



# INSTYTUT MATEMATYCZNY POLSKIEJ AKADEMII NAUK

ul. Śniadeckich 8, 00-656 Warszawa, skrytka pocztowa Nr 21,  
tel.: 48-22-522-81-00, fax: 48-22-629-39-97, e-mail: [im@impan.pl](mailto:im@impan.pl), [www.impan.pl](http://www.impan.pl)

Warszawa 4 grudnia 2019r.

## Ocena osiągnięć i dorobku naukowego dr Adama Balcerzaka w związku z postępowaniem o nadanie stopnia doktora habilitowanego

Dr Adam Balcerzak uzyskał tytuł magistra fizyki w 2005r. na Wydziale Fizyki, Astronomii i Informatyki, Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, gdzie obronił prace magisterską pt. *Struktury geometryczne w mechanice kwantowej*, a tytuł doktora n. fizycznych uzyskał w 2009r. na Wydziale Matematyczno - Fizycznym Uniwersytetu Szczecińskiego gdzie obronił pracę doktorską pt. *Teorie grawitacji wyższego rzędu na membranach*. Promotorem jego pracy doktorskiej był prof. dr hab. Mariusz Dąbrowski. Od ukończenia studiów jest on zatrudniony w Zakładzie Kosmologii i Teorii Grawitacji, Instytutu Fizyki Uniwersytetu Szczecińskiego i obecnie zajmuje stanowisko adiunkta.

### Dorobek naukowy

Jako główne osiągnięcie naukowe mające stanowić podstawę do nadania stopnia doktora habilitowanego kandydat wskazał cykl publikacji pt. **Klasyczne i kwantowe kosmologie z dynamicznymi stałymi fundamentalnymi**. Cykl stanowi 7 publikacji opublikowanych w latach 2014-17, a więc szereg lat po doktoracie. Prace zostały opublikowane w renomowanych czasopismach: *Physics Letters B*, *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*, *Annalen der Physik*, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* i *Physical Review D*. Czasopisma te mają duży Impact Factor wachający się od 3 do 6. Wszystkie prace, z wyjątkiem jednej (**SA5**), gdzie dr Balcerzak jest jedynym autorem, są kilkautorskie. W trzech pracach Habilitant jest pierwszym autorem, a jego udział w tych pracach wynosił 80%, 60% i 33%. W pozostałych trzech pracach udział dr Balcerzaka wynosił od 20% do 33%.

W cyklu publikacji stanowiącym główne osiągnięcie naukowe Habilitant zajmuje się modelami kosmologicznymi, które dopuszczają dynamiczną zmienność prędkości światła  $c$  i stałej grawitacji  $G$ . Zmienność tych stałych jest proponowana w szeregu alternatywnych teoriach grawitacji, które były proponowane przez ostatnie kilkadziesiąt lat. W cyklu prac dr Balcerzak wykazuje, że zmienność wielkości  $c$  i  $G$  może wyjaśnić obecność ciemnej energii we Wszechświecie, a w kwantowych modelach kosmologicznych może prowadzić do modeli, wolnych od osobliwości czasoprzestrzeni obecnych w modelach klasycznych.

Cykl prac obejmuje trzy różne aspekty dotyczące zmienności stałych  $c$  i  $G$ . Pierwsze trzy prace dotyczą testowania podstawowych modeli kosmologicznych. W pracy **SA1** wykazano, że na podstawie obecnych obserwacji nie można odróżnić klasycznych modeli kosmologicznych  $\Lambda$ CDM i CDM od modeli ze zmienną prędkością światła. W pracy **SA2** zbadano wpływ zmiennej prędkości światła na interpretacje obserwowanych odległości jasnościowych supernowych typu Ia w ramach standardowego modelu kosmologicznego Friedmanna. Wyprowadzony wzór na odległość jasnościową pozwala na testowanie wpływu zmiennej prędkości światła na ewolucje kosmologiczną jeżeli zmierzymy człon drugiego rzędu w przesunięciu ku czerwieni  $z$ . W pracy **SA3** dokonano analizy przestrzennej zmienności prędkości światła wykorzystując niejednorodny model kosmologiczny Stephaniego. Wykazano, że rozważane modele będą mogły zostać sfalsyfikowane przy użyciu danych obserwacyjnych zgromadzonych przez planowaną sieć radioteleskopów *Square Kilometre Array* (SKA). Trzy następne prace cyklu publikacji przedstawiają analizę kwantowych modeli kosmologicznych Wszechświata ze zmienną prędkością światła i zmienną stałą grawitacji. W pracy **SA4** model kwantowy jest oparty na podejściu Wheelera-DeWitta. W modelu tym wylicza się prawdopodobieństwa tunelowania wszechświata ze stanu osobliwego do stanu opisanego geometrią friedmannowską. W pracy tej wykazuje się jak dynamicznie zmieniająca się prędkość światła i stała grawitacyjna zmieniają te prawdopodobieństwa tunelowania w porównaniu ze standardowymi modelami zawierającymi pył, promieniowanie i stałą kosmologiczną. W pracy **SA5** rozważono model ze zmienną prędkością światła oraz dynamiczną stałą grawitacji gdzie oba te parametry reprezentowane są przez pola skalarne, podobnie jak w teorii Bransa-Dickego. Wykazano, że w kwantowej wersji tego modelu możliwe jest przejście od fazy kurczenia się wszechświata (przed wielkim wybuchem) do fazy ekspansji w wyniku procesu kwantowego rozpraszania na eksponencjalnej barierze potencjału w przestrzeni kwantowej. W pracy **SA6** wykazano, że w modelach kosmologicznych z dynamicznie stałymi możliwa jest regularyzacja osobliwości czasoprzestrzeni. Rozważono również model dwuwszechświata, w którym wykazano, że suma entropii dwóch wszechświatów jest stała i nie dochodzi do naruszenia drugiej zasady termodynamiki. Trzeci aspekt cyklu prac dotyczy koncepcji multiświata. W pracy **SA7** rozważono multiwszechświat składający się z dwóch identycznych nie oddziałujących ze

