

Warszawa, 8.10.2018

prof. dr hab. Jacek Tafel
Wydział Fizyki
Uniwersytet Warszawski
ul. Pasteura 5
Warszawa

Recenzja w postępowaniu habilitacyjnym dr Ewy Czuchry

Osiągnięciem naukowym przedstawionym przez dr Ewę Czuchry jest 6 publikacji w bardzo dobrych czasopismach z listy JCR (trzy prace w Phys. Rev. D, dwie w Class. Quantum Grav. i jedna w Phys. Lett. B). Ich tematyka jest spójna, wszystkie dotyczą kosmologii we wczesnych stadiach rozwoju wszechświata. Trzy z nich są pracami samodzielnymi. W dwóch pracach współautorami są H. Bergeron, J.-P. Gazeau i P. Małkiewicz, a w jednej W. Piechocki. Szacowany udział dr Czuchry w tych pracach wynosi co najmniej 50%.

Kosmologia w ramach klasycznej teorii Einsteina boryka się zarówno z problemem osobliwości początkowej (Wielki Wybuch) jak i z uzasadnieniem jednorodności wszechświata. Prace [H2-H6] dr Czuchry są głównie poświęcone możliwości uzyskania wielkiego odbicia (zamiast Wielkiego Wybuchu) w zmodyfikowanej teorii grawitacji zaproponowanej przez Horavę i w skwantowanej standardowej kosmologii. Natomiast praca [H1] i częściowo [H2,H3] dotyczą mechanizmu inflacji, który prowadzi do jednorodności wszechświata.

W pracy [H2] rozważany jest izotropowy i jednorodny model kosmologiczny w ramach teorii Horavy-Lifshitz z polem skalarnym. W tym przypadku mamy 3 równania pola na 3 funkcje. Dr Czuchry zbadała punkty krytyczne tego układu w przestrzeni fazowej. W porównaniu do standardowej kosmologii pojawiają się punkty odpychające dla trajektorii reprezentujących kontrakcję przestrzeni. Dzięki temu istnieją rozwiązania, które nie osiągają osobliwości i przechodzą od kontrakcji do ekspansji. Nie jest to generyczna własność, lecz zależy od warunków początkowych. Istnieją też trajektorie odpowiadające cyklicznemu kurczeniu się i rozszerzaniu przestrzeni. Przykłady trajektorii różnego typu zostały znalezione numerycznie. W pracy [H3] porównano obraz fazowy dynamiki kosmologicznej w oryginalnej teorii Horavy z obrazem fazowym w uogólnieniu zaproponowanym przez Sotiriou, Vissera i Weinfurtnera. W tym drugim przypadku pojawiają się rozwiązania nowego typu, z jednym cyklem kurczenia się i rozszerzania.

Prace [H4-H6] poświęcone są kwantyzacji modelu kosmologicznego typu IX w klasyfikacji Bianchiego. Jest to model jednorodny, ale nie izotropowy. Zgodnie z podejściem Belinskiego, Khalatnikova i Lifshitz'a lepiej przybliża stan wszechświata przed inflacją. W pracy [H4] dokonana jest analiza klasycznych równań dla tego modelu i odpowiadającej jej dynamiki w przestrzeni fazowej. W pracy [H5] zbadano jej kwantowy odpowiednik uzyskany przez powiązanie kwantyzacji kanonicznej i z użyciem stanów koherentnych z podejściem półklasycznym. W takim podejściu udaje się uniknąć osobliwości kosmologicznej. Jednym z ciekawych wniosków jest stabilność kwantowego modelu Friedmanna względem zaburzeń izotropowości przestrzeni. Praca [H6] dotyczy analitycznych własności widma operatora Schrödingera dla anizotropowego hamiltonianu. Pokazano, że

widmo to jest dyskretne co uzasadnia stosowanie metody adiabaticznej przy kwantyzacji modelu kosmologicznego.

Analiza rozwiązań w teorii Horavy, otrzymanych w pracach [H2-H3], pokazuje, że w odróżnieniu do teorii Einsteina, inflacja może być otrzymana bez udziału zewnętrznych pól np. skalarnych. Praca [H1] jest w całości poświęcona inflacji. Badane są w niej efekty wynikające z modyfikacji członu kinetycznego w hamiltonianie. Dla pewnych modeli inflacji pokazano, że wynikające z nich dane obserwacyjne są nieczułe na zmianę parametru opisującego deformację hamiltonianu. Są też modele, w których obserwowalne efekty mogą istotnie zależeć od tego parametru.

Podsumowując tę część recenzji, prace dr Czuchry wchodzące w skład przedłożonego osiągnięcia naukowego są istotne dla rozwoju kosmologii klasycznej i kwantowej. Zawierają nowatorskie metody i wiele wartościowych rezultatów.

