



UNIWERSYTET  
ZIELONOGÓRSKI

## Wydział Fizyki i Astronomii

INSTYTUT ASTRONOMII im. profesora Janusza Gila

Ul. Prof. Szafrana 2, 65-516 Zielona Góra

tel. (68) 328 73 60; fax: (68) 328 73 60

e-mail: [ia@astro.ia.uz.zgora.pl](mailto:ia@astro.ia.uz.zgora.pl); <http://astro.ia.uz.zgora.pl>

Dr hab. Dorota Rosińska  
Instytut Astronomii  
Uniwersytet Zielonogórski

### **Recenzja osiągnięcia naukowego „Fale grawitacyjne jako metoda badania wnętr gwiazd neutronowych” i dorobku naukowego dr Brynmor Dylan Luigi Haskell**

Dr Haskell ukończył studia na Uniwersytecie w Pizie w 2003 roku. Jego praca magisterska napisana pod kierunkiem prof. Valeria Ferrari dotyczyła badania koalescencji układów podwójnych gwiazd neutronowych przy zastosowaniu zarówno podejścia post-newtonowskiego jak i perturbacyjnego. W roku 2007 obronił rozprawę doktorską zatytułowaną „Fale grawitacyjne ze zdeformowanych gwiazd neutronowych” pod kierunkiem prof. Nilsa Andressona na Uniwersytecie w Southampton. Po uzyskaniu doktoratu dr Brynmor Haskell pracował na Uniwersytecie w Southampton w latach 2007-2010, następnie na Uniwersytecie w Amsterdamie (2010-2012), w Albert Einstein Institute w Golm (2012-2013) oraz na Uniwersytecie w Melbourne (2013-2016). Od 2016 zatrudniony jest na stanowisku adiunkta w Centrum Astronomicznym im. Mikołaja Kopernika PAN w Warszawie. Zarówno praca magisterska, praca doktorska jak i rozprawa habilitacyjna poświęcone są gwiazdom neutronowym jako źródłom fal grawitacyjnych w zakresie czułości naziemnych detektorów typu Advanced Ligo/Virgo. Badania prowadzone przez dr Haskell i jego współpracowników są bardzo istotne biorąc pod uwagę przełomowe detekcje fal grawitacyjnych z układów podwójnych czarnych dziur i gwiazd neutronowych ogłoszone przez zespół Advanced Virgo/LIGO w latach 2016-2017. Odkrycia te pokazują, że mamy nowy sposób obserwacji Wszechświata. W ciągu najbliższych kilku lat czułość tych detektorów będzie stopniowo zwiększana. W roku 2019 zaczną obserwacje detektor Kagra w Japonii, a kilka lat później detektor Ligo w Indiach. Planowane są również 10-krotnie bardziej czułe detektory 3ciej generacji. Daje to nadzieję na weryfikację przewidywań teoretycznych dotyczących struktury wewnętrznej gwiazd neutronowych, jak i na lepsze poznanie mechanizmów prowadzących do emisji fal grawitacyjnych.

Przedstawione mi do oceny osiągnięcie naukowe dr Brynmora Haskell pt. „Fale grawitacyjne jako metoda badania wnętr gwiazd neutronowych”, stanowiące rozprawę habilitacyjną, składa się z jednej publikacji jednoautorskiej będącej artykułem przeglądowym oraz ośmiu publikacji współautorskich opublikowanych w latach 2009-2017. Sześć artykułów ukazało się w Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, a trzy pozostałe w Astrophysical Journals Letters, Physical Review Letters oraz International Journal of Modern Physics E. Prace te cytowane są ponad 300 razy. Najbardziej cytowane artykuły to P5 (63 cytowań) „Constraining the physics of r-mode instability with X-ray and UV observations”, P6 (56 cytowań) „On the universality of I-Love-

Q relations in magnetized neutron stars” oraz P1 (46 cytowań) „R-modes and mutual friction in rapidly rotating superfluid neutron stars”. Habilitant jest pierwszym autorem w 7 artykułach wieloautorskich w których według przedstawionych oświadczeń jego wkład jest dominujący (większy niż 60 %). Jedynie w pracy P2 „Oscillations of rapidly rotating superfluid stars” wkład dr Haskella jest mniejszy.

