



***Recenzja rozprawy doktorskiej zatytułowanej
„Poszukiwanie masywnych protogwiazd o zmiennej akrecji
identyfikowanej przez wybuchy maserów metanolu”
autorstwa pana mgr. Michała Tomasza Durjasza***

Ramy prawne i formalne niniejszej recenzji

Recenzję sporządzono w oparciu o wymagania zawarte w paragrafie 25 uchwały Senatu Uniwersytetu Mikołaja Kopernika (UMK) nr 38 z dn. 26 września 2023 roku. Wymogi te są oparte na przepisach postępowania w sprawie nadania stopnia naukowego doktora zawartych w ustawie *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* z dn. 18 lipca 2018 roku z późniejszymi zmianami. Warunki stawiane rozprawom doktorskim zostały określone w art. 187 Ustawy. W odniesieniu do dziedziny astronomia, wymaganiem (również ugruntowanym w środowisku) jest, by rozprawa doktorska prezentowała ogólną wiedzę teoretyczną kandydata oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Ponadto, przedmiotem rozprawy doktorskiej powinno być oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Rozprawę doktorską może stanowić praca pisemna, w tym zbiór opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych. Do rozprawy doktorskiej powinno być dołączone streszczenie.

Uwagi ogólne dotyczące pracy doktorskiej

Praca doktorska, dotycząca badania zmienności emisji maserowej metanolu na częstotliwości 6.7 i 12.2 GHz, pochodzącej z dysków wokół młodych obiektów gwiazdowych, składa się z dwóch części. Pierwszą z nich napisaną w języku polskim, nazywam (na potrzeby tej recenzji) „Przewodnikiem”. Liczy ona 35 stron numerowanych oraz stronę tytułową. Druga część pracy, napisana w języku angielskim liczy 36 stron i przedstawia trzy publikacje naukowe Doktoranta.

Praca została napisana pod opieką prof. dr hab. Mariana Szymczaka oraz dr hab. Anny Bartkiewicz, prof. UMK w Toruniu.

Praca składa się ze strony tytułowej, oświadczenia, podziękowań, spisu treści i rysunków, streszczenia w języku polskim i w języku angielskim, wstępu, omówienia wyników, podsumowania, bibliografii, listy wszystkich prac naukowych opublikowanych przez pana Durjasza oraz wiernej kopii trzech publikacji naukowych Doktoranta. Układ pracy, szata graficzna oraz stylistyka są na dobrym poziomie.

W „Streszczeniu” opisana jest charakterystyka rozprawy oraz podane jej główne wyniki.

„Wstęp” podzielono na dwie części zatytułowane „Tło naukowe” i „Projekty naukowe”. W pierwszej opisano w skrócie jak formują się masywne gwiazdy, koncepcję zmiennej epizodycznej akrecji, podstawy teoretyczne emisji maserowej, budowę i stany energetyczne molekuły metanolu. W części drugiej „Wstępu” podano: cel pracy składający się z trzech zadań, zastosowane metody badawcze, rodzaj przeprowadzonych obserwacji

ul. Orla 171

PL 30-244 Kraków

tel. +48(12) 623-86-20

fax +48(12) 425-13-18

<http://www.aa.uj.edu.pl>



UNIwersytet
JAGIELLOŃSKI
W KRAKOWIE

Obserwatorium

Astronomiczne

pojedynczą anteną i proces ich redukcji oraz szczegóły obserwacji interferometrycznych. W tym rozdziale pan Durjasz opisuje szczegółowo, które podjęte przez niego działania naukowe są jego osobistym wkładem do realizowanego projektu naukowego. W mojej opinii mają one kluczowe znaczenie dla realizacji badań.

W Rozdziale drugim, zatytułowanym „Omówienie wyników pracy”, zostały zamieszczone trzy podrozdziały zatytułowane: „Przegląd nieba północnego w linii 12.2 GHz masera CH_3OH ”, „Odkrycie powtarzających się flar 6.7 GHz masera metanolu w Cep A HW2” i „Odkrycie periodycznych pojaśnień 6.7 GHz masera metanolu w źródłach G45.804-0.356 i G49.043-1.079”. Autor streszcza w tym miejscu uzyskane wyniki opisane w trzech wymienionych niżej publikacjach.

W Rozdziale trzecim pan Durjasz podsumowuje główne wyniki swoich badań.

Dalej, umieszczony jest - liczący 67 pozycji - spis publikacji cytowanych w pierwszej części rozprawy.

