

dr hab. Wojciech Lewandowski, prof. UZ
Instytut Astronomii im. prof. Janusza Gila,
Wydział Fizyki i Astronomii,
Uniwersytet Zielonogórski

Recenzja pracy doktorskiej mgr Michała Durjasza:

Poszukiwanie masywnych protogwiazd o zmiennej akrecji identyfikowanej przez wybuchy maserów metanolu.

Przedstawiona mi do recenzji praca mgr. Michała Durjasza dotyczy przeprowadzonych przez niego badań linii widmowych maserów metanolu na częstotliwościach 6.7 GHz oraz 12.2 GHz. Efekt maserowy prowadzący do emisji linii widmowych metanolu zachodzi głównie w otoczeniach masywnych młodych obiektów gwiazdowych (HMYSO - high mass young stellar objects), a w szczególności w zewnętrznych częściach dysków okołogwiazdowych. W wielu wypadkach emisja tego typu jest zmienna w czasie, i ma charakter rozbłysków, co oznacza że warunki prowadzące do powstania efektu maserowego nie występują normalnie w tych obiektach. Do emisji maserowej dochodzi tylko przy wystąpieniu odpowiednich warunków, związanych zazwyczaj z aktywnością samej protogwiazdy lub wewnętrznych obszarów dysku akrecyjnego wokół tejże. W przedłożonej pracy autor przedstawił wyniki swoich badań, które w dużej mierze dotyczą właśnie badania zmienności emisji maserów metanolu, a w szczególności analizy danych obserwacyjnych zebranych głównie za pomocą 32-metrowego radioteleskopu Centrum Astronomii UMK w Piwnicach pod Toruniem. Wchodzące w skład przedstawionej rozprawy doktorskiej publikacje skupiają się na prezentacji wyników obserwacji, ich analizie statystycznej, analizie zaobserwowanej zmienności, oraz porównaniu charakteru emisji i jej zmienności pomiędzy różnymi składnikami obserwowanych linii widmowych (pochodzącymi z różnych lokacji w otoczeniu gwiazdy) lub różnymi częstotliwościami (6.7 i 12.2 GHz). W kilku kluczowych wypadkach autor używa również obserwacji interferometrycznych, uzyskanych z użyciem interferometrii wielkobazowej VLBI; używane są dane archiwalne, jak i dane zbierane w ramach złożonego przez pana mgr. Durjasza projektu obserwacyjnego. Obserwacje interferometryczne pozwalają zlokalizować położenie emisji maserowej względem protogwiazdy i jej dysku akrecyjnego, co ma kluczowe znaczenie dla zrozumienia mechanizmów prowadzących do takiej emisji, oraz wyjaśnienia jej zmienności. Między innymi dzięki tym dodatkowym badaniom przedstawione publikacje zawierają także próbę interpretacji uzyskanych wyników, która polega zazwyczaj na wskazaniu najbardziej prawdopodobnego mechanizmu fizycznego prowadzącego do powstania sporadycznej emisji maserowej.

Przedłożona praca doktorska składa się z części opisowej oraz trzech publikacji. W rozprawie na 23 stronach jej zasadniczej części autor streszcza aktualny stan wiedzy na temat kosmicznych maserów metanolu, oraz używanych metod akwizycji i analizy danych obserwacyjnych. Rozprawa zawiera także streszczenie wyników zawartych w załączonych publikacjach. Trzy publikacje wchodzące w skład pracy opublikowane zostały w recenzowanym czasopiśmie:

- P1) praca **“Observations of 12.2 GHz methanol masers towards northern high-mass protostellar objects”**, sygnowana przez *Durjasz, M., Szymczak, M., Wolak, P., & Bartkiewicz, A.* opublikowana została w *Astronomy & Astrophysics vol. 648* w roku 2021. 5-letni impact factor dla A&A wynosi 5.6. Praca do tej pory cytowana była jeden raz.¹
- P2) praca **“Discovery of recurrent flares of 6.7 GHz methanol maser emission in Cepheus A HW2”** napisana przez *Durjasz, M., Szymczak, M., Olech, M., Bartkiewicz, A.*, która ukazała się w roku 2022 w *Astronomy & Astrophysics vol. 663*. Praca ta nie ma na chwilę obecną żadnych cytowań.

