

Poznań, 4 lipca 2019 r.

dr hab. Wojciech Dimitrow
Instytut Obserwatorium Astronomiczne, Wydział Fizyki
Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza
ul. Słoneczna 36, Poznań

Recenzja rozprawy habilitacyjnej oraz dorobku naukowego dra Krzysztofa Hełminiaka

Rozprawa habilitacyjna dra Krzysztofa Hełminiaka składa się z dziewięciu prac opublikowanych w latach 2012 – 2019. Cykl prac zatytułowano „**Poszukiwanie i szczegółowe badanie rzadkich i nietypowych rozdzielonych podwójnych układów zaćmieniowych**”. We wszystkich pracach habilitant jest pierwszym autorem. Ocenia on swój wkład w większości prac na 70-80% co jest potwierdzone załączonymi oświadczeniami współautorów. Wszystkie prace są opublikowane w czasopiśmie z Listy Filadelfijskiej (MNRAS, A&A, ApJL). W tekście recenzji będę odnosił się do prac habilitanta stosując jego oznaczenia z autoreferatu H1-H9.

Tematyką rozprawy są badania nietypowych rozdzielonych układów zaćmieniowych. Badane obiekty można podzielić na kilka grup. Obiekty w których przynajmniej jeden ze składników jest mało masywny ($M < 0,9 M_{\odot}$) lub bardzo masywny ($M > 3 M_{\odot}$). Kolejne grupy to układy zawierające wyewoluowane olbrzymy lub gwiazdy pulsujące. Ostatni typ badanych obiektów to układy wielokrotne zawierające parę zaćmieniową.

Ocena osiągnięcia naukowego

Publikacja H1

W pierwszej pracy dr Hełminiak oraz współautorzy prezentują swoje wyniki badań nad rzadkim i bardzo interesującym układem wielokrotnym o mało masywnych składnikach ASAS J011328-3821.1. Jest to prawdopodobnie układ poczwórny o hierarchii 2+2. Spektroskopowo udało się zarejestrować 3 składniki a o czwartym wnioskujemy z okresowych zmian prędkości radialnej 3-go składnika. Jak sam autor zaznacza motywacją do badań tego obiektu są różnice pomiędzy teorią ewolucji a obserwacjami dla mało masywnych gwiazd. Brakuje danych dla tego typu układów więc praca H1 dostarczająca dane o parametrach absolutnych składników pary zaćmieniowej jest istotnym uzupełnieniem tej luki. Para zaćmieniowa jest układem rozdzielonym i charakteryzuje się bardzo krótkim okresem oraz liniami emisyjnymi w H_{α} . Emisje w tej linii zarejestrowano również w przypadku trzeciego składnika. Praca bazuje na danych z 1.9-m teleskopu Radcliffa współpracującego ze spektrografem GIRAFFE, 3.9-m Anglo-Australijskim Teleskopie/UCLES oraz 3-m Shane/HamSpec. Dane fotometryczne zgromadzono na 1-m teleskopie Elizabeth oraz robotycznych 0.5-m teleskopach sieci PROMPT. Krzywe blasku posiadają charakterystyczne zniekształcenia związane z plamami na powierzchni składników. Głównym wynikiem pracy to wyznaczone parametry absolutne pary zaćmieniowej. Uzyskano kompletny model pary, masy i promienie wyznaczono z dokładnością rzędu 5 %.

Ciekawe było by dodanie dyskusji o potencjalnym rezonansie pomiędzy dwoma parami. Pomimo stosunkowo dużej odległości między nimi, układ jest wizualnie podwójny, okresy obu par są bardzo zbliżone 0.446 oraz 0.475 doby co odpowiadało by rezonansowi 1:1.

Habilitant przygotował całość tekstu pracy, wykonał większość redukcji i analizy danych fotometrycznych oraz spektroskopowych. Wykonał modelowanie pary zaćmieniowej oraz wyznaczył jej status ewolucyjny. Swój wkład ocenia na 75%.