W rozprawie habilitacyjnej dr Brynmor Haskell bada w sposób systematyczny i wnikliwy różne scenariusze emisji fal grawitacyjnych z gwiazd neutronowych przy uwzględnieniu temperatur, spinów i pól magnetycznych gwiazd neutronowych zgodnych z obserwacjami. Wyniki uzyskiwane są dla różnych równań stanu materii gęstej. Rotujące gwiazdy neutronowe mogą podlegać różnego typu niestabilnościom rotacyjnym prowadzącym do emisji fal grawitacyjnych. Najbardziej obiecującą niestabilnością są tzw mody r. Znaczeniu tej niestabilności w LMXBs poświęcone są publikacje P1-P3, P5, P7, P8. Klasyczne prace pokazują, że mod r może być istotny jedynie dla pewnego zakresu spinów i temperatur wewnętrznych gwiazd neutronowych. W niskich temperaturach jest on silnie tłumiony przez lepkość (P1, P8). W przypadku występowania hiperonów w rdzeniu nadciekłej gwiazdy neutronowej może występować znacznie większe tłumienie w niskich temperaturach niż w klasycznym przypadku (P3). Jednym z najważniejszych wyników otrzymanych przez habilitanta było wykorzystanie obserwacji rentgenowskich LMXBs w celu wyznaczenia temperatur i spinów gwiazd neutronowych i nałożenia ograniczeń na fizykę fal grawitacyjnych (publikacja P5).

W pracy P9 dr Haskell uzyskał bardzo ciekawe wyniki jeśli chodzi o możliwość emisji fal grawitacyjnych z pulsara przejściowego PSR J1023+0038, który okresowo akreując materię widoczny jest jako pulsar rentgenowski. Obserwacje pokazują, że podczas akrecji pulsar znacznie szybciej spowalnia niż wynika to ze standardowych modeli akrecji. Może być to związane z powstaniem asymetrii (tzw góry termicznej) podczas akrecji materii na gwiazdę neutronową i emisji fal grawitacyjnych. Obserwacje stadium radiowego mogą pozwolić narzucić ograniczenia na wielkość powstałej asymetrii. W innych układach przejściowych akreujących w większym tempie albo przez dłuższy czas, asymetria gwiazdy neutronowej mogłaby być większa i utrzymywać się przez okres kilku lat. Dawałoby to realną szansę na rejestrację ciągłego sygnału fal grawitacyjnych przez naziemnie detektory. Dr Haskell przeanalizował pod tym kątem dużą próbkę układów akreujących w publikacji nie wchodzącej w skład rozprawy habilitacyjnej.

W pracy P6 habilitant pokazał, w ramach ogólnej teorii względności, że uniwersalna relacja I Love Q, czyli relacja pomiędzy momentem bezwładności gwiazdy neutronowej, pływową liczbą Love i momentem kwadrupolowym, niezależy od równania stanu dla wolnorotujących, nienamagnetyzowanych gwiazd neutronowych w układach podwójnych jest również spełniona dla gwiazd neutronowych o polach magnetycznych mniejszych niż  $10^{12}$  G i okresach rotacji mniejszych niż kilka sekund. Jest to bardzo ważny wynik, pozwalający stosować tę relację w przypadku większości układów podwójnych gwiazd neutronowych jakie mogą być zaobserwowane przez detektory Advanced Ligo/Virgo.

