Prof. dr hab. Andrzej Borowiec

Instytut Fizyki Teoretycznej

Wydział Fizyki i Astronomii

Uniwersytet Wrocławski

 Wrocław, 7 grudnia 2023

**Recenzja „osiągnięcia naukowego” oraz dorobku naukowego w ramach postępowania o nadaniu stopnia doktora habilitowanego doktorowi Orestowi Hrycynie**

**Uwagi ogólne**

„*Osiągnięcia naukowe stanowiące znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny*”, o których mowa w art.219 ust. 1pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz. U. z 2021 r.) zostały zaprezentowane w formie autoreferatu zatytułowanego *Generyczny model kosmologiczny bez osobliwości początkowej oraz fundamentalna symetria czasoprzestrzeni*. Opierają się na cyklu czterech tematycznie powiązanych artykułach z lat 2015-2021, oznaczonych kolejno jako NC1-NC4 z których trzy ostatnie są jednoautorskie. Artykuł NC1, napisany został we współpracy z nieżyjącym prof. Markiem Szydłowskim (promotorem pracy magisterskiej i doktorskiej Habilitanta). Z załączonej przez dr Hrycynę informacji wynika, że jego wkład do tej pracy był wiodący.

Tematyka rozprawy habilitacyjnej dotyczy zastosowań teorii układów dynamicznych do oceny przydatności modeli kosmologicznych opartych na metryce Friedmanna-Lemaitre-Robertsona-Walkera (FLRW) w ramach rozszerzonych teorii grawitacji z polem skalarnym oraz ich porównania z najlepiej dopasowanym do obserwacji oraz obecnie dominującym pomimo pewnych sprzeczności, modelem standardowym LCDM. Pole skalarne wpływa zarówno na przebieg obecnej, dostępnej obserwacjom fazie przyśpieszonej ewolucji Wszechświata, jak i może być źródłem kosmicznej inflacji wyjaśniającej jednorodność promieniowania tła (CMB). Tematyka ta oraz zastosowana metodologia badań jest wiodąca w całej działalności naukowej dr Hrycyny, począwszy od pracy magisterskiej i doktorskiej po dziś. Należy podkreślić, że zastosowanie układów dynamicznych w kosmologii, rozwijane i udoskonalane w szkole naukowej profesora Szydłowskiego jest bardzo użytecznym i docenianym przez społeczność międzynarodową, nie tylko kosmologów, narzędziem oraz znakiem firmowym tej szkoły. Dr Orest Hrycyna jest bez wątpienia jednym z najbardziej reprezentatywnych jej przedstawicieli (26 wspólnych publikacji).

**Omówienie prac stanowiących osiągnięcie naukowe**

**[NC1]** Orest Hrycyna, Marek Szydłowski, *Cosmological dynamics with non-minimally coupled scalar field and a constant potential function,* JCAP 11 (2015) 013, e-Print: 1506.03429 [gr-qc]

W pracy przeprowadzono systematyczną analizę układu dynamicznego opisującego ewolucję modeli kosmologicznych z płaską metryką FLRW, z nie-minimalnie sprzężonym polem skalarnym samooddziałującym ze stałym potencjałem (stała kosmologiczną) oraz barotropową materią w tzw. układzie Jordana. Uwzględniono dwa rodzaje pola skalarnego z dodatnim (kanoniczne, zwane też skalaronem lub esencją) oraz ujemnym (fantomowe, duchowe) członem kinetycznym.

Zaproponowano bezwymiarowe zmienne w przestrzeni fazowej takich autonomicznych układów z więzem hamiltonowskim, ich redukcję z układów sześciowymiarowych do trójwymiarowych oraz wyznaczono oraz scharakteryzowano punkty krytyczne. Dla pewnych wartości parametrów układu znaleziono dwuwymiarowe podrozmaitości niezmiennicze związane z przyspieszającą ekspansją oraz wykreślono diagramy fazowe ilustrujące możliwe ścieżki ewolucji, w zależności od zadanych warunków początkowych. Uzyskano również pewną klasę rozwiązań analitycznych. Zbadano bifurkację takich układów ze względu na wartość parametru ξ oraz uzyskano jego wartość krytyczną. Zbadano ewolucję asymptotyczną w uzwarconej przestrzeni fazowej za pomocą wprowadzeni lokalnych zmiennych rzutowych.

**[NC2]** Orest Hrycyna, *What ξ ? Cosmological constraints on the non-minimal coupling constant*, Phys. Lett. B 768 (2017) 218-227, e-Print: 1511.08736 [astro-ph.CO]

Kontynuowano badania z poprzedniej pracy, poświęcając szczególną uwagę roli parametru nie-minimalnego sprzężenia ξ w zredukowanym układzie dynamicznym. Jego wartość wyliczono poprzez dopasowanie modelu do danych obserwacyjnych supernowych Ia, funkcji Hubbla H(z) oraz testu Alocka-Paczyńskiego. Rozpatrzono kilka wariantów materii pyłowej, również z podziałem na ciemną i barionową. Wykazano, że dla specyficznej wartości tej stałej można uzyskać ewolucję bez osobliwości początkowej.