Publikacja H2

Druga praca z cyklu kontynuuje temat mało masywnych układów podwójnych. AK Fornacis jest parą rozdzieloną typu K o porównywalnych masach obu składników. Układ charakteryzuje się długim okresem ($\sim 4d$), emisją w liniach H_{α} oraz liniach jednokrotnie zjonizowanego wapnia H i K. Widma uzyskano na spektrografach FEROS, HARPS oraz Coralie. Pomiary prędkości radialnych wykonano własną implementacją metody TODCOR. RMS dopasowanych orbit jest poniżej 100 m/s co jest bardzo dobrym wynikiem dla gwiazd zaćmieniowych. Do modelowania użyto również dane fotometryczne z projektów ASAS oraz SuperWASP.

Głównym wynikiem pracy to wyznaczenie parametrów absolutnych. Dla mas osiągnięto precyzję 0.14 i 0.11%, jeden z lepszych wyników w literaturze. Aby uzyskać niepewności wyników uwzględniające efekty systematyczne zastosowano metodę bootstrap. Promienie wyznaczono z dokładnością 2.9 oraz 2.7 %.

Habilitant ocenia swój wkład w pracy na 70 %. Główny autor przygotował tekst prawie całej publikacji oraz odpowiedzi dla recenzenta, wykonał pomiary za pomocą metody TODCOR oraz dodatkową fotometrię teleskopem PISCO. Wykonał analizę aktywności układu oraz porównanie z izochronami.

Publikacja H3

Praca zawiera wyniki obserwacji fotometrycznych, spektroskopowych oraz modelowania wyjątkowego, wyewoluowanego układu zaćmieniowego HD 187669. Pierwszy raz udało się wyznaczyć parametry absolutne dla układu na tak późnym etapie ewolucji.

Dane fotometryczne potrzebne do uzyskania modelu układu pochodzą z przeglądów nieba ASAS oraz SuperWASP, dodatkowo zgromadzono obserwacje przy pomocy robotycznych teleskopów sieci PROMPT. Pomiary prędkości radialnych pochodzą z spektrografu HARPS. Rozrzut w pomiarach prędkości radialnych jest na poziomie 40 ms^{-1} co jest wyjątkowo dobrym wynikiem w przypadku układu podwójnego. W układzie zachodzą zaćmienia całkowite co pozwala na precyzyjne wyznaczenie promieni składników. Do modelowania zastosowano kody Wilsona-Devinney oraz JKTEBOP. Modelowanie przeprowadzono przez dwie grupy stosujące te same obserwacje ale odrębne metody. Obie grupy uzyskały bardzo dobrą zgodność wyników, które na końcowym etapie były uśrednione. Skorzystano z zaćmienia całkowitego by uzyskać widmo pojedynczego składnika co pozwoliło na wyznaczenie jego temperatury oraz $\log(g)$ i metaliczności. Praca zawiera ciekawą dyskusję statusu ewolucyjnego układu. Uzyskano bardzo dobrą zgodność parametrów absolutnych oraz izochron. Wyznaczony wiek układu to $2.38 \pm 0.17 \text{ Gyr}$. Większa część niepewności pochodzi z wyznaczenia parametru $[\text{Fe}/\text{H}]$ a zaledwie 0.01 Gyr z niepewności w wyznaczeniu mas składników.

Główny autor ocenia swój wkład na 43%, przygotował większość tekstu oraz zajmował się pracą na etapie recenzji. Wykonał pomiary kodem TODCOR, wykonał pełne modelowanie przy pomocy JKTEBOP oraz V2FIT. Habilitant wykonał również porównanie ostatecznych wyników z izochronami.

Publikacja H4

Autorzy badali układ zaćmieniowy KIC 09246715. Składa się on z dwóch olbrzymów i wykazuje oscylacje typu słonecznego. Jest to rzadki przypadek w którym parametry asterosejsmiczne tego typu oscylacji mogą być potwierdzone niezależną metodą. Według autorów jest to zaledwie trzecia para olbrzymów dla której wyznaczono masy i promienie z dokładnością poniżej 2%.

Dane fotometryczne pochodzą z teleskopu kosmicznego Keplera. Pulsacje nie były modelowane, były traktowane jako szum w danych fotometrycznych. Do spektroskopii użyto 1.88-m teleskop obserwatorium w Okayama wyposażony w spektrograf HIDES. Korzystano z image slicera, który pozwala zwiększyć efektywność gromadzenia fotonów oraz zwiększyć rozdzielczość ($R=50\,000$).