Na kolejnych dwóch stronach przedstawione jest 9 publikacji recenzowanych oraz 3 konferencyjne, których współautorem jest Doktorant. Wszystkie publikacje pana Durjasza posiadają łącznie 35 cytowań (wg bazy ADS na 01.12.2023; nie uwzględniłem „The Astronomer's Telegram, No. 13080”).

Druga część rozprawy zawiera trzy artykuły naukowe Doktoranta, które opublikowane zostały w 2021 i 2022 roku w poczytnym, recenzowanym czasopiśmie fachowym *Astronomy and Astrophysics*:

[P1] *Observations of 12.2 GHz methanol masers towards northern high-mass protostellar objects*, Durjasz, M., Szymczak, M., Wolak, P., Bartkiewicz, A., 2021, A&A, 648, 118;

[P2] *Discovery of recurrent flares of 6.7 GHz methanol maser emission in Cepheus A HW2*, Durjasz, M., Szymczak, M., Olech, M., Bartkiewicz, A., 2022, A&A, 663, 123;

[P3] *Detection of periodic flares in 6.7 GHz methanol masers G45.804–0.356 and G49.043–1.079*, Olech, M., Durjasz, M., Szymczak, M., Bartkiewicz, A., 2022, A&A, 661, 114.

Problematyka pracy doktorskiej

Doktorant w rozprawie postawił sobie zadanie polegające na kontynuowaniu (rozpoczętego w 2009 roku 32-m radioteleskopem UMK w Toruniu) monitorowania emisji maserowej metanolu w dużej próbce młodych masywnych gwiazd w celu zidentyfikowania nadzwyczajnych pojaśnień emisji. Próbował również odpowiedzieć na pytanie czy zarejestrowane pojaśnienia promieniowania maserowego są wynikiem przejściowego wzrostu tempa akrecji. Przeprowadził szczegółowe badanie wybranych obiektów technikami interferometrycznymi. Zebranie informacje chciał wykorzystać do weryfikacji modeli powstawania masywnych gwiazd.

W pierwszej publikacji przedstawiono rezultaty przeglądu na 12.2 GHz 153 źródeł położonych na północnej półkuli nieba. Wszystkie obiekty są źródłami emisji maserowej na 6.7 GHz. Podobne przeglądy były już realizowane przez inne zespoły, jednak żaden z nich nie objął w całości półkuli północnej. Obserwacje Doktoranta przyniosły detekcję emisji w 36 przypadkach. Analiza obiektu G107.298+5.639 ujawniła periodyczny charakter

ul. Orla 171

PL 30-244 Kraków

tel. +48(12) 623-86-20

fax +48(12) 425-13-18

<http://www.aa.uj.edu.pl>

emisji maserowej. Emisja na 12.2 GHz osiąga maksimum ok. jeden dzień przed maksimum emisji na 6.7 GHz.



UNIWERSYTET
JAGIELLOŃSKI
W KRAKOWIE

Obserwatorium

Astronomiczne

W drugiej publikacji Doktorant wraz z zespołem przedstawił rezultaty ponad 10-letniego monitorowania natężenia strumienia w linii 6.7 GHz masywnej ($\sim 10 M_{\odot}$) gwiazdy Cep A HW2 oraz rezultaty dwóch jej obserwacji przeprowadzonych przy pomocy European VLBI Network (EVN). Obserwacje interferometryczne, wykonywane po uprzednim zdetektowaniu pojaśnienia przez 32-m radioteleskop, pozwoliły na dokładną lokalizację obłoków maserowych w dysku i śledzenie ich przestrzennej ewolucji. W oparciu o uzyskane dane pan Durjasz podjął próbę wyjaśnienia przyczyn występowania periodycznej (z okresem ok. 5 lat) emisji. Rozważał kilka hipotez i doszedł do wniosku, że najbardziej prawdopodobnym wyjaśnieniem jest istnienie okresowych zmian jasności gwiazdy wywołanych obecnością w jej pobliżu towarzysza. Autor dodatkowo dokonał szczegółowej analizy obserwacji synchronicznej i anty-skorelowanej zmienności sugerując występowanie oddziaływań promienistych między różnymi obłokami maserującymi.

Trzecia publikacja przedstawia wyniki analizy krzywych zmian blasku układów G45.804–0.356 i G49.043–1.079 otrzymanych w wyniku dwunastoletnich obserwacji na 6.7 GHz. 470-dniowa periodyczna zmienność w G49.043–1.079, jak ustalili Autorzy, jest konsekwencją zmiennego tempa akrecji na centralny obiekt, które moduluje efektywność pompowania masera.

