

Lublin, 31.08.2018

Dr hab. Jerzy Matyjasek
Instytut Fizyki
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej
w Lublinie

Recenzja wniosku dr Ewy Czuchry o nadanie stopnia doktora habilitowanego

Wniosek pani doktor Ewy Czuchry zawiera - między innymi - autoreferat, kopię dyplomu potwierdzającego uzyskanie stopnia doktora, informacje o dorobku naukowym, dydaktycznym i popularyzatorskim, oraz stosowne oświadczenia współautorów. Na osiągnięcie naukowe zatytułowane **Wielkie odbicie oraz inflacja w zmodyfikowanych i kwantowych teoriach grawitacji** składa się sześć powiązanych ze sobą tematycznie prac, opublikowanych w latach 2009 - 2017 w Physical Review D (3 prace), Classical and Quantum Gravity (2 prace) i Physics Letters B (1 praca). Przedstawione mi do oceny dokumenty świadczą dobitnie, że dr Ewa Czuchry spełnia zarówno ustawowe jak i zwyczajowe warunki niezbędne do dopuszczenia do procedury ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

Informacje podstawowe

Pani dr Ewa Czuchry ukończyła studia magisterskie na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego w roku 1998. W roku 2003 uzyskała stopień doktora nauk fizycznych na podstawie rozprawy zatytułowanej **Geometria frontu świetlnego i jej zastosowanie do opisu dynamiki pola grawitacyjnego**. Po uzyskaniu stopnia doktora wyjechała na kilkuletni staż naukowy w renomowanym Instytucie Fizyki Teoretycznej im. Hidekiego Yukawy w Kyoto. Przez kilka lat związana była z Uniwersytetem Warszawskim, a obecnie (od roku 2015) jest adiunktem w Narodowym Centrum Badań Jądrowych. Ponadto, na zaproszenie prof. N. J. W. Woodhouse, gościła dwukrotnie w Instytucie Matematycznym Uniwersytetu w Oxfordzie.

Pani doktor Czuchry brała udział w licznych konferencjach naukowych zarówno w kraju jak i za granicą, wygłaszając w zdecydowanej większości z nich referaty. Trzykrotnie były to referaty wygłaszane na zaproszenie komitetów organizacyjnych. Dwukrotnie pełniła odpowiedzialną funkcję sekretarza, była też członkiem komitetu organizacyjnego konferencji **Singularities of general relativity and their quantum fate** (2018 Warszawa).

Całkowita liczba cytowań wedle standardowej dla fizyki wysokiej energii bazy InSpire wynosi 124 (69 bez autocytowań) z indeksem Hirscha 7. Dane bibliometryczne według bazy Web of Science można znaleźć w dostarczonej przez habilitantkę dokumentacji.

Ocena osiągnięć przedstawionych do habilitacji

Dr Ewa Czuchry przedstawiła cykl sześciu powiązanych ze sobą tematycznie (i do pewnego stopnia metodologicznie) prac jako swoje główne osiągnięcie naukowe. Prace te w naturalny sposób łączą się w (nie zawsze niezależne) podklasy. I tak, używając oznaczeń autorki, prace H2 i H3 łączy wspólna dla obu tematyka kosmologicznego odbicia w zmodyfikowanych teoriach grawitacji. W pierwszym przypadku jest to teoria Hořavy-Lifszycy, natomiast w drugim pewna jej modyfikacja zaproponowana w pracy [15]. Prace H4, H5 i H6 poświęcone są próbom znalezienia kwantowego opisu dynamiki wczesnych etapów ewolucji anizotropowych modeli kosmologicznych. I na koniec praca H1 (i w pewnym stopniu H2 i H3) dotyczy epoki inflacyjnej. Poniżej omówię je w sposób nieco bardziej szczegółowy, ale nawet pobieżna analiza wskazuje, że głównym ich spoiwem jest swego rodzaju fascynacja osobliwościami kosmologicznymi (których pani dr Czuchry chciałaby uniknąć) i wczesnym lub nawet bardzo wczesnym Wszechświatem. Oczywiście, klasyczna teoria grawitacji ma tutaj niewiele do powiedzenia, toteż autorka odważnie sięga po jej modyfikacje.

