ul. Bartycka 18, 00-716 Warszawa
tel: (22) 841 00 41, (22) 3296 100
fax: (22) 841 00 46
email: camk@camk.edu.pl
http://www.camk.edu.pl

CENTRUM ASTRONOMICZNE IM. MIKOŁAJA KOPERNIKA PAN

Toruń, 30 listopada 2016

Prof. dr hab. Maciej Konacki
Centrum Astronomiczne im. Mikołaja Kopernika
Polska Akademia Nauk

Recenzja pracy doktorskiej „Asterosejsmologia zespołowa młodych gromad otwartych"
autorstwa mgr Dawida Moździerskiego

Przedstawiona mi do oceny rozprawa doktorska liczy sobie 132 strony. Z wyłączeniem stron początkowych, spisu treści i bibliografii główna część pracy to 110 strony podzielonych na 4 rozdziały. Zasadnicze naukowe wyniki pracy zawarte są w dwóch rozdziałach: drugim dotyczącym poszukiwania gwiazd zmiennych w gromadach NGC 457, IC 4996 i IC 1805 oraz trzecim, najbardziej obszernym, dotyczącym asterosejsmologii zespołowej gwiazd typu beta Cephei w gromadzie NGC 6910. Praca napisana jest starannie i stanowi dobrą lekturę nawet dla czytelnika, który na co dzień zajmuje się astronomią gwiazdową ale z asterosejsmologią ma zazwyczaj niewiele do czynienia. Doceniam też wysoką jakość ilustracji, które dla astronomii obserwacyjnej są szczególnie ważne i stanowią istotne narzędzie komunikacji. Autor ze swobodą posługuje się całym arsenałem narzędzi badawczych, które obejmują pakiety do redukcji i analizy obserwacji fotometrycznych i spektroskopowych, modelowania widm gwiazdowych, modelowania ścieżek ewolucyjnych i pulsacji. Testują one niezbędny zestaw umiejętności wymaganych przy samodzielnej pracy w obszarze astronomii gwiazdowej.

Celem pracy było wykorzystanie unikatowych własności gromad otwartych do przeprowadzenia analizy asterosejsmologicznej gwiazd pulsujących beta Cephei poprzez zastosowanie asterosejsmologii zespołowej, która pozwala ominąć niektóre problemy klasycznej asterosejsmologii, np. warunek dokładnej identyfikacji fotometrycznej lub spektroskopowej modów pulsacji. Rozprawa ma dwa filary: pierwszym jest prezentacja wyników poszukiwania gwiazd zmiennych w trzech gromadach otwartych NGC 457, IC 4996 i IC 1805 o wieku od kilku do około 20 milionów lat. Daje to możliwość eksploracji czynników warunkujących wzbudzenie lub możliwość detekcji pulsacji gwiazd. Drugim filarem jest zespołowa asterosejsmologia gwiazd z gromady NGC 6910 oparta o fotometrię i spektroskopię dziewięciu gwiazd pulsujących i towarzyszące temu modelowanie pulsacji. Tego typu analiza daje m.in. możliwość precyzyjnego wyznaczenia parametrów badanych gwiazd i wieku gromady.

Wynikiem rozprawy jest detekcja 222 gwiazd ziemnych w trzech gromadach, w tym 196 to odkrycia wcześniej nieznanych gwiazd zmiennych. Interesującym wynikiem z tej części rozprawy jest odkrycie gwiazd typów B, których częstotliwości są wyższe niż klasycznie definiowanych gwiazd SPB. Pokazane zostało, że gwiazdy te występują w tym samym zakresie typów widmowych co klasyczne SPB. Wyniki z rozprawy jak i najnowsze wyniki innych autorów wskazują na to, że obserwowane widma częstości tych obiektów mogą być wyjaśnione pulsacjami szybko rotujących gwiazd w modach g.

W ramach przeglądu trzech gromad dokonano także odkrycia licznych gwiazd zmiennych przed ciągiem głównym, które najprawdopodobniej należą do grupy zmiennych „weak-line T Tauri stars". Badanie tego typu obiektów może się przyczynić do zrozumienia ewolucji gwiazd przed ciągiem głównym a ich liczebność daje podstawę do analizy zespołowej.

W ramach asterosejsmologii zespołowej gwiazd pulsujących w gromadzie NGC 6910 Autor uzyskał precyzyjne parametry dla dziewięciu badanych gwiazd i bardzo dokładne oszacowanie wieku samej gromady. Biorąc pod uwagę problemy z dopasowaniem izochron dla młodych gromad otwartych, analiza z rozprawy dała bardzo precyzyjny wiek. W rozprawie pokazano również, że obserwacyjny pas niestabilności gwiazd typu beta Cephei sięga gwiazd o masach mniejszych niż 6 $M_{\odot}$ czyli poniżej literaturowej granicy około 8 $M_{\odot}$.

Pracę oceniam wysoko a uwagi zawarte poniżej nie wpływają na moje ogólne wrażenie. Z zainteresowaniem wysłucham opinii Autora rozprawy na ich temat.

1. Jak zostało wyżej wspomniane praca napisana jest starannie napisana. Autor używa jednak konsekwentnie określenia „pudełko błędów", które jest zapożyczeniem z angielskiego „error box". Czy nie byłoby zręczniej używać określenia prostokąt błędów, które wydaje się funkcjonować w języku polskim?

2. We wstępie Autor wspomina, że pierwszy katalog z pomiarami odległości z misji kosmicznej *Gaia* zostanie opublikowany w 2017 roku. Tymczasem pierwszy taki katalog ukazał się w wrześniu br. zapewne wtedy gdy Autor kończył pisać rozprawę. Czy wczesne wyniki z misji *Gaia* mają wpływ na wyniki rozprawy i szerzej asterosejsmologii zespołowej gromad otwartych?

3. Podczas omawiania wyników dotyczących gromady NGC 457 (rozdział 2, str. 22) Autor wspomina, że brak jest spektroskopowego wyznaczenia metaliczności dla tej gromady. Czy realistyczne byłoby wykonanie takiego wyznaczenie w oparciu o modelowanie obserwowanych widm członków gromady, tak jak dla gromady NGC 6910?

4. Przy omawianiu sprzętu do uzyskania fotometrii zabrakło mi bardziej szczegółowego jego opisu np. jaka dokładnie kamera była używana i jakie ma parametry. Ciekawe byłoby też wiedzieć jaką precyzję fotometryczną Autor i współpracownicy uzyskiwali na takim zestawie obserwacyjnym; a także jaka była natura szumu w obserwacjach, do jakiego stopnia był on „biały" i jak mogło to wpłynąć na możliwość detekcji pulsacji o małych amplitudach.

5. W rozdziale 3.3.2 podczas omawiania metody wyznaczania parametrów atmosferycznych obiektów z gromady NGC 6910 i ich błędów metodą „bootstrap"

Autor wspomina, że możliwe było wykonanie takiej analiza tylko na bazie 50 dopasowań dla każdej gwiazdy. Interesujące byłoby poznać szczegóły numeryczne tego przedsięwzięcia. Na oko wydawałoby się, że tego typu analiza nie powinna być aż tak czasochłonna.

6. Pod koniec pracy, przy podsumowaniu (rozdział 3.5), Autor zauważa, że wartości log(g) wyznaczone ze spektroskopii i fotometrii są nieco przeszacowane dla gwiazd o większych masach i niedoszacowane dla gwiazd o mniejszych masach. Czy znana jest przyczyna tego niedoszacowania/przeszacowania? Czy fakt ten mógł mieć wpływ na końcowe wyniki analizy?

7. W rozprawie Autor odsyła do swoich publikacji. Czy materiał zawarty w rozprawie został już w całości opublikowany w wydawnictwach pokonferencyjnych i czasopismach recenzowanych, czy może planowane są jeszcze kolejne publikacje?

Przedstawiona mi do oceny rozprawa doktorska moim zdaniem spełnia wszystkie wymagania zwyczajowe i wymagania określone w „Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki". Wnoszę o dopuszczenie mgr Dawida Moździerskiego do publicznej obrony.

Maciej Konacki