sobą splątanych kwantowo-mechanicznie wszechświatów. Wyliczano wielkości termodynamiczne dla tego układu. Wykazano, że entropia splątania osiąga maksymalne wartości w osobliwości wielkiego wybuchu, wielkiego krachu oraz w chwili maksymalnego rozszerzania wszechświatów. Natomiast osiąga ona wartość zero dla osobliwości wielkiego rozerwania.

Uważam, że cykl prac przedstawionych przez dr Balcerzaka jako osiągnięcie naukowe zawiera szereg interesujących wyników, które wnoszą istotny wkład do badań nad alternatywnymi scenariuszami ewolucji Wszechświata i to zarówno w aspekcie klasycznym jak i kwantowym. Habilitant wykazuje, że teorie ze zmienną prędkością światła i zmienna stała grawitacyjną mogą być testowane obserwacyjnie i mogą być alternatywnym scenariuszem ewolucji naszego Wszechświata. Habilitant udowadnia też, że kwantowe wersje modeli ze zmiennymi stałymi mogą prowadzić do regularyzacji osobliwości czasoprzestrzeni. Analizuje on ciekawą koncepcję modelu kosmologicznego jak dwuświata, gdzie dwa wszechświaty oddziałują między sobą przez splątanie kwantowe. Teorię ze zmiennymi stałymi fundamentalnymi, których przedmiotem jest cykl prac przedstawionych przez Habilitanta jako osiągnięcie naukowe nie są standardowym kierunkiem badań w kosmologii. Trzeba tu jednak podkreślić, że standardowe kierunki badań nie doprowadziły do rozwiązania podstawowych problemów obserwacyjnych kosmologii – istnienie ciemnej materii i ciemnej energii. Istnienie osobliwości w standardowych modelach kosmologicznych ciągle pozostaje fundamentalnym nierozwiązanym problemem. Tak więc poszukiwanie alternatywnych wyjaśnień tych kluczowych kwestii jest istotnym kierunkiem badań.

Dorobek Habilitanta składa się z 23 publikacji, w tym 17 recenzowanych. Wszystkie recenzowane publikacje ukazały się w renomowanych czasopismach i ich ogromna większość ukazała się po uzyskaniu stopnia doktora. Zgodnie z serwisem Web of Science prace dr Balcerzaka były cytowane 167 razy (bez cytowań własnych), a jego index Hirscha wynosi 8.

Dr Balcerzak był wykonawcą dwóch projektów Narodowego Centrum Nauki. Wygłosił on szereg referatów na konferencjach krajowych i zagranicznych.

### **Dorobek dydaktyczny i organizacyjny**

Habilitant prowadził szeroki zakres wykładów na Wydziale Matematyczno-Fizycznym Uniwersytetu Szczecińskiego. Był on promotorem pomocniczym jednej pracy doktorskiej na tym Wydziale, która zakończyła się obroną w listopadzie 2017r.

Brał udział w organizacji dwóch konferencji międzynarodowych organizowanych w Szczecinie: *Szóstej Konferencji Polskiego Towarzystwa Relatywistycznego POTOR-6*, wrzesień 2019r. (Przewodniczący Lokalnego Komitetu Organizacyjnego) i konferencji *Varying Constants and Fundamental Cosmology - VARCOSMOFUN'16*, wrzesień 2016r. (Członek Lokalnego Komitetu Organizacyjnego).

Poza tym dr Balcerzak prowadził działalność popularyzującą naukę.

W 2016 roku otrzymał nagrodę "Zachodniopomorski Nobel 2015" w dziedzinie nauk podstawowych, prestiżową nagrodę przyznawaną przez Zachodniopomorski Klub Liderów Nauki.

Podsumowując, uważam, że zarówno osiągnięcie naukowe, jak i całokształt dorobku dr. Adama Balcerzaka spełniają wszelkie ustawowe i zwyczajowe wymogi stawiane osobom ubiegającym się o stopień doktora habilitowanego, opowiadam się zatem za jego nadaniem.

Prof. dr hab. Andrzej Królak



Instytut Matematyczny  
Polska Akademia Nauk