Podsumowując, głównym wynikiem omówionych wyżej prac Doktoranta jest dostarczenie nowych danych dotyczących zmienności maserów CH_3OH . Zmienność natężenia promieniowania radiowego na 12.2 GHz jest większa w porównaniu z podobną na 6.7 GHz. Dlatego, jak sugeruje pan Durjasz, obserwacje linii 12.2 GHz mogą być bardziej skuteczną metodą poszukiwania aktywności młodych, masywnych gwiazd. Dzięki badaniom Doktoranta udało się zwiększyć liczbę znanych obiektów o periodycznej zmienności. Analiza ruchów obłoków maserujących w otoczeniu gwiazdy Cep A HW2 pokazała ich migrację w kierunku centrum układu połączoną z powolną rotacją.

Ocena pracy doktorskiej

Pan Durjasz wybrał jako przedmiot swojej analizy i pracy badawczej ciekawe oryginalne zagadnienie, dobrze zdefiniował problem naukowy, dobrze przemyślał strategię jego rozwiązania i użył dla osiągnięcia stawianych sobie celów odpowiednich narzędzi badawczych. Świadczy to o Jego wysokich kompetencjach naukowych i samodzielności.

Artykuły składające się na doktorat mgr. Durjasza stanowią monotematyczny cykl poświęcony badaniom zmienności emisji maserowej metanolu na 6.7 i 12.2 GHz pochodzącej z dysków wokół młodych gwiazd. Wkład merytoryczny Doktoranta do tych prac jest znaczący. Potwierdza to dodatkowo fakt, że występuje on w dwóch pracach jako pierwszy autor oraz w jednej jako drugi.

Uważam, że wszystkie wymagania stawiane rozprawom doktorskim określone w art. 187 Ustawy *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* z dn. 18 lipca 2018 roku z późn. zm. zostały przez p. Durjasza spełnione.

Podsumowując, moja ocena rozprawy doktorskiej jest jednoznacznie pozytywna.

ul. Orla 171

PL 30-244 Kraków

tel. +48(12) 623-86-20

fax +48(12) 425-13-18

<http://www.oi.uj.edu.pl>

Uwagi krytyczne



UNIwersytet
JAGIELLOŃSKI
W KRAKOWIE

Obserwatorium

Astronomiczne

Niestety Autor nie ustrzegł się w rozprawie drobnych nieścisłości i nieprecyzyjnych sformułowań. Poniżej wymieniam niektóre z nich. Moje uwagi dotyczą w większości pierwszej części rozprawy napisanej w języku polskim. Zamieszczone w drugiej części rozprawy publikacje poddane były fachowej recenzji. Mam do nich niewiele uwag.

Uwagi/pytania merytoryczne, które poniżej wymieniam - według kolejności występowania w pracy:

1) Na str. 12 pojawia się fraza: „Zależność temperatury jasnościowej od drogi wzmocnienia w niesaturowanym obłoku maserującym jest dane równaniem 1.1” - brakuje definicji „niesaturowanego” obłoku.

2) Na str. 13 znajduje się zdanie: „Współczynniki n_1 i n_0 opisują poziomy koncentracji molekuł CH_3OH w stanie odpowiednio E_1 i E_0 .” Rodzi się pytanie: czy owe „poziomy koncentracji” to gęstości?

3) Na tej samej stronie czytamy: „Molekuła metanolu (Rys. 1.4) dzięki dużej liczbie przejść w zakresie mikrofalowym i milimetrowym jest bardzo użytecznym narzędziem badań materii międzygwiazdowej. Wynika to ze skomplikowanej budowy cząstki CH_3OH .” Sądzę, że nie jest to wystarczające wyjaśnienie użyteczności metanolu w badaniach astrofizycznych.

4) Na str. 16 znajduje się zdanie: „Szerokość połówkowa wiązki radioteleskopu na częstotliwości 6.7 GHz wynosiła 5.8' a niepewność pozycjonowania anteny 25' do 2016, 10' po 2016 (Lew, 2018).” Jednostkami pozycjonowania są tutaj sekundy, a nie minuty łuku.