¹wszystkie wartości Impact Factor i liczby cytowań podawane są na podstawie serwisu *Web of Science*, stan na dzień 8 grudnia 2023 roku

- P3) praca **“Detection of periodic flares in 6.7 GHz methanol masers G45.804-0.356 and G49.043-1.079”**, sygnowana przez *Olech, M., Durjasz, M., Szymczak, M., Bartkiewicz, A.* ukazała się w roku 2022 w czasopiśmie *Astronomy and Astrophysics*, (vol. 661). Do dnia dzisiejszego (8 grudnia 2023) praca doczekała się 4 cytowań (bez autocytowań).

W dwóch z wymienionych wyżej publikacji pan mgr. Michał Durjasz jest pierwszym autorem, co wyraźnie wskazuje na jego większościowy udział w powstaniu tych prac, w trzeciej z publikacji znajduje się on na drugim miejscu, co wskazuje że jego wkład w powstanie publikacji był znaczący. Wszystkie wymienione powyżej prace opublikowane zostały w jednym z najbardziej cenionych czasopism, europejskim *Astronomy & Astrophysics*, które legitymuje się średnim Impact Factorem 5.6 (na przestrzeni ostatnich 5 lat) oraz jeszcze wyższym biorąc pod uwagę wyłącznie ostatni podsumowany rok 2022 (IF 6.2). Gwarantuje to, że publikacje te zostały już ocenione przez wysokiej klasy specjalistów w zakresie obserwacji maserów metanolu.

Wszystkie te prace wykazują się bardzo niewielką ilością cytowań: od 0 do 4, przy czym praca z 4 cytowaniami to ta w której pan mgr. Durjasz jest drugim autorem. Niewielka liczba cytowań jest zrozumiała, gdyż dwie z nich opublikowane zostały w roku 2022 (P3 w marcu zaś P2 w lipcu), wskazuje to jednak również na to iż nie są to prace które w swojej dziedzinie uznać należałoby uznać za “rewolucyjne”. Charakter tych prac, a w szczególności P1, która prezentuje wyniki przeglądu pewnej klasy obiektów, docenione zostają zazwyczaj z upływem lat, i moim zdaniem wykorzystywane będą przez środowisko naukowe w kolejnych latach, a ich cytowalność powinna znacząco wzrosnąć.

Przetawiona rozprawa doktorska uzupełniająca wspomniane wyżej publikacje ma 36 stron z czego jej część zasadnicza (pomijając wstęp, streszczenie, bibliografię itp.) to zaledwie 23 strony. Składa się ona z trzech rozdziałów i została napisana w języku polskim (ze streszczeniem w języku angielskim). W rozdziale pierwszym autor skrótkowo opisuje mechanizm emisji maserowej oraz jego związek z masywnymi młodymi obiektami gwiazdowymi (HMYSO's). Przedstawione zostały tu najważniejsze informacje dotyczące samej emisji maserowej, oraz jej specyficznych aspektów istotnych dla zrozumienia powstawania maserów molekuly metanolu. Podrozdział 1.2 opisuje cel i motywację podjęcia się tego typu badań, oraz zawiera bardzo zdawkowy opis użytego instrumentarium, tj. głównie 32-metrowego radioteleskopu CA UMK, oraz obserwacji przeprowadzonych z użyciem interferometrii wielkobazowej VLBI (EVN - European VLBI Network). W podrozdziale tym znajduje się także krótki opis metod analizy danych użytych do uzyskania wyników.

