Poznań, 25 grudnia 2021 r.

Recenzja rozprawy doktorskiej mgra Adama Blokesza pt.
„Analiza widma fourierowskiego w pobliżu częstości krytycznej wybranych obiektów pulsujących w modach grawitacyjnych obserwowanych sondą Kepler"

Rozprawa doktorska mgr Adama Blokesza przedstawia wyniki analiz krzywych zmian jasności pulsujących podkarłów typu B obserwowanych przez misję Kepler. Autor przedstawia interpretację sygnałów uzyskanych dla wybranych dwudziestu obiektów, w oparciu o: analizę fourierowską, symulacje efektu odbicia światła gwiazdy od planety, metodę opóźnień czasowych oraz symulacje oddziaływania grawitacyjnego. Otrzymane wyniki pozwoliły na weryfikację istnienia egzoplanet wokół gwiazd opisanych przez Charpineta i in. (2011), Silvotti'ego i in. (2014) oraz wokół układu podwójnego z pulsującym podkarłem opisanym przez Barana i in. (2015). Tematyka rozprawy jest interesująca i bardzo aktualna, ponieważ dotyczy badania gwiazd lub układów podwójnych, wokół których potencjalnie mogą znajdować się planety.

Niniejsza rozprawa powstała w oparciu o dane obserwacyjne, zgromadzone przez sondę Kepler, dla 20 pulsujących podkarłów typu B, a więc bardzo szczególnego typu obiektów z ekstremalnej gałęzi horyzontalnej diagramu HR, które przeszły fazę czerwonego olbrzyma. Wyniki rozprawy zostały częściowo opublikowane w dwóch artykułach: Blokesz i in. 2019 (A&A 627, A86) oraz Krzesiński, Blokesz i in. 2020 (A&A 642, A105) oraz w materiałach z kilku konferencji.

Zawartość rozprawy jest zgodna z jej tytułem. W pierwszej części pracy opisane są użyte metody analizy fourierowskiej i symulacji efektu odbicia światła od planety oraz warsztat pracy autora, w tym programy - do analiz fourierowskich oraz wyznaczania opóźnień czasowych (sporządzania tzw. binarogramów). W drugiej części rozprawy przedstawione zostały wyniki analiz danych obserwacyjnych oraz symulacje potwierdzające brak planet wokół badanych obiektów.

Chociaż głównym zadaniem sondy Kepler było poszukiwanie egzoplanet wokół gwiazd ciągu głównego metodą tranzytów, dane zgromadzone dla gwiazd pulsujących są bogatym źródłem informacji o ich zmienności, zwłaszcza ze względu na długie okresy prowadzonych obserwacji fotometrycznych, a także są potencjalnym źródłem informacji o istniejących wokół nich planetach. W celu przebadania krzywych zmian blasku wybranych 20 pulsujących podkarłów typu B,

zaobserwowanych w pierwszej części misji Kepler (K1), nie skorzystano z oryginalnego oprogramowania (Kepler data processing pipeline) i automatycznie uzyskiwanych krzywych zmian jasności. Autor przeprowadził ponowną fotometrię obrazów CCD z misji Kepler, za pomocą pakietu PyKE, analizując indywidualnie każdy przypadek. Celem tego podejścia było poprawienie stosunku sygnału do szumu (S/N) na krzywych zmian blasku. Szkoda, że w pracy nie zamieszczono choćby fragmentu krzywej zmian blasku uzyskanej przez autora i jej odpowiednika uzyskanego "pipelinem". Dość niejasny dla mnie jest opis procedury fotometrii aperturowej oraz rysunku 15. W rozprawie autor szczegółowo analizował każdy z wybranych obiektów. Ponadto w celu rozróżnienia pomiędzy sygnałami pochodzącymi od pulsującej gwiazdy i potencjalnie istniejącej wokół niej planety, wykonane zostały symulacje sygnału pochodzącego od planety. W pracy autor skupił się szczególnie na sygnałach o niskich częstotliwościach mogących pochodzić od egzoplanet, krążących wokół badanych gwiazd lub układów, a także wykazał jak ważna jest prawidłowa redukcja danych obserwacyjnych.