Poza powyższymi pracami dr Czuchry ma jeszcze w dorobku 4 prace napisane przed uzyskaniem stopnia doktora oraz 8 prac (wszystkie z isty JCR) z późniejszego okresu. Z tej drugiej grupy większość jest opublikowana w renomowanym czasopiśmie Phys. Rev. D. Są to prace współautorskie (zwykle 3-4 osoby), a średni udział dr Czuchry wynosi 25%. Prace [P5-P8] dotyczą tematyki prac [H4-H6] wyróżnionych w przewodzie habilitacyjnym. W szczególności pokazano w nich, że przy kontrakcji skwantowanego modelu Bianchi IX energia anizotropowych stopni swobody rośnie dużo wolniej niż w ewolucji klasycznej. z kolei w trakcie kwantowego odbicia zachodzi ogromna produkcja anizotropii, a to prowadzi do fazy przyspieszonej ekspansji (inflacji). W pracy [P7] zbadano warunki, przy których można stosować friedmanowską dynamikę kwantową (z pominięciem anizotropii). Praca [P8] dotyczy struktur ścianowych dzielących obszary w modelu klasycznej ewolucji BKL. Wstępne szacunki wskazują, że te struktury znikają przy kwantyzacji.

Prace [P1-P4] dotyczą głównie hamiltonowskiego opisu dynamiki samograwitującej powłoki materii i powłoki świetlnej w teorii Einsteina. Wymaga on dopuszczenia osobliwych pól materii i wielkości geometrycznych. Przedstawiony model jest dobrym punktem wyjścia do planowanej kwantyzacji. W pracy [P2] opisany jest formalizm hamiltonowski dla pola grawitacyjnego zawartego w obszarze ograniczonym przez zerową powierzchnię S . Pozwala on na quasi-lokalny dowód praw termodynamiki czarnych dziur dla przypadku gdy S jest nieekspandującym horyzontem.

Poza artykułami w czasopismach z listy JCR dr Czuchry opublikowała jeszcze 5 artykułów pokonferencyjnych. Dotyczą one kwantowej i klasycznej kosmologii oraz teorii czarnych dziur.

Podsumowując tę część, ogólny dorobek naukowy dr Czuchry po uzyskaniu stopnia doktora dotyczy przede wszystkim kwantowej i klasycznej kosmologii i w tej dziedzinie dr Czuchry ma duże osiągnięcia. Dr Czuchry ma też w dorobku kilka wartościowych prac na temat formalizmu hamiltonowskiego w klasycznej teorii Einsteina. Ogólna liczba cytowań (79 wg Web of Science), indeks Hirscha (6 wg WoS) i sumaryczny 'impact factor' w wysokości 61,283 nie są imponujące, ale nie odbiegają od standardów.

Dr Czuchry była w latach 1998-1999 kierownikiem grantu KBN, w latach 2007-2010 kierownikiem grantu MNiSW, a w latach 1998-2001 wykonawcą grantu KBN. Dr Czuchry wygłosiła 9 referatów na konferencjach naukowych (z tego 5 poza Polską) oraz uczestniczyła w 3 sesjach plakatowych innych konferencji. W latach 2003-2005 odbyła staż naukowy na Uniwersytecie Kyoto w ramach sty-

pendium Monbukagakusho rządu japońskiego. Kilkukrotnie wizytowała krótkoterminowo inne zagraniczne ośrodki naukowe (uniwersytet w Oxfordzie - dwukrotnie, Berlin oraz Pescara).

Dr Czuchry trzykrotnie uczestniczyła w organizowaniu konferencji międzynarodowych w Polsce. W latach 1998-2012 była w Komitecie Redakcyjnym czasopisma Delta. Od 2012 roku jest członkiem Polskiego Towarzystwa Relatywistycznego.

W ramach działalności dydaktycznej dr Czuchry prowadziła ćwiczenia dla studentów w okresie zatrudnienia na Wydziale Fizyki UW, a w latach 2011-2016 prowadziła po angielsku wykłady i ćwiczenia w Akademii Finansów i Biznesu Vistula. Od 2018 roku jest promotorem pomocniczym pracy doktorskiej "Aspects of Lorentz CPT violation in cosmology" pana N.A. Nilssona.

Godną podkreślenia jest działalność popularno-naukowa dr Czuchry. Będąc przez 14 lat w Komitecie Redakcyjnym DeltY kierowała przez kilka lat działem Fizyka a potem działem WWW. Napisała ponad 40 artykułów popularno-naukowych z fizyki, redagowała zadania z fizyki oraz ligę 44F dla DeltY. W trakcie powstawania trzeciego tomu (Fizyka) Encyklopedii PWN była edytorem i konsultantem naukowym oraz autorem rozdziałów związanych z teorią względności. W multimedialnej wersji encyklopedii była edytorem i projektantką prezentacji i materiałów tekstowych. Jest też autorką 5 haseł w Wielkiej Encyklopedii PWN. W roku 2002 uczestniczyła w kilkudniowej Szkole Matematyki Poglądowej, podczas której wygłosiła referat popularno-naukowy. W latach 1995-2002 opiekowała się stypendystami Krajowego Funduszu na rzecz Dzieci oraz organizowała dla nich warsztaty naukowe, wykłady i pokazy.

Dr Czuchry była recenzentem artykułów do Naturwissenschaften (Springer-Verlag) i Mathematical Reviews (AMS).

Podsumowując, uważam, że dorobek naukowy, dydaktyczny i organizacyjny dr Czuchry spełniają ustawowe i zwyczajowe wymagania. Wnoszę o dopuszczenie do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.

J. Tafel