W rozdziale drugim autor streszcza stanowiące główną część rozprawy publikacje, oraz opisuje najważniejsze uzyskane rezultaty. Praca P1 dotyczy przeglądu znanych maserów metanolu z użyciem 32 metrowego radioteleskopu w Piwnicach, prowadzonym w celu wykrycia emisji na częstotliwości 12.2 GHz. W ramach przeglądu udało się dokonać 36 detekcji źródeł maserowych (spośród 153 badanych obiektów), z czego w czterech obiektach emisję na tej częstotliwości udało się zaobserwować po raz pierwszy. W pracy (i w tej części rozprawy) dyskutowane są poszczególne ciekawe przypadki obiektów, przy czym najciekawszym z nich jest G107.298+5.639, obiekt dla którego stwierdzono okresową zmienność na obu obserwowanych częstościach, a sama zmienność ma charakter “rozbłysków”. Analiza danych pozwoliła ustalić, że zmienność masera 12.2 GHz następuje z opóźnieniem w stosunku do zaobserwowanej emisji na częstotliwości 6.7 GHz. Pozwoliło to autorom stwierdzić, że w tym wypadku powodem zmienności są najprawdopodobniej zmiany temperatury w obłoku pyłowym w którym dochodzi do emisji maserowej.

Podrozdział 2.2 zawiera streszczenie pracy P2 i dotyczy analizy zmienności emisji maserowej w obiekcie Cepheus A HW2. Analiza przeprowadzona została na podstawie 12 lat obserwacji prowadzonych z użyciem 32 metrowego radioteleskopu CA UMK - obserwacje prowadzone były w latach 2009-2021 w ramach projektu monitoringu maserów 6.7 GHz. Dodatkowo autorzy wykorzystali wyniki z dwóch projektów obserwacyjnych VLBI przeprowadzonych w roku 2020, w celu lokalizacji przestrzennej różnych składników emisji maserowej. Wykorzystane zostały także wcześniejsze obserwacje interferometryczne tego źródła. Unikalna baza danych z monitoringu toruńskim radioteleskopem pozwoliła na dogłębną analizę zmienności i korelacji poszczególnych składników linii widmowej, co w połączeniu z lokalizacją obserwowanych emisji w obserwacjach VLBI pozwoliło na określenie mechanizmu powstawania zmienności i pozwoliło wyjaśnić wiele nietypowych cech obserwacyjnych i fizycznych badanego obiektu.

Kolejny rozdział zawiera krótkie streszczenie pracy P3, w której pan mgr. Durjasz jest drugim autorem. Praca ta jest kolejnym efektem wykorzystania danych z projektu monitorowania źródeł maserów metanolu na częstości 6.7 GHz, prowadzonego z użyciem 32 metrowego radioteleskopu CA UMK. Autorzy skupili

się tu na dwóch ciekawych obiektach wykazujących zmienność emisji o charakterze rozbłyskowym. W obu wypadkach wykryto okresowe zmiany emisji o nietypowo długim okresie przekraczającym 400 dni. Użyte zostały także obserwacje w podczerwieni (z satelitarnego teleskopu NEOWISE) w celu zbadania korelacji zmienności emisji maserowej ze zmianami strumienia w tym zakresie promieniowania elektromagnetycznego. W pracy, poza prezentacją wyników i analizą zaobserwowanej zmienności zbadano także korelację zmienności pomiędzy różnymi składnikami obserwowanych linii widmowych, co pozwoliło wykryć występujące pomiędzy składnikami opóźnienia obserwowanych zmian jasności. Na tej podstawie autorzy dyskutują morfologiczne i strukturalne własności obserwowanych obiektów. Wynikiem tych rozważań jest stwierdzenie, że w jednym wypadku okresowy charakter zmienności spowodowany jest modulowaną akrecją na YSO, natomiast w drugim wypadku nie udało się zidentyfikować jednego dominującego mechanizmu.