Głównym wynikiem pracy to uzyskanie parametrów absolutnych pary. Osiągnięto precyzję $\sim 1.1\%$ dla mas oraz 1.1-1.5% dla promieni. Do modelowania użyto programy JKTEBOP oraz V2FIT. Oszacowano błędy przy pomocy metody bootstrap.

Główny autor ocenia swój wkład na 85%. Przygotował tekst całej publikacji oraz odpowiedzi dla recenzenta. Wykonał redukcje oraz pomiary (TODCOR) wszystkich danych spektroskopowych, pełne modelowanie oraz porównanie wyników z izochronami.

Publikacja H5

Praca dotyczy dziewięciu obiektów z pola Keplera typu SB1. Korzystano z danych z spektrografu HIDES. Dwa z układów okazały się układami potrójnymi. Jeden z układów jest potencjalnie poczwórny z brązowym karłem krążącym wokół pary zaćmieniowej. Jeden z układów posiada blendę, olbrzym w mniejszej odległości niż para zaćmieniowa. Oprócz krzywych blasku i prędkości radialnych dodatkowym źródłem informacji były przesunięcia w momentach zaćmień na skutek efektu Light Time związanym z ruchem trzeciego ciała w układzie. Krzywe ETV (Eclipse Time Variation) były przeliczane na krzywe zmian prędkości radialnych. Korzystano z izochron do oszacowania mas. Habilitant ocenia swój wkład na 85%, przygotował cały tekst pracy oraz wykonał badanie stabilności instrumentu, wyznaczenie mas, chronometraż, wykonanie większości obserwacji na HIDES, wykonanie pomiarów RV, potencjalna detekcja oscylacji słonecznych w przypadku trzech gwiazd.

Publikacja H6

Jest to kolejna praca zawierająca obiekty z pola Keplera jednak dotyczy układów SB2 oraz układów wielokrotnych. W pracy zawarto wyniki dla ośmiu obiektów. Zastosowano te same instrumenty i metodologie jak w przypadku pracy H5. Ważnym wynikiem pracy jest uzyskanie pełnych modeli dla wszystkich układów. Dla pięciu układów udało się uzyskać precyzję w wyznaczeniu mas i promieni poniżej 3%. Badano okresowość zaćmień oraz odkryto pulsacje typu γ Dor w jednym z układów. Dla części obiektów wykonano analizę ETV. Wyznaczono też odległości, które są w dobrej zgodności z danymi z Gaia DR1. Dwa z badanych układów okazały się spektroskopowo potrójne. Dla jednego z nich są obserwowane zaburzenia w prędkościach radialnych pary zaćmieniowej spowodowane trzecim ciałem. Udało się wyznaczyć w tym przypadku masę 3-go składnika oraz nachylenie orbity zewnętrznej.

Główny autor ocenia swój wkład na 80%. Przygotował tekst całej pracy, wykonał większość obserwacji, modelowanie, chronometraż, porównanie z izochronami.

Publikacja H7

Praca dotyczy bardzo ciekawego i rzadkiego pięciokrotnego układu hierarchicznego. W danych z teleskopu Keplera widoczne są aż cztery okresy zaćmień. Układ jest wizualnie potrójny, składniki główne A i B oraz znacznie słabszy i dalszy składnik C. Składnik A jest potrójny $Aa+(Ab1+Ab2)$ a składnik B jest podwójny $(Ba+Bb)$. Składnik C jest prawdopodobnie gwiazdą tła.

Autorzy zarejestrowali pulsacje hybrydowe δ Sct / γ Dor składnika Aa. Badano przesunięcia w momentach zaćmień (ETV). Wykonano też astrometrię i fotometrię dla pary A/B na teleskopie KECK II kamerą NIRC2. Odległość kątowna pomiędzy A/B wynosi 1.26 arcsec. Oszacowano parametry orbity tych składników: okres ~ 1000 lat, półoś wielka ~ 165 AU. Dane spektroskopowe zgromadzono przy pomocy HIDES (1.88-m Okayama). Udało się pierwszy raz uzyskać prędkości radialne oraz masy i promienie dla Ba oraz Bb.

Habilitant oszacował swój wkład na 80%. Wykonał większość obserwacji na HIDES oraz redukcję wszystkich danych spektroskopowych z tego instrumentu, modelowanie składnika B, chronometraż, astrometria, cały tekst pracy oraz komunikacja z recenzentem. Dodatkowo autor wykazał że składnik Aa jest zaćmiewany okresowo przez parę $Ab+Ab2$ oraz wykrył w danych astrometrycznych potencjalne dodatkowe ciało okrążające składnik A.