Głównym celem artykułu **Phase portraits of a matter bounce in Hořava-Lifshitz cosmology** (tytuł dokładnie odzwierciedla zawartość) jest zbadanie wpływu członów proporcjonalnych do odwrotności czwartej potęgi czynnika skali pojawiających się w równaniach ruchu Hořavy-Lifszycy w przypadku gdy krzywizna trójwymiarowych podprzestrzeni jest różna od zera. Z punktu widzenia ortodoksyjnej kosmologii, wyrazy te mogą być interpretowane jako pochodzące od ciemnego promieniowania. Dodatkowo uwzględniane jest (klasyczne) masywne pole skalarne.

W reżimie niskich energii równania ruchu nieco się upraszczają i po odpowiednich transformacjach uzyskuje się układ równań różniczkowych w postaci

$$\begin{aligned}\dot{x} &= y, \\ \dot{y} &= -x - 3yz, \\ \dot{z} &= \frac{1}{3} \left(x^2 - \frac{y^2}{2} \right) - 2z^2,\end{aligned}$$

gdzie x oznacza pole skalarne, y jego pochodną czasową, a z jest definiowane jak parametr Hubble'a. Ten niewinnie wyglądający układ równań różniczkowych dopuszcza kilka interesujących scenariuszy ewolucji modeli Hořavy-Lifszycy. Żeby je prześledzić dr Czuchry najpierw analizuje własności 12 punktów krytycznych w nieskończoności, a następnie buduje odpowiednie portrety fazowe, mające, jak zauważa habilitantka, inną strukturę niż w standardowej kosmologii. I tak możliwe są scenariusze z kosmologicznym odbiciem, jak na przykład ten, w którym po szybkim kurczeniu się wszechświata następuje faza jego przyspieszonej ekspansji. Ponieważ badany układ równań różniczkowych dopuszcza również i inne scenariusze, odbicie nie jest więc ich własnością typową. Podobne analizy przeprowadzone zostały w pracy H3, tym razem dla pewnej modyfikacji teorii Hořavy-Lifszycy. Nie będę jej tutaj dokładniej omawiał, bowiem stosowane techniki są podobne do technik stosowanych w pracy H2. W tym przypadku w równaniach ruchu pojawiają się dodatkowo wyrazy proporcjonalne do odwrotności szóstej potęgi czynnika skali. Analiza portretów fazowych ujawnia zarówno rozwiązania z odbiciem kosmologicznym jak i z osobliwością. Badana jest również stabilność rozwiązań. Warto podkreślić, że w obu przypadkach prace są jednoautorskie i w

moim odczuciu pełne, to znaczy rozwiązania dyskutowane są również w kontekście konkurencyjnych teorii. Jako miłośnikowi metod numerycznych brak mi informacji o wykorzystanych schematach numerycznego całkowania układów równań różniczkowych, co oczywiście nie jest zarzutem, obie prace bowiem oceniam bardzo wysoko.

W pracach H4-H6 habilitantka koncentrowała się na zagadnieniach związanych z osobliwością początkową w ramach modelu typu Bianchi IX oraz konsekwencjami jakie niesie próba jego opisu kwantowego. Okazuje się, że osobliwość początkowa może zostać usunięta w ramach (dosyć technicznej) procedury afinicznych stanów koherentnych i kwantowania kanonicznego. Należy zauważyć, że podejmowane wcześniej próby kwantowania modelu typu IX, takie jak wykorzystanie w tym kontekście równania Wheelera-DeWitta czy też pętlowej kwantowej kosmologii nie odnosiły się do kwestii osobliwości.

W pracy H5 pokazano, że po odpowiednich przekształceniach klasyczny hamiltonian próżniowego modelu typu IX przybiera postać podobną do analogicznego hamiltonianu opisującego układy znane z fizyki molekularnej. Fakt ten według autorów sugeruje możliwość wykorzystania standardowego dla takich układów podejścia również w przypadku modelu typu IX. Procedura ta prowadzi do półklasycznego analogonu równania Friedmana (patrz równanie 8 z pracy H5). Jego rozwiązaniem jest funkcja okresowa, której minima i maksima przyjmują wartości skończone. Natomiast w celu uwzględnienia wpływu pól materii na ewolucję należy dodać wyraz opisujący gęstość energii, przy czym dodanie członu promieniowania ($\rho \propto a^{-4}$) nie zmienia jakościowego charakteru rozwiązania.

W bardzo interesującej pracy (H6) dr Czuchry wykorzystuje kryterium, które orzeka kiedy operator Schrödingera ma czysto dyskretne widmo energii do hamiltonianu klasycznego próżniowego modelu typu IX, a uzyskany wynik analizuje w kontekście dopuszczalności stosowanych przybliżeń. I na koniec w jednoautorskiej pracy H1, badana jest zależność przewidywań modeli inflacyjnych od małych zmian parametru γ , mierzącego odchylenie „od kanonicznej postaci energii kinetycznej”. Muszę się przyznać, że pisząc to lekko drży mi ręka.