Ostatni, trzeci rozdział rozprawy stanowi pół-stronicowe i bardzo zdawkowe podsumowanie najważniejszych uzyskanych wyników.

Ocena pracy i uwagi krytyczne

Na przedstawioną mi do recenzji pracę składa się cykl trzech publikacji oraz rozprawa je podsumowująca. Wszystkie 3 publikacje ukazały się w renomowanym czasopiśmie *Astronomy & Astrophysics*. Gwarantuje to moim zdaniem, że wszystkie te publikacje zostały już zrecenzowane przez specjalistów wyznaczonych przez edytorów *A&A*, nie jest więc moją rolą ich powtórne recenzowanie. Jak do tej pory (stan na 8 grudnia 2023) prace te zostały jedynie w niewielkim stopniu zauważone przez środowisko naukowe, co wynika w dużej mierze z faktu iż publikacja nastąpiła w latach 2021 i 2022. Dodatkowo charakter publikacji - P1 jest prezentacją wyników z przeglądu maserów metanolu, P2 i P3 dotyczą wybranych ciekawych obiektów tego typu - również wpływa na ilość cytowań w tak krótkim okresie. W mojej opinii prace te zostaną wkrótce zauważone: do pracy P1 będą się odnosić naukowcy badający masery metanolu, szczególnie że jest to najbardziej kompletny katalog maserów na częstotliwości 12.2 GHz. Prace P2 i P3 traktują o tak intrygujących obiektach, że zadziwiającym byłoby gdyby nikt nie podjął tego tematu. To jednakowoż wymagać będzie dodatkowych obserwacji i ich analizy na co potrzeba często więcej niż jeden rok który upłynął od momentu publikacji.

Dołączona do publikacji rozprawa powinna spajać przedstawione prace i dodawać informacje dotyczące podstawowej wiedzy na temat badań maserów metanolu. Ta część rozprawy jest bardzo krótka - 36 stron, z czego tylko 23 zasadniczego tekstu (pomijając wstępy, bibliografię itp.). Jest to moim zdaniem trochę mało jak na wprowadzenie czytelnika w opisywany w rozprawie temat, szczególnie jeśli się weźmie pod uwagę całkiem spore marginesy oraz fakt użycia bardzo obszernej interlinii (1.5?). Pierwsze odniesione przeze mnie wrażenie było takie, że autor chciał za pomocą tych interlinii i marginesów sztucznie "napompować" tę część rozprawy by rozciągnąć ją na jak najwięcej stron i zakamufłować w ten sposób jej lakoniczność.

Pod względem merytorycznym ta część rozprawy spełnia (choć moim zdaniem w stopniu minimalnym) wszystkie wymagania rozprawy naukowej, stanowi przydatny, choć być może za bardzo skrócony wstęp do rozważanego zagadnienia i podsumowuje wyniki uzyskane w przedstawionych publikacjach.

Do najważniejszych wyników w całokształcie przedstawionej rozprawy należy zaliczyć opublikowanie wyników przeglądu maserów metanolu na częstotliwości 12.2 GHz, a także prezentacja kilku bardzo ciekawych przykładów obiektów zmiennych, oraz próby wyjaśnienia obserwowanej zmienności emisji. I choć autor (autorzy) prac nie przedstawiają w tych wypadkach żadnych rozstrzygających konkluzji, to wyniki przez nich uzyskane są na pewno bardzo wartościowe. Analiza i próba interpretacji przypadków "specjalnych" jest bardzo często kluczowym elementem naszych prób zrozumienia zagadnień z zakresu astrofizyki i bardzo często prowadzi do weryfikacji i ulepszenia ogólnie przyjętych modeli zjawisk i obiektów. Jestem przekonany że wyniki zaprezentowane w publikacjach pana mgr. Durjasza będą cennym źródłem informacji dla teoretyków zajmujących się tym tematem.