Publikacja H8

Wyniki tej pracy dotyczą trzech par zaćmieniowych z przeglądu ASAS. Obiekty posiadają mało masywny drugi składnik, który jest trudny do detekcji. Habilitant zaproponował program obserwacyjny dla teleskopu Subaru opracowany i wdrożony przez niego. Aby uzyskać pomiary RV

dla mało masywnych składników zastosowano spektrograf działający w podczerwieni IRCS. Dane spektroskopowe zgromadzono na wielu instrumentach: Subaru/ICRS, CTIO-1.5m/CHIRON, Euler/CORALIE, MPG-2.2m/FEROS, OAO-188/HIDES oraz TNG/HARPS-N. Dane fotometryczne zgromadzono na MITSuME oraz ASAS. Uzyskano kompletne modele par przy użyciu V2FIT, JKTEBOP oraz PHOEBE. Masy lżejszych składników są z zakresu 0.6-0.8 M_{\odot} . Wyznaczono też parametry atmosferyczne i obfitości pierwiastków dla wszystkich trzech układów. Pierwszy z badanych układów jest częścią wizualnej pary A/B. Składnik B jest również układem typu SB2 jednak nie zachodzą w nim zaćmienia. Wyznaczono parametry orbitalne, orbita okazała się silnie mimośrodowa. Główny autor oszacował swój wkład na 65%. Wykonał wszystkie pomiary RV, modelowanie kodem PHOEBE, opracował dedykowaną metodę oszacowania niepewności, oszacowanie temperatury głównego składnika (głębokości linii), izochrony, tekst całej publikacji oprócz Sekcji 5.3.

Publikacja H9

To czwarta praca po H4, H5 i H6 dotycząca obiektów z pola Keplera obserwowanych przy pomocy spektrografu HIDES. Praca uzupełnia wiedzę o już wcześniej badanych układach oraz opisuje trzy nowe układy. W sumie badano aż 11 rozdzielonych układów zaćmieniowych. Pośród badanych układów mamy ciekawe przykłady takie jak para olbrzymów w fazie palenia helu w jądrze, potencjalny układ poczwórny, trzy układy ze składnikami pulsującym itd.

Zastosowano rozplątanie tomograficzne widm wykonane przez M. Konackiego. Uzyskane widma poszczególnych składników dr Hełminiak badał kodem iSpec służącym do modelowania parametrów atmosferycznych. Wyznaczono wiek/status ewolucyjny badanych obiektów. Dla większości gwiazd udało się uzyskać niepewności parametrów absolutnych poniżej 2%. Habilitant ocenia swój wkład na 85%. Przygotował tekst całej pracy, wykonał wszystkie pomiary RV oraz modelowanie wszystkich układów.

Podsumowując, prace zawarte we wniosku habilitacyjnym oceniam jako bardzo dobre. Wysoka cytowalność jest potwierdzeniem tej oceny. Wskazuje też na rozpoznawalność wyników pracy dra Hełminiaka w zakresie zaćmieniowych układów podwójnych. Pierwsza praca H1 zgromadziła już 27 cytacji. Dziewięć prac włączonych w tzw. osiągnięcie naukowe zostały opublikowane w stosunkowo krótkim okresie 7 lat. Autor korzystał z wyników uzyskanych na jednych z lepszych na świecie spektrografów takich jak HARPS czy FEROS (la Silla, Chile), używano też teleskop KECKa do obrazowania. Jak sam wskazuję zdobył doświadczenie korzystając z danych z kilkunastu spektrografów. Brał udział we wszystkich etapach pracy od obserwacji poprzez redukcje danych i pomiary po modelowanie par zaćmieniowych.

Stosowano nowoczesne techniki takie jak TODCOR, Spectral Disentangling czy badanie składu atmosfer. Szczególną uwagę zwracano na poprawny rachunek błędów. W ramach prac H1-H9 zbadano znaczną liczbę obiektów, w sumie aż 27. Wymaga to ogromnego nakładu pracy zarówno na etapie obserwacji jak i analizy uzyskanych wyników. Warto zwrócić uwagę na staranne przygotowanie i dobór obiektów. Obserwowano ponad 200 obiektów z przeglądu ASAS. Z nich wybrano najciekawsze i spełniające kryteria doboru do dalszej analizy.

Ocena dorobku naukowego oraz współpracy międzynarodowej

Doktor Krzysztof Hełminiak ukończył studia z zakresu Astronomii na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu w 2006 roku. W ramach pracy magisterskiej zajmował się astrometrią układów podwójnych z zastosowaniem optyki adaptacyjnej. W ramach pracy doktorskiej kontynuował tematykę układów podwójnych poszerzając obszar zainteresowań o wyznaczenie parametrów gwiazd oraz metody fotometryczne, spektroskopowe oraz interferometryczne. Stopień doktora nauk fizycznych w zakresie Astronomii uzyskał w 2010 roku w Centrum Astronomicznym Mikołaja Kopernika Polskiej Akademii Nauk (CAMK). Po doktoracie habilitant w ciągu sześciu lat zdobywał doświadczenie za granicą jako stażysta w Pontificia Universidad Católica, Departamento de Astronomia y Astrofísica (Chile) oraz w National Astronomical Observatory of Japan, Subaru Telescope (USA). Aktualnie od 2016r. dr Krzysztof Hełminiak pracuje na stanowisku adiunkta w CAMK w Toruniu.

Liczba recenzowanych publikacji dra Hełminiaka według Web of Science wynosi 42 a liczba cytowań 830 (750 bez auto cytowań). Indeks Hirscha wynosi 15. Są to wysokie wskaźniki potwierdzające wartość dorobku naukowego.

Ponadto habilitant zdobył duże doświadczenie obserwacyjne, ponad 300 nocy na instrumentach fotometrycznych, spektroskopowych, z optyką adaptacyjną, interferometrycznych (optycznych) oraz na teleskopach robotycznych. Brał również udział przy budowie instrumentów w projekcie Solaris.

Był recenzentem sześciu publikacji (w tym do A&A, AJ, PASP, AcA itd.). Recenzował również projekty naukowe oraz wnioski na uzyskanie czasu obserwacyjnego na teleskopie Subaru.

Habilitant brał udział w pięciu grantach - jako kierownik (3) i główny wykonawca (2). Jeden z projektów kierowanych przez dra Hełminiaka to grant zagraniczny realizowany w Chile. Brał udział w 21 konferencjach krajowych i zagranicznych. Wygłosił 1 referat zaproszony, 7 referatów oraz zaprezentował 11 plakatów. Cztery razy był prowadzącym sesję. Pięć razy był członkiem lokalnego komitetu organizacyjnego.

Za swoją pracę naukową habilitant został nagrodzony dwukrotnie:

- Stypendium dla doktorantów 2008/2009 - ZPORR, 2008, Marszałek Województwa Kujawsko - pomorskiego
- Stypendium dla wybitnych młodych naukowców, 2017, Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

Dorobek dydaktyczny i popularyzatorski

Doktor Hełminiak był opiekunem naukowym oraz recenzentem pracy licencjackiej Johnny Coronado Martinez (2011-2012, Chile). W latach 2016-2019 był promotorem pomocniczym w pracy doktorskiej Rafała Korada Pawłaszka (CAMK).

Publikował artykuły popularno-naukowe między innymi do Uranii-Postępy Astronomii. Brał udział w wykładach i innych wydarzeniach popularyzacyjnych w Polsce, Chile oraz USA.

Podsumowanie

Dorobek naukowy dra Hełminiaka oceniam bardzo wysoko. Publikacje włączone do tzw. osiągnięcia naukowego mają wysoką cytowalność i wnoszą wartościowe uzupełnienie danych dla układów mało masywnych, wyewoluowanych, wielokrotnych lub zawierających składnik pulsujący. Dane gromadzono na najlepszych instrumentach na świecie. Habilitant zdobył sześcioletnie doświadczenie zawodowe w zagranicznych ośrodkach naukowych. Potrafi samodzielnie planować i realizować projekty badawcze.

W mojej ocenie dorobek naukowy dra Hełminiaka spełnia wszystkie wymagania ustawowe oraz zwyczajowe. Wobec tego wnoszę o dopuszczenie go do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.



dr hab. Wojciech Dimitrow