

**Popularnonaukowy opis badań naukowych przygotowywanych w ramach
przygotowywanej rozprawy doktorskiej pod tytułem „Rotating neutron stars: dense-
matter interiors and gravitational-wave searches using the time-domain F-statistic
method”**

Jedną z konsekwencji Ogólnej Teorii Względności Einsteina jest istnienie fal grawitacyjnych, czyli zaburzeń geometrii czasoprzestrzeni propagujących się z prędkością światła. Na potwierdzenie, że fale grawitacyjne są rzeczywistym zjawiskiem fizycznym i mogą być obserwowane, czekaliśmy ponad sto lat - dopiero w 2015 roku po raz pierwszy udało się zaobserwować pierwszy sygnał fal grawitacyjnych, pochodzący ze zderzenia dwóch czarnych dziur. Do tamtego momentu głównym sposobem obserwacji Wszechświata i zdobywania informacji na temat obiektów i procesów astrofizycznych była astronomia fal elektromagnetycznych. Rok 2015 był momentem narodzin nowej gałęzi nauki: astronomii fal grawitacyjnych. Dotychczas zarejestrowano pięć zderzeń układów podwójnych czarnych dziur i jednego gwiazd neutronowych. Takie obserwacje wymagają niezwykle precyzyjnych instrumentów. Obecnie na świecie istnieją trzy dostatecznie czułe detektory (2 interferometry LIGO w USA i jeden Virgo we Włoszech), które wspólnie poszukują sygnału fal grawitacyjnych w ramach współpracy LIGO-Virgo.

Dotychczasowy sukces projektu LIGO-Virgo sugeruje, że w przyszłości, gdy detektory zostaną zmodernizowane, możemy liczyć na kolejne obserwacje fal grawitacyjnych, w tym także bardziej subtelnych sygnałów, np. pochodzących z rotujących lub oscylujących gwiazd neutronowych. Takie detekcje dostarczą cennych informacji na temat wnętrza obiektów zwartych oraz procesów powodujących emisję promieniowania grawitacyjnego. Gwiazdy neutronowe to najbardziej tajemnicze i ekstremalne obiekty we Wszechświecie: w kuli o promieniu zaledwie kilkunastu kilometrów jest skupiona masa nawet dwóch mas Słońca. To sprawia, że materia poddana jest ogromnemu ciśnieniu. Takich warunków nie jesteśmy w stanie odtworzyć w ziemskich laboratoriach, dlatego wciąż nie wiadomo, jakie modele i teorie fizyczne najlepiej opisują wnętrza gwiazd neutronowych.

W naszych badaniach analizujemy różne astrofizyczne modele budowy wnętrza gwiazd neutronowych. Testujemy opisy proponowane w literaturze oraz opracowujemy własne. Sprawdzamy jakich informacji o własnościach materii budującej gwiazdy neutronowe dostarczą najdokładniejsze obserwacje tych obiektów w falach elektromagnetycznych (misje NICER i ATHENA). Zajmujemy się też zagadnieniem tzw. bliźniaczych gwiazd neutronowych, czyli obiektów które mają taką samą masę, lecz inny promień. Jeżeli udałoby się pozyskać obserwacyjne dowody na istnienie „bliźniaków”, otrzymalibyśmy bardzo interesujące ograniczenia na budowę wnętrza gwiazd neutronowych, a co za tym idzie byłibyśmy znacznie bliżej rozwiązania zagadki właściwości super-gęstej materii.

Równoległym projektem jest poszukiwanie i analiza danych periodycznych fal grawitacyjnych, pochodzących od zdeformowanych, rotujących gwiazd neutronowych, (w przyszłości dodamy także poszukiwania sygnałów pochodzących z oscylacji obiektów zwartych), w oparciu o rozwijane w polskiej grupie metody analizy danych. Jest to obiecująca metoda badania astrofizyki wnętrza gwiazd neutronowych, która w przyszłości dostarczy cennych informacji o budowie i fizyce obiektów zwartych, nieosiągalnych z analizy obserwacji elektromagnetycznych.

Jako członkowie grupy Polgraw, która jest częścią konsorcjum LIGO-Virgo, mamy bezpośredni dostęp do danych ze wszystkich trzech detektorów. Współpracujemy także z innymi ośrodkami naukowymi na całym świecie, zajmującymi się budowaniem i charakterystyką detektorów fal grawitacyjnych, analizą danych i ich astrofizyczną interpretacją.