W podsumowaniu tej części pragnę wyrazić bardzo pozytywną ocenę badań przedstawionych w pracach H1-H6 i w autoreferacie. Uważam, że traktowane jako osiągnięcie naukowe mogą stanowić dobrą podstawę do uzyskania przez dr Ewę Czuchry stopnia doktora habilitowanego. Są to niewątpliwie cenne badania z pogranicza fizyki teoretycznej, matematycznej i kosmologii. Oczywiście mam swoje preferencje, otóż uważam, że prace poświęcone poszukiwaniu rozwiązań z kosmologicznym odbiciem w teorii Hořavy-Lifszycza i praca H5 raczej się nie zdezaktualizują. Wykorzystywane metody matematyczne jak i uzyskane rezultaty są solidne. Trochę inaczej wygląda kwestia kwantowania modeli anizotropowych. Grunt tutaj jest zdecydowanie mniej pewny i niezbędne są dalsze badania. Na sam koniec odniosę się do polskiej wersji autoreferatu, któremu zdecydowanie należałoby się jeszcze jedno czytanie. Zdania bywają chropawe, z jedną częścią niepasującą do drugiej. Również nie wszystkie symbole wykorzystywane w tekście są w należyty sposób wyjaśnione. Na szczęście te drobne niedopatrzania nie utrudniają lektury, piszę o nich z recenzenckiego obowiązku.

Poza sześcioma pracami już przeze mnie omówionymi, dr Czuchry wymienia też osiem prac (w zdecydowanej większości opublikowanych w *Physical Review D*) oraz pięć doniesień konferencyjnych. Tematyka ich jest różnorodna: od termodynamiki czarnych dziur do kosmologii. W autoreferacie znalazła się też bardzo rzetelna analiza wkładu własnego w omawiane publikacje. Za przykład niech służy jednoautorska praca H6. Habilitantka swój

udział procentowy ocenia na tylko 90%, bowiem sam pomysł pracy - jak pisze - został jej zasugerowany przez prof. Spalińskiego. Uważam, że jest to uczciwość naukowa najwyższej próby. Należy jeszcze podkreślić, że wkład dr Czuchry do prac wieloautorskich (H4-H6) jest zawsze dominujący.

Ocena dorobku dydaktycznego, organizacyjnego i popularyzatorskiego

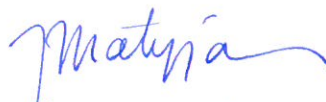
Dr Ewa Czuchry prowadziła różnorodne ćwiczenia i wykłady (również w języku angielskim). I tak w latach 1998-2007 były to ćwiczenia z mechaniki klasycznej, analizy matematycznej i algebry z geometrią. Natomiast w latach 2011-2016 były to wykłady i ćwiczenia z analizy matematycznej i algebry liniowej, matematyki dyskretnej, rachunku prawdopodobieństwa i statystyki, a także fizyki dla informatyków. Obecnie jest promotorem pomocniczym w przewodzie doktorskim pana N. A. Nilssona.

Na szczególne wyróżnienie zasługuje aktywność pani dr Czuchry w Komitecie Redakcyjnym czasopisma Delta. Jest autorką ponad 40 zamieszczonych tam artykułów popularnonaukowych, redaktorem zadań i redaktorem ligi 44F. Nikogo nie trzeba przekonywać jak potrzebna, cenna i czasochłonna jest tego typu działalność.

Z tego pobieżnego opisu wynika, że aktywność i osiągnięcia dydaktyczne dr Czuchry są dosyć typowe dla osób „przed habilitacją”, natomiast jej osiągnięcia popularyzatorskie należy uznać za wybitne.

Podsumowanie

Wysoka jakość prac naukowych, działalność dydaktyczna, popularyzatorska i organizacyjna pani dr Ewy Czuchry spełniają według mnie wszelkie wymagania stawiane przez ustawę o Stopniach Naukowych. W szczególności osiągnięcia zawarte w sześciu jednotematycznych publikacjach wybranych do habilitacji, uzupełnione obszerną listą prac dodatkowych, uważam za bardzo interesujące i wartościowe. Będę zatem zdecydowanie popierać wniosek o nadanie dr Ewie Czuchry naukowego stopnia doktora habilitowanego.


Jerzy Matyjasek