

Warszawa, 2 grudnia 2023 roku

**Recenzja wkładu dr. Oresta Hrycyny ubiegającego się o nadanie stopnia doktora habilitowanego w rozwój dyscypliny nauki fizyczne.**

Przedstawiono mi do oceny osiągnięcie naukowe w postaci cyklu czterech powiązanych tematycznie artykułów naukowych ([NC1]-[NC4]) będące podstawą ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego. Osiągnięcie jest zatytułowane "Generyczny model kosmologiczny bez osobliwości początkowej oraz fundamentalna symetria czasoprzestrzeni", jego autorem jest dr Orest Hrycyna. Do wniosku o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia dołączono autoreferat liczący 49 stron oraz wykaz osiągnięć naukowych. Jedynym autorem publikacji NC2-NC4 jest dr Hrycyna, natomiast współautorem publikacji NC1 był nieżyjący prof. Marek Szydłowski z UJ.

**Ocena osiągnięcia naukowego**

NC1: "Cosmological dynamics with non-minimally coupled scalar field and a constant potential function", Orest Hrycyna i Marek Szydłowski, JCAP11 (2015) 013

Autorzy zastosowali metody układów dynamicznych do badania globalnego zachowania rozwiązań równań ruchu dla przestrzennie płaskiego ( $k = 0$ ) modelu z metryką FLRW w teorii grawitacji sprzężonej nie-minimalnie z rzeczywistym polem skalarnym dla stałego potencjału tego pola, w obecności nierelatywistycznej materii barotropowej. Znaleziono i przedyskutowano punkty krytyczne badanego trój-wymiarowego układu dynamicznego zarówno w skończonym obszarze przestrzeni fazowej jak i w nieskończoności. Znaleziono przybliżone rozwiązania wokół punktów krytycznych i pokazano szereg diagramów fazowych dla różnych wartości nie-minimalnego sprzężenia ( $\xi$ ) pola skalarnego do skalaru Ricciego oraz parametru równania stanu  $w$ . W szczególnych przypadkach znaleziono analityczne rozwiązania. Publikacja ta była cytowana 20-krotnie.

NC2: "What  $\xi$ ? Cosmological constraints on the non-minimal coupling constant", Orest Hrycyna, Physics Letters B 768 (2017) 218–227

Autor badał układ trzech równań ruchu dla przestrzennie płaskiego ( $k = 0$ ) modelu kosmologicznego z metryką FLRW w teorii grawitacji sprzężonej nie-minimalnie z rzeczywistym polem skalarnym dla stałego potencjału, w obecności nierelatywistycznej materii barotropowej. W pracy zaproponowano nową metodę wykorzystania metod układów dynamicznych w celu oszacowania parametrów i selekcji modeli kosmologicznych. Wykorzystując dane obserwacyjne pochodzące z odległych supernowych typu Ia, pomiary parametru Hubble'a  $H(z)$  oraz informacje pochodzące z testu Alcocka-Paczyńskiego,

znaleziono ograniczenia kosmologiczne dotyczące nie-minimalnej stałej sprzężenia  $\xi$  pomiędzy skalarem krzywizny a polem skalarnym. Dla wszystkich badanych modeli wykluczono ujemne wartości tego parametru na poziomie ufności 68%. Jest to, moim zdaniem, najbardziej wartościowa praca przedstawionego osiągnięcia naukowego. Publikacja ta była cytowana 20-krotnie.

NC3: "The non-minimal coupling constant and the primordial de Sitter state", Orest Hrycyna, Eur. Phys. J. C (2020) 80:817

Autor badał układ równań ruchu dla przestrzennie płaskiego ( $k = 0$ ) modelu kosmologicznego z metryką FLRW w teorii grawitacji sprzężonej nie-minimalnie z rzeczywistym polem skalarnym  $\phi$  dla potencjałów jednomianowych  $U(\phi) \propto \phi^\alpha$ , tym razem bez materii barotropowej. Przeprowadzona analiza wyróżnia wartość parametru nie-minimalnego sprzężenia  $\xi = 3/16$ , która odpowiada nie-minimalnemu sprzężeniu w 5-wymiarowej konforemnie niezmienniczej teorii grawitacji sprzężonej do pola skalarnego. Pokazano asymptotyczne ( $\phi \rightarrow \infty$ ) istnienie rozwiązań typu de Sittera i Einsteina-de Sittera. Zbadano stabilność asymptotycznych rozwiązań. Publikacja ta była cytowana 3-krotnie.

