

Prof. dr hab. Marek Rogatko
Katedra Fizyki Teoretycznej
Grupa Astrofizyki i Teorii Grawitacji
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej
w Lublinie

Lublin, 27.10.22

Recenzja pracy doktorskiej Paritoshy Verma pt.
“Gravitational dipole and quadrupole radiation from pulsars”.

Rozprawa doktorska Paritoshy Verma zawiera 100 stron druku, składa się z pięciu rozdziałów, dodatku oraz spisu literatury. Rozprawa napisana została w języku angielskim. Promotorem rozprawy doktorskiej jest prof. A. Królak.

W **rozdziale I** autor przedstawia ogólne wprowadzenie do tematu fal grawitacyjnych. Opisuje potencjalne źródła fal grawitacyjnych takie jak układy podwójne, gwiazdy supernowe, rotujące gwiazdy neutronowe oraz pierwotne fale grawitacyjne. Część końcowa rozdziału poświęcona jest detektorom fal, zarówno współczesnym jak i przyszłym realizacjom.

Rozdział II poświęcony jest skalarno-tensorowemu uogólnieniu teorii grawitacji Einsteina, tak zwanej teorii Bransa-Dickego (BD). Po wprowadzeniu do tematu, autor przedstawia możliwe eksperymentalne testy teorii BD, dla przypadku postnewtonowskiego i parametryzowanego postnewtonowskiego formalizmu, a także dla przypadku słabego i silnego pola. Szczegółowo zostały wyprowadzone wzory na polaryzację gdy działanie teorii zapisano w układzie Jordana-Fierzera. Teoria BD posiada trzy stopnie swobody, dwa identyczne jak w teorii Einsteina (dwie tensorowe polaryzacje) i dodatkowo, polaryzację skalarną związaną z tzw. 0-spinową grawitacją.

Rozdział III dotyczy emisji fal grawitacyjnych z rotujących gwiazd neutronowych opisywanych teorią BD. W części pierwszej wyprowadzone zostały wzory na momenty multipolowe, przy założeniu że rozważana gwiazda jest sferycznie symetryczna z masą punktową (stanowiącą

zaburzenie symetrii sferycznej) umieszczoną w kierunku współrzędnej x , w odległości równej promieniowi gwiazdy. W dalszej części autor przeprowadza analizę sygnału fali grawitacyjnej emitowanej z tego obiektu, na podstawie metody przedstawionej w monografii [P. Jaranowski and A. Królak, 'Analysis of gravitational-wave data', Cambridge University Press, 2009]. Policzone zostają tensorowe i skalarne składowe polaryzacji. W celu znalezienia odpowiedzi detektora na sygnał emitowany z rotujące gwiazdy użyto metody opisanej w [P. Jaranowski, A. Królak, and B. F. Schutz. 'Data analysis of gravitational-wave signals from spinning neutron stars: The signal and its detection', Physical Review D 58 (1998), 063001]. Rozdział trzeci kończy statystyka detekcji i ustalenie parametrów estymacji.

Ustalenia otrzymane w rozdziale III testowane są przy pomocy metody Monte Carlo, w **rozdziale IV**, w którym każda symulacja zawiera sygnał generowany z obliczeń w poprzednim rozdziale oraz szum gaussowski. Następnie dla każdej symulacji zastosowane zostały odpowiednie statystyki i ustalono wartości czterech amplitud kwadropułowych i dwu dipolowych.

Rozdział V dotyczy poszukiwań śladów ciągłych fal grawitacyjnych emitowanych przez pulsary (ślady promieniowania dipolowego wysyłanego przez pulsary w teorii BD). Zdefiniowano podstawowe terminy używane w tego rodzaju badaniach, wyjaśniono metody badania tego rodzaju fal oraz metody ich statystycznej analizy. Przebadano 23 pulsary używając odpowiednich statystyk, nie zaobserwowano statystycznie istotnego sygnału. Natomiast otrzymano górne granice oszacowań na amplitudy fal grawitacyjnych.

Praca uzupełniona jest dodatkami, które zawierają podstawowe narzędzia do wyliczania sygnałów fal grawitacyjnych emitowanych z pulsarów, jak również przedstawiają podstawy statystycznej teorii detekcji sygnałów oraz estymacji parametrów sygnałów okresowych.

Praca doktorska jest napisana klarownie, rysunki wykonane są starannie i czytelnie. Brak tylko w rozdziale I informacji skąd pochodzą ilustracje tam zamieszczone. Rozprawa dokumentuje ciekawą pracę badawczą o znaczeniu dla naszego rozumienia emisji fal grawitacyjnych z obiektów zwartych, w teoriach grawitacji stanowiących uogólnienie grawitacji Einsteina.

Podsumowując stwierdzam, że mgr Paritosh Verma wykazał się bardzo dobrą znajomością zaawansowanych metod ogólnej teorii względności oraz statystycznych używanych w teorii fal grawitacyjnych.

Autor w ciekawy sposób połączył teoretyczne rozważania z analizą danych obserwacyjnych, dokonując weryfikacji podejścia teoretycznego do problemu emisji fal grawitacyjnych z rotujących

gwiazd neutronowych w teorii BD.

Treści przedstawione w rozprawie wpisują się w aktualny nurt poszukiwania śladów alternatywnych teorii grawitacji i fizyki poza modelem standardowym, z danych otrzymanych podczas detekcji fal grawitacyjnych.

Treści zawarte w rozprawie doktorskiej odnoszą się częściowo do oryginalnych rezultatów badań doktoranta uzyskanych we współpracy ze swoim promotorem prof. A. Królakiem. Zostały one opublikowane w czasopiśmie Universe i Astrophysical Journal.

Z tego względu moja pozytywna ocena pracy doktorskiej ma swoje potwierdzenie w opiniach specjalistów redakcyjnych przyjmujących prace do druku.

Mój końcowy wniosek jest oczywiście pozytywny i wnoszę o dopuszczenie mgr. Paritoshy Verma do dalszego postępowania w przewodzie doktorskim.