Moje uwagi krytyczne dotyczą głównie kwestii edytorskich rozprawy, a w szczególności jej części opisowej spisanej w języku polskim. Najważniejsze z nich wypunktowałem poniżej:

- Wspomniana wyżej, mocno bijąca w oczy skrótowność części opisowej rozprawy. Po kimś pretendującym do stopnia doktora można by się spodziewać więcej niż absolutne minimum przedstawione przez autora.
- Zbyt częste używanie w tej części rozprawy slangu fachowego i nieoczywistych skrótów myślowych:

tego typu terminologia jest właściwa dla publikacji naukowych do których sięgną specjaliści w temacie, ale nie w doktoracie który przeznaczony jest dla nieco szerszego odbiorcy.

- Użycie słów będących kalkami z języka angielskiego, jak chociażby “flary” czy “pojaśnienia”. Mamy w języku polskim odpowiednie słowa, używane również w różnych gałęziach astrofizyki, tak jak np. “rozbłyśki”.
- Niektóre informacje podane szczególnie w pierwszym rozdziale są tak skrótowe i lakoniczne, że niewprawiony czytelnik mógłby je źle zrozumieć: np. str. 7 *“to one właśnie, jako supernowe wprowadzają do ośrodka międzygwiazdowego fale uderzeniowe oraz materię z cięższymi pierwiastkami.”* - bardzo nieprecyzyjne określenie; ile tych pierwiastków jest i o jakie tu pierwiastki chodzi?. Albo na końcu tej samej strony: *Naturalnym sposobem na oddzielenie populacji gwiazd masywnych od pozostałych jest właśnie moment wejścia na ciąg główny.* - w jakim sensie “moment” jest tu istotny? Autorowi chodziło tu raczej o ich położenie na diagramie HR w momencie osiągnięcia ciągu głównego wieku zero (Zero Age Main Sequence, albo w skrócie ZAMS). Tego typu nieścisłości, niejasności i niedopowiedzenia pojawiają się w jeszcze kilku miejscach, co utrudnia lekturę.
- Kilka niefortunnych i dziwnie brzmiących w języku polskim sformułowań, co zazwyczaj spowodowane jest kalką z języka angielskiego: np. str. 15 *Pozwoliło to na uniknięcie ryzyka braku detekcji pojaśnień w okresie...* - można byłoby to dużo klarowniej lepiej gramatycznie napisać, np. “pozwoliło to na minimalizację ryzyka nie wykrycia rozbłyśków które mogły wystąpić w tym okresie”.
- kilka drobniejszych błędów gramatycznych nie mających większego znaczenia dla odbioru.
- jeden drobny, ale powtórzony co najmniej dwukrotnie błąd w publikacji P1, choć nie jest to wina autora a raczej edytora: akronim HMYSO (high mass young stellar object) zmieniony na HYMSO.

Muszę podkreślić że moje uwagi choć w sposób znaczący wpływają na ogólny odbiór pracy (szczególnie w jej części opisowej), nie są na tyle istotne, żeby przesłonić naukową i merytoryczną wartość przedstawionej rozprawy. Poza wyżej wspomnianymi usterkami (z których część może być uznana za wysoce subiektywną) praca napisana jest w przeważającej większości poprawnym i naukowo ścisłym językiem, odpowiednim dla pracy doktorskiej.

Podsumowanie oceny

Przedstawiona praca doktorska dowodzi, że pan mgr. Durjasz opanował w stopniu bardziej niż zadowalającym techniki obserwacji, metodologię analizy danych, oraz posiada bardzo dobre umiejętności wykorzystywania źródeł literaturowych. Przeprowadzona w publikacjach i streszczona (być może zbyt mocno) w ramach rozprawy dyskusja wskazuje, że potrafi on wyciągać logiczne wnioski z uzyskanych rezultatów obserwacyjnych, a także iż potrafi uniknąć nadinterpretacji wyników. Tezy przedstawione w ