznych problemów kosmologicznych jest opisanie fluktuacji, będących źródłem powstania wielkoskalowych struktur w obserwowanym Wszechświecie. W celu badania fluktuacji w kwantowych modelach kosmologicznych stosuje się tzw. kwantowanie hybrydowe, polegające na kwantowaniu kosmologicznego tła za pomocą metod pętlowej kwantowej kosmologii, zaś fluktuacji – przy wykorzystaniu standardowych teorio-polowych metod przestrzeni Focka. W pracach (6) i (11) napisanych we współpracy z D. Brezuelą i M. Mena Maruganem zagadnienie to analizowano wykorzystując model Gowdy'ego. Model ten opisuje czasoprzestrzeń mające przestrzenne symetrie (dwa wektory Killinga) a jednocześnie posiadające niejednorodności, które można traktować jako spolaryzowane fale grawitacyjne, dające się interpretować jako stopnie swobody stowarzyszone z fluktuacjami na

symetrycznym tle. Do modelu Gowdye'ego dr T. Pawłowski powrócił w niedawnej pracy (19), napisanej wraz z D. de Blasem i J. Olmedo., w której model ten kwantuje się w języku pętlowej kwantowej grawitacji, w celu porównania wyników kwantowania perturbacyjnego, wykorzystywanego w podejściu hybrydowym z nieperturbacyjnym podejściem pętlowym. W pracy tej analizowano również powiązania między teoriami pętlowej kwantowej kosmologii i pętlowej kwantowej grawitacji, próbując stworzyć słownik pomiędzy pojęciami występującymi w obu tych teoriach.

Znaczącym elementem osiągnięcia naukowego jest wkład dr. T. Pawłowskiego w badania formalnej, matematycznej struktury pętlowej kwantowej kosmologii. Do grupy prac poświęconych tej tematyce należą (5), (8), (10), (16), w których współautorami dr. T. Pawłowskiego byli W. Kamiński, J. Lewandowski, F. Barbero i E. Villasenor. W pracach tych badano właściwości operatora ewolucji i jego unitarność, konstrukcję obserwabli cząstkowych, właściwości przestrzeni Hilberta w pętlowej kwantowej kosmologii i pętlowej kwantowej grawitacji. Analizowano też pojęciowe problemy kwantowej grawitacji w oparciu o modele pętlowej kwantowej kosmologii.

W środowisku kosmologów panuje daleko idąca zgodność co do przekonania, że modele wczesnego wszechświata powinny zawierać epokę inflacyjną. W pracy (15), napisanej z M. Artymowskim i A. Daporem przedstawiono inspirowaną modelami inflacyjnymi teorię pętlowej kwantowej grawitacji nieminimalnie sprzęgniętej z masywnym polem skalarnym. Okazuje się, że sprzężenie takie modyfikuje nieco proces odbicia: pojedyncze odbicie jest zastąpione dwoma, następującymi kolejno po sobie w czasie rzędu czasu Plancka.

We wszystkich wyżej wymienionych pracach wielką rolę odgrywała analiza numeryczna, co wynikało z dużego stopnia skomplikowania formalizmu matematycznego pętlowej kwantowej kosmologii. Konieczne stało się stworzenie dedykowanych bibliotek numerycznych, koniecznych do analizy problemów pojawiających się w pętlowej kwantowej kosmologii i ich opracowanie jest jednym z istotnych dokonań dr. T. Pawłowskiego.

Chronologiczne śledzenie opisów prac zamieszczonych w autoreferacie habilitanta pozwala na obserwowanie jego rozwoju naukowego: o ile we wczesnych pracach wkład dr. T. Pawłowskiego polegał w głównej mierze na tworzeniu procedur numerycznych (co, należy podkreślić, było wkładem kluczowym, umożliwiającym adekwatną analizę badanych modeli), w miarę upływu czasu staje się habilitant niepodważalnym liderem, którego wkład zaczyna się od postawienia problemu i jego analizy pojęciowej. Świadczy to, w moim przekonaniu o tym, że dr T. Pawłowski stał się dojrzałym, samodzielnym naukowcem.

Nie ulega dla mnie wątpliwości, że prezentowane osiągnięcie naukowe jest dużego kalibru, znacznie wykraczające ponad zwykłe standardy prezentowane w habilitacjach z dziedziny fizyki teoretycznej.

Inne osiągnięcia naukowe

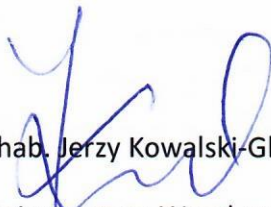
Obok 19 prac składających się na zaprezentowane osiągnięcie naukowe, dr T. Pawłowski jest autorem kilkunastu prac, które ukazały się w renomowanych periodykach o zasięgu międzynarodowym. Poświęcone są one badaniu właściwości pętlowej kwantowej grawitacji, w szczególności analizowanemu wraz z V. Husainem w pracy (30) problemowi czasu. W ostatnich latach dr T. Pawłowski sporo uwagi poświęca problematyce geometrii i dynamiki czarnych dziur, uzyskując w ramach tych badań wiele interesujących wyników.

Dr T. Pawłowski był kierownikiem dwóch grantów (jednego w Polsce i jednego w Chile) oraz wykonawcą w kolejnych dwóch, w USA i w Hiszpanii. Wygłosił 40 referatów na konferencjach naukowych o zasięgu międzynarodowym oraz sam był organizatorem 6 takich konferencji. Latem tego roku będzie zaproszonym wykładowcą plenarnym i organizatorem sesji na konferencji środowiskowej Loops 2019.

Nie ulega wątpliwości, że dr T. Pawłowski jest dojrzałym naukowcem o dużym dorobku i zasłużonej międzynarodowej renomie. Należy on do absolutnej czołówki badaczy zajmujących się pętlową kwantową kosmologią.

W moim przekonaniu zaprezentowane osiągnięcie naukowe oraz dorobek naukowy dr. Tomasza Pawłowskiego z wielkim naddatkiem spełnia ustawowe i zwyczajowe wymagania stawiane habilitantom w dziedzinie fizyki teoretycznej. Wnoszę o przejście do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.

Warszawa, 17 stycznia 2019


Prof. dr hab. Jerzy Kowalski-Glikman

Instytut Fizyki Teoretycznej Uniwersytetu Wrocławskiego

i Narodowe Centrum Badań Jądrowych