**[NC3]** Orest Hrycyna, *The non-minimal coupling constant and the primordial de Sitter state*, Eur. Phys. J. C 80 (2020) 9, 817, e-Print: 2008.00943 [gr-qc]

Przyjęto założenia analogiczne do dwóch poprzednich prac, z tą różnicą, że potencjał pola skalarnego jest funkcją potęgową, której wykładnik staje się dodatkową zmienną dynamiczną. Wykazano istnienie typowego stanu Einsteina-de Sittera oraz stanu de Sittera. Ten drugi jest niestabilny i w przeciwieństwie do pierwszego prowadzi do ewolucji z początkowym odbiciem (bez początkowej singularności). Fizycznie, oznacza to istnienie zarówno stanu dominacji materii (pyłowej) jak i stanu dominacji ciemnej energii (stałej kosmologicznej) - dwóch głównych składników modelu LCDM. Z przeprowadzonej analizy wynika, iż wartość ξ=3/16 pełni szczególną rolę zapewniając sprzężenie konforemne w ramach pięciowymiarowej teorii grawitacji.

**[NC4]** Orest Hrycyna, *A new generic and structurally stable cosmological model without singularity*, Phys. Lett. B 820 (2021) 136511, e-Print: 2105.02815 [gr-qc]

Kontynuowano badania z poprzedniej pracy, przy założeniu, że człon potęgowy w potencjale stanowi małe zaburzenie członu kwadratowego, reprezentującego masę pola skalarnego. Znaleziono wartości parametru ξ przy których istnieje niestabilny asymptotyczny stan de Sittera bez początkowej singularności. Wartość ξ=1/4 prowadzi do statycznego stanu Einsteina, który nie zależy od wyboru warunków początkowych, co oznacza, że jest on strukturalnie stabilny. Analizę przeprowadzono zarówno w układzie Jordana jak i Einsteina pokazując, że obydwa układy mają istotnie różne własności fizyczne.

Omówione prace dr Oresta Hrycyny poświęcone są systematycznemu badaniu, z użyciem technik układów dynamicznych, pewnej klasy kosmologicznych modeli skalarno-tensorowej grawitacji. Tworzą one spójny tematycznie cykl, są interesujące, złożone technicznie i wnoszą, w mojej opinii, samodzielny znaczący i oryginalny wkład Habilitanta w rozwój dyscypliny. Wszystkie artykuły zostały opublikowane po doktoracie w wysoko punktowanych czasopismach (100+3x140=520 pkt. na liście ministerialnej) z listy JCR o wysokim czynniku wpływu (IF). Dwa pierwsze, NC1 i NC2, zyskały według bazy *Web of Science* (WoS) ok. 40 cytowań.

Najważniejsze rezultaty zostały również zaprezentowane w załączonym Autoreferacie. Należy dodać, że *Autoreferat* sporządzony został w dwóch wersjach językowych: polskiej i angielskiej. Trzeba również podkreślić staranność dra Hrycyny w jego przygotowaniu, wprowadzenie i opisy są czytelne, uwzględniają najistotniejsze pojęcia i wyniki wraz z ich motywacją i umiejscowieniem w badaniach literatury światowej poświęconej badaniem przyśpieszającej ekspansji, natury ciemnej energii i ciemnej materii oraz zagadce początku obserwowalnego Wszechświata.

**Aktywność naukowa**

Przesłanka trzecia nadawania stopnia doktora habilitowanego „*aktywność naukowa*”, jest spełniona, gdyż dr Hrycyna zatrudniony był po doktoracie, przez okres 1 roku na Katolickim Uniwersytecie Lubelskim. Należy nadmienić, bardzo dużą aktywność naukową Habilitanta w latach 2006-2011, tj. do doktoratu w roku 2011, która zaowocowała 17 artykułami w czasopismach indeksowanych powstałych we współpracy z promotorem i jego współpracownikami w krótkim 6 letnim okresie. Ta powstała w 10 letnim okresie po doktoracie przyniosła 8 publikacja w renomowanych czasopismach. Podobnie, na ogólną liczbę 400 cytowań (bez samocytowań) w bazie WoS, ok. 30% przypada na okres po doktoracie. Wskaźnik Hirscha wynosi H=14. Habilitant uczestniczył również w grantach NCN, jest aktywny w recenzowaniu prac dla znanych czasopism naukowych. Jednakże, według obecnie obowiązującej wykładni, określonej w poradniku Rady Doskonałości Naukowej "*Postępowania dotyczące nadawania stopnia doktora habilitowanego*" (aktualizacja z 9 sierpnia 2023) przesłanka ta nie powinna mieć wpływu na ocenę końcową.

**Ocena końcowa i konkluzja**

Z przedłożonej dokumentacji wynika, że spełnione są wszystkie wymagania formalne niezbędne do wszczęcia postępowania habilitacyjnego, wynikające z Ustawy.

Biorąc pod uwagę zamieszczoną wyżej ocenę przedstawionego osiągnięcia naukowego w postaci cyklu czterech powiązanych tematycznie prac, stwierdzam, że dr Orest Hrycyna, spełnia warunki formalne i zwyczajowe do ubiegania się o stopień naukowy doktora habilitowanego w dziedzinie *nauk ścisłych i przyrodniczych*, dyscyplinie *nauki fizyczne*, określonych w ustawie *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* z dnia 20 lipca 2018 r. oraz w poradniku *Rady Doskonałości Naukowej*.

W związku z powyższym wnoszę do *Komisji habilitacyjnej w celu przeprowadzenia postępowania habilitacyjnego dr Oresta Hrycyny* oraz do *Rady Naukowej Narodowego Centrum Badań Jądrowych* o podjęcie uchwały o nadaniu dr Orestowi Hrycynie stopnia doktora habilitowanego.