W dorobku dr Haskell, który nie wszedł w skład rozprawy habilitacyjnej na szczególną uwagę zasługują prace poświęcone modelowaniu gliczy, czyli obserwowanych nagłych zmian okresów pulsacji w przypadku niektórych pulsarów. Prace habilitanta pokazują, że zmiany te mogą być konsekwencją tworzenia się par w nadciekłych wnętrzach gwiazd neutronowych. Całkowity dorobek dr Haskell to 50 publikacji opublikowanych w latach 2006-2018, w tym 44 artykuły ukazały się w renomowanych czasopismach recenzowanych. Obecnie według bazy NASA ADS prace te były cytowane prawie 1200 razy, a indeks Hirscha wynosi 22. Warto podkreślić, że habilitant jest pierwszym bądź jedynym autorem 28 publikacji, cytowanych ponad 700 razy, z czego 7 artykułów ma cytację powyżej 50. Większość z tych prac została opublikowana po doktoracie. Habilitant jest również autorem dwóch zaproszonych artykułów przeglądowych na temat r-modów w gwiazdach neutronowych prowadzących do emisji fal grawitacyjnych oraz mechanizmów odpowiedzialnych za gliche w pulsarach. Jest to znakomity wynik na tym etapie kariery naukowej, świadczący o samodzielności i dojrzałości habilitanta oraz o dużym znaczeniu prowadzonych przez niego badań.

Habilitant jako ekspert w dziedzinie gwiazd neutronowych był wielokrotnie zapraszany do wygłoszenia wykładów na konferencjach międzynarodowych i w instytucjach naukowych oraz do recenzji artykułów naukowych w prestiżowych czasopismach

recenzowanych i do oceny projektów badawczych w konkursach międzynarodowych. Był też organizatorem kilku konferencji międzynarodowych. Warto podkreślić, że dr Haskell reprezentuje Polskę w Management Committee akcji COST CA16214 Pharos „*The multimessenger physics and astrophysics of neutron stars*”. Jest również członkiem EAS, PTA oraz Australasian Society for General Relativity and Gravitation.

Dr Haskell bierze aktywny udział w pozyskiwaniu środków na swoje badania. Był kierownikiem dwóch projektów Marie Curie oraz DECRA fellowship. Od 2016 jest kierownikiem projektu NCN Sonata Bis „Superfluid neutron star dynamics” dzięki któremu zaczął tworzyć zespół badawczy w CAMK PAN w Warszawie. Habilitant ma duże doświadczenie dydaktyczne choć pracuje w instytucie typowo naukowym. W 2007 będąc zatrudniony jako nauczyciel akademicki na Uniwersytecie w Southampton prowadził samodzielnie kurs „Complex variables and transforms”. W latach 2008-2016 współprowadził wykłady z zakresu astrofizyki relatywistycznej, matematyki i elektroniki na uniwersytetach w Amsterdamie, Mediolanie i Southampton.

Podsumowując stwierdzam, że rozprawa habilitacyjna dr Brynmona Haskella „Fale grawitacyjne jako metoda badania wnętrza gwiazd neutronowych” zawiera wiele oryginalnych i ważnych wyników naukowych umożliwiających konfrontację przewidywań teoretycznych z przyszłymi detekcjami fal grawitacyjnych z układów podwójnych gwiazd neutronowych oraz rotujących gwiazd neutronowych np. w LMXBs. Pozwoli to narzucić ograniczenia na równanie stanu gwiazd neutronowych oraz uzyskać spójny obraz warunków w nich panujących. Uzyskane przez habilitanta wyniki naukowe wnoszą istotny wkład w dziedzinę astrofizyki obiektów zwartych oraz astrofizyki fal grawitacyjnych.

Przedstawione mi do oceny osiągnięcie naukowe stanowiące rozprawę habilitacyjną dr Haskella oraz jego dorobek naukowy, organizacyjny i dydaktyczny spełniają z naddatkiem ustawowe i zwyczajowe wymogi stawiane w przewodzie habilitacyjnym. Gorąco popieram nadanie dr B. Haskellowi stopnia doktora habilitowanego.



dr hab. Dorota Rosińska