NC4: "A new generic and structurally stable cosmological model without singularity", Physics LettersB 820 (2021) 136511

Metody układów dynamicznych zostały zastosowane do badania modelu kosmologicznego z nie-minimalnie sprzężonym rzeczywistym polem skalarnym i asymptotycznie kwadratową funkcją potencjału, bez materii barotropowej. Okazało się, że dla wartości parametru nie-minimalnej stałej sprzężenia  $3/16 < \xi < 1/4$  istnieje niestabilne asymptotyczne rozwiązanie de Sittera, nieosobliwe w przedziale  $5/24 \leq \xi < 1/4$ , które mogłyby służyć jako nieosobliwy początek wszechświata. W pracy przedyskutowano zagadnienie równoważności sformułowania teorii w układzie Jordana i układzie Einsteina, konkludując, że opisy fizycznych obserwacji w obu układach są nierównoważne gdyż niestabilne rozwiązanie de Sittera w jednym sformułowaniu zostaje przetransformowane w stabilny wszechświat Einsteina w drugim.

Podsumowując moją ocenę przedstawionego osiągnięcia naukowego stwierdzam, że stanowi ono cykl, wartościowych i powiązanych tematycznie publikacji naukowych. Elementem łączącym przedstawione publikacje jest chęć zrozumienia własności rozwiązań układu równań Einsteina dla metryki FRWL oraz równania Kleina-Gordona w przypadku nie-minimalnego sprzężenia pola skalarnego do grawitacji. Bez wątpienia przedstawione osiągnięcie poszerzyło wiedzę na temat możliwych rozwiązań równań ruchu dla tego układu. Wszystkie prace zostały opublikowane w renomowanych czasopismach naukowych.

Osiągnięcia naukowe, które miałem okazję recenzować dotychczas oparte były na większym dorobku, niż osiągnięcie oceniane w niniejszej recenzji.

## Ocena aktywności naukowej

Poza osiągnięciem naukowym opisanym powyżej, Habilitant przedstawił spis pozostałych publikacji z podziałem na przed i po doktoracie (2011). Po doktoracie, dr Hrycyna opublikował 8 prac w recenzowanych czasopismach naukowych. W skład osiągnięcia naukowego wchodzi cztery ostatnie publikacje niekonferencyjne dr. Hrycyny opublikowane w latach 2015-2021. W sumie Habilitant opublikował 26 prac<sup>1</sup> w renomowanych czasopismach takich jak PRD, JCAP, PLB, EPJC, etc.. Łączna liczba cytowań jego prac (bez autocytowań) to 447, a indeks Hirscha 13. Najwyżej cytowana (55) praca Habilitanta (# 17) to "Extended Quintessence with non-minimally coupled phantom scalar field", Orest Hrycyna, Marek Szydlowski, Phys.Rev.D 76 (2007) 123510, e-Print: 0707.4471 [hep-th]. Współautorem wszystkich, poza jedną, wielo-autorskich publikacji dr. Hrycyny był prof. Szydlowski, promotor Habilitanta. Mogłoby to wskazywać na brak naukowej samodzielności dr. Hrycyny, jednak jednocześnie opublikował on trzy samodzielne prace (wszystkie z nich wchodzi w skład przedstawionego osiągnięcia).

Analiza listy publikacji Habilitanta pokazuje, że od 2016 zmniejszyła się jego aktywność naukowa, w szczególności nie opublikował nic w 2016, 2018 i 2019. W 2017, 2020, 2021 i 2022 publikował po jednej pracy na rok w bardzo dobrych czasopismach.

Do wykazu osiągnięć naukowych dołączona jest lista "Wystąpienia konferencyjne i szkoły". Większość wystąpień dr. Hrycyny miała miejsce podczas konferencji Polskiego Towarzystwa Relatywistycznego (w tym trzy zaproszone), sześć wykładów było wygłoszonych za granicą, spośród nich żaden nie był zaproszonym wykładem.

Nie znalazłem informacji o międzynarodowych doświadczeniach dr. Hrycyny.

Aktywność naukowa Habilitanta była realizowaną w Uniwersytecie Jagiellońskim, gdzie dr. Hrycyna najpierw uzyskał stopień magistra (2004) a potem doktora (2011), w Katolickim Uniwersytecie Lubelskim Jana Pawła II, gdzie był asystentem i adiunktem oraz w Narodowym Centrum Badań Jądrowych gdzie najpierw był zatrudniony jako post-doc, a obecnie jako adiunkt.

## Podsumowanie

Przedstawione do recenzji osiągnięcie jest oryginalnym rozwiązaniem postawionych zadań badawczych i spełnia wymagania określone w art. 219 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. Stwierdzam ponadto, że Habilitant wykazał się również aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni. Wnoszę o nadanie dr. Orestowi Hrycynie stopnia doktora habilitowanego.

prof. dr hab. Bohdan Grządkowski

---

<sup>1</sup>Dane bibliograficzne na podstawie bazy danych iNSPIRE.