5) Na tej samej stronie: „Typowy poziom szumów 1σ przy czasie integracji 10 minut wynosił ~ 0.3 Jy.” Wymiar szumu powinien być Jy/beam. Ten błąd jest też powielany w innych miejscach rozprawy. Niestety, pojawia się również w dwóch publikacjach (tylko publikacja [P2] jest wolna od tego błędu). Podobnie, w publikacji [P1] w Tabelach 1 i 2 oraz innych miejscach w tekście wymiarem S_{peak} powinien być Jy/beam.

6) Pierwsza publikacja [P1] dotyczy przeglądu nieba północnego na 12.2 GHz. W Tabeli 1 (na str. 3) dwa pierwsze obiekty posiadają negatywne deklinacje. Formalnie, jest to sprzeczne z definicją ogólną „nieba północnego”.

7) Na str. 21 pojawia się nieprecyzyjne sformułowanie: „Porównanie wykazało, że linia 12.2 GHz jest w ogólności bardziej zmienna w długich skalach czasowych, niż linia 6.7 GHz ...”. To nie linia jest zmienna, ale natężenie promieniowania na danej długości fali.

8) Inne nieprecyzyjne sformułowanie znajduje się na str. 23 i 24: „Celem obserwacji interferometrycznych VLBI (...) było zbadanie poczerwienionych (...) cech widmowych o niskiej amplitudzie, pojawiających się regularnie co ~ 5 lat.” Dalej: „Na podstawie danych obserwacyjnych podjęliśmy próbę wyjaśnienia przyczyn występowania tego typu quasi-periodycznej emisji.” Rodzi się pytanie: opisywana krzywa blasku Cep A HW2 jest periodyczna czy quasi-periodyczna?

ul. Orla 171

PL 30-244 Kraków

tel. +48(12) 623-86-20

fax +48(12) 425-13-18

<http://www.aa.uj.edu.pl>

9) Na Rys. 2.6 ze str. 27 brak na osiach jednostek strumienia.

10) W publikacji [P3] na str. 3 pojawiają się krzywe blasku dla obiektu G45.804-0.356. Widać na nich generalny trend spadku blasku wraz z czasem. Czy przed fazowaniem ten trend był usunięty, tzn. czy robiono „bazowanie”? Widać tutaj duży rozrzut punktów pomiarowych (dobrze widoczny na fazowanym wykresie) i wydawałoby się, że wyznaczenie okresu dla tego obiektu powinno być obarczone dużym błędem. Jednakże w Tabeli 1 na str. 4 błędy dla tego obiektu są zdecydowanie mniejsze niż dla obiektu G49.043-1.079.

Uwagi edytorskie i inne:

1) W spisie treści nie zostały uwzględnione: bibliografia, spis wszystkich prac naukowych opublikowanych przez Doktoranta oraz trzy publikacje naukowe Doktoranta.

2) Na str. 15 pojawia się zdanie „Szczegółowsze badanie wybranych obiektów....”. Lepiej napisać „Bardziej szczegółowe badanie wybranych obiektów....”

3) Zapis podawanych referencji w *Bibliografii* (str. 31-34) jest w dużym stopniu niejednorodny.

Podsumowanie

Przedstawiona rozprawa, w świetle powyższego wyводу, spełnia formalne i zwyczajowe kryteria stawiane pracy doktorskiej. W związku z powyższym wnioskuję o dopuszczenie Pana Michała Tomasza Durjasza do dalszych etapów postępowania, w tym publicznej obrony.

Wnoszę ponadto, biorąc pod uwagę nowatorski i szeroki zakres oraz ważne wyniki, o wyróżnienie rozprawy. Podjęty projekt doktorski jest ważny dla zrozumienia procesu formowania masywnych gwiazd. Przyniósł on bogate i ciekawe wyniki, opublikowane w poczytnym periodyku, które w niespełna rok po ukazaniu się drukiem są już wielokrotnie cytowane.

Nie sposób nie zauważyć również dużego zaangażowania Doktoranta w inne podobne do doktorskiego projekty naukowe, czego dowodem jest jego współautorstwo wielu (nie zaliczonych do rozprawy) publikacji (recenzowanych i konferencyjnych). Na uwagę zasługuje np. wieloautorska praca pt. *A Keplerian disk with a four-arm spiral birthing an episodically accreting high-mass protostar* opublikowana w *Nature Astronomy* (Burns, i in. 2023, *NatAs*, 7, 557).



UNIWERSYTET
JAGIELLOŃSKI
W KRAKOWIE

Obserwatorium

Astronomiczne

ul. Orla 171

PL 30-244 Kraków

tel. +48(12) 623-86-20

fax +48(12) 425-13-18

<http://www.aa.uj.edu.pl>