Najciekawsze wyniki rozprawy dotyczą ekstremalnie ciasnych układów planetarnych opisanych przez Charpinet'a i in. (2011) i Silvotti'ego i in. (2014). Twierdzili oni, że sygnały obserwowane w periodogramach krzywych zmian blasku tych gwiazd, w zakresie niskich częstotliwości, nie mogą być wytłumaczone kombinacją modów pulsacyjnych o wysokich amplitudach i pochodzą od obiegających je planet. W obu przypadkach autor rozprawy wykazał, że obserwowane sygnały są raczej kombinacjami modów o pośrednich amplitudach lub zależą od sposobu redukcji danych (i są w związku z tym artefaktami), a co za tym idzie nie mogą pochodzić od planet. Ponadto w przypadku układu podwójnego z planetą opisanego przez Barana i in. (2015) doktorant wykazał, że obecność planety o masie większej niż 1.5M_J wydaje się być wątpliwa. Kolejne analizy dotyczyły układów podwójnych gwiazd, w których jeden składnik jest pulsującym podkarłem typu B. W rozprawie po raz pierwszy z powodzeniem zastosowano metodę binarogramów do układów podwójnych. W żadnym z rozpatrywanych przypadków nie wykryto sygnałów od planety (głównie z powodu wysokich progów detekcji w uzyskiwanych binarogramach). Podobnie było w przypadku analiz gwiazd pojedynczych, dla których również nie znaleziono towarzyszących im planet. Jedynie przy dwóch gwiazdach możliwe jest istnienie obiektów o masach większych niż 153M_J i 232M_J, czyli znacznie przekraczających limit masy dla planet.

Ponieważ w przypadku wszystkich badanych obiektów pojedynczych i podwójnych nie stwierdzono obecności egzoplanet, autor wykonał symulacje grawitacyjne, które potwierdziły szybkie tempo opadania planety na jądro gwiazdy w fazie czerwonego olbrzyma. Myślę, że ciekawym uzupełnieniem tych badań byłoby sprawdzenie istnienia planet, na orbitach większych

niż promień gwiazdy w fazie czerwonego olbrzyma. Czy ewolucja gwiazdy ma wpływ na istnienie takich planet? Czy takie badania były prowadzone? Wiadomo, że odkryto układy planetarne wokół podolbrzymów i olbrzymów np. w ramach Pennsylwańsko-Toruńskiego Projektu Poszukiwań Planet lub innych projektów.

Strona redakcyjna pracy jest całkiem dobra, choć z pewnością złożenie pracy w Latex'u (lub jak niektórzy mówią w Latex'ie) poprawiłoby ją od strony wizualnej, a także uchroniłoby autora od braku usystematyzowania bibliografii i braków w samym spisie literatury: Jones & Jenkins 2014, Silvotti i in. 2007, Geier i in. 2009, Heber 2016, Rasio i in. 1996, Gansicke i in. 2019, Veras i in. 2016 itd. W rozprawie praktycznie nie ma literówek, czasem pojawiają się błędy gramatyczne (str. 81 "z których osiem występuje w krótkookresowymi układów podwójnych", str. 86: "dzięki czemu rozszerzono") czy kalki z angielskiego (str. 82: "Term 1", "Term 2"...). Ponadto moim zdaniem rysunki, które zostały opublikowane wcześniej np. w *Astronomy and Astrophysics* powinny posiadać odpowiednie referencje (rysunki: 20, 21, 32, 33 itd.). Ponieważ praca napisana jest w formie bezosobowej wkład autora do rozprawy nie jest w pełni oczywisty.

Podsumowując uważam, że wyniki zawarte w rozprawie są interesujące i oryginalne. Autor wykazał się bardzo dobrą znajomością warsztatu naukowego, literatury, szczegółowo opracował i zanalizował dane z sondy Kepler oraz poparł je symulacjami. Moim zdaniem przedstawiona rozprawa spełnia wszystkie ustawowe i zwyczajowe wymogi stawiane pracom doktorskim. Co bardzo ważne, autor pokazał że jest dojrzałym i dobrze orientującym się w wybranej dziedzinie badań naukowcem. Otrzymane wyniki są ciekawe, jednocześnie mocno podważają wcześniej opublikowane rezultaty badań, prowadzone przez inne grupy naukowe.

Wnoszę o dopuszczenie mgra Adama Blokesza do dalszych etapów postępowania doktorskiego.

A. Kryszczyńska

Prof. UAM dr hab. Agnieszka Kryszczyńska

Instytut Obserwatorium Astronomiczne UAM