

# Streszczenie

Rozprawa doktorska zatytułowana "Badanie gwiazd klasycznego pasa niestabilności metodami asterosejsmologii" jest poświęcona badaniu gwiazd RR Lutni, Cefeid klasycznych oraz gwiazd typu  $\delta$  Scuti pulsujących w modach radialnych.

Gwiazdy RR Lutni i Cefeidy klasyczne to klasyczne gwiazdy pulsujące. Są ważnym narzędziem w astrofizyce ze względu na możliwość wyznaczania odległości z ich pomocą. Do tej pory jednak, poza pojedynczymi wyjątkami, nie były interesującymi obiektami do badania ich z wykorzystaniem metod asterosejsmologii. Ich pulsacje są typowo radialne, jedno bądź dwumodalne, przez co w zasadzie nie ma ograniczeń na parametry fizyczne podczas modelowania. Ostatnie odkrycia dodatkowych modów nieradialnych w gwiazdach RR Lutni i Cefeidach pozwalają po raz pierwszy na szerokie zbadanie tych gwiazd metodami asterosejsmologii.

Gwiazdy  $\delta$  Scuti to bardzo różnorodna grupa gwiazd zlokalizowana na diagramie Hertzsprunga-Russela na przecięciu klasycznego pasa niestabilności z ciągiem głównym. Należą do niej gwiazdy na różnych etapach ewolucji, a także o zakresie mas odpowiadającym zmianie struktury wewnętrznej gwiazdy (pojawienie się konwektywnego jądra). Gwiazdy  $\delta$  Scuti typowo pulsują w licznych modach nieradialnych o niskich amplitudach, a identyfikacja modów, konieczna do modelowania asterosejsmicznego, nie jest prosta. Gwiazdy  $\delta$  Scuti pulsujące w kilku modach radialnych (gwiazdy HADS oraz SX Phoenicis) pozwalają na identyfikację modów na podstawie stosunków okresów. Dzięki temu takie gwiazdy mogą zostać wykorzystane do badania asterosejsmicznego.

Głównym celem rozprawy jest zbadanie gwiazd RR Lutni, Cefeid oraz  $\delta$  Scuti z wykorzystaniem metod asterosejsmologii. Gwiazdy te zostały zbadane zarówno od strony obserwacyjnej jak i teoretycznej. W obserwacyjnej części przeprowadzone było poszukiwanie odpowiednich obiektów do modelowania. W części teoretycznej przeprowadzono modelowanie asterosejsmiczne wyselekcjonowanych wcześniej gwiazd.

Pierwsza część rozprawy jest poświęcona gwiazdom typu RR Lutni oraz Cefeidom klasycznym, które wykazują pulsacje w dodatkowych modach nieradialnych. W rozdziale 2 zaprezentowane są wyniki poszukiwania gwiazd RR Lutni z dodatkowymi sygnałami, tworzącymi charakterystyczny stosunek okresów z okresem pierwszego owertonu, w zakresie 0.60 – 0.65, na podstawie analizy fotometrii z projektu OGLE dla pół zgrubienia centralnego Galaktyki. Analiza ta pozwoliła na sklasyfikowanie niemal 1000 gwiazd RR Lutni z modami nieradialnymi, co odpowiada 95% znanych obecnie gwiazd tego typu. W rozdziale 2 przedstawiona jest charakterystyka grupy oraz dyskusja obserwowanych cech tych gwiazd w kontekście zaproponowanego wyjaśnienia natury dodatkowych sygnałów jako modów nieradialnych o stopniach 8 i 9. Otrzymane wyniki potwierdziły przewidywania zaproponowanego modelu co stanowi silny argument za jego poprawnością.

W rozdziale 3 przedstawione są wyniki badania przydatności obserwacji spektroskopowych do analizy modów nieradialnych w Cefeidach klasycznych. Celem tego rozdziału jest odpowiedzenie na pytanie, czy jest możliwość detekcji, w obserwacjach spektroskopowych, zmienności związanej z dodatkowymi modami nieradialnymi w Cefeidach klasycznych. Przeanalizowałam

serie syntetycznych profili linii widmowych. Na tej podstawie przedyskutowałam warunki, jakie muszą spełniać obserwacje spektroskopowe, aby zwiększyć szansę na detekcję modów nieradialnych o relatywnie wysokich stopniach.

Rozdział 4 poświęcony jest modelowaniu asterosejsmicznemu gwiazd RR Lutni z dodatkowymi modami nieradialnymi, przy założeniu, że model identyfikujący je jako mody o stopniach 8 i 9 jest poprawny. W analizie uwzględniono gwiazdy trójmodalne wyselekcjonowane głównie podczas analizy w rozdziale 2. Wykorzystując otoczkowy kod pulsacyjny oszacowano parametry fizyczne badanych gwiazd RR Lutni. Wykorzystanie gwiazd RR Lutni w modelowaniu asterosejsmicznym jest innowacyjne i jest to pierwsze takie modelowanie w literaturze, które jest jednocześnie kolejnym testem teorii dotyczącej natury obserwowanych sygnałów. Na podstawie modelowania otrzymałam oszacowania parametrów fizycznych gwiazd RR Lutni. Oszacowania mas są szczególnie istotne, ponieważ do tej pory nie jest znana gwiazda RR Lutni w zaćmieniowym układzie podwójnym, umożliwiającą bezpośrednie obserwacyjne wyznaczenie masy.

Druga część rozprawy jest poświęcona badaniu gwiazd typu  $\delta$  Scuti pulsujących w modach radialnych. Rozdział 5 zawiera wyniki analizy obserwacji fotometrycznych gwiazd  $\delta$  Scuti obserwowanych przez projekt OGLE w polach zgrubienia centralnego Galaktyki. Jest to największa znana próbka gwiazd  $\delta$  Scuti. Celem analizy była selekcja gwiazd  $\delta$  Scuti pulsujących w co najmniej trzech modach radialnych jednocześnie. Wyselekcjonowane gwiazdy zostały zbadane na gruncie teoretycznym w rozdziale 6. Celem analizy przedstawionej w rozdziale 6 było oszacowanie parametrów fizycznych dużej liczby wielomodalnych radialnych gwiazd  $\delta$  Scuti na podstawie modelowania asterosejsmicznego. Pozwoliło to na analizę rozkładów parametrów w populacji, które zostały porównane z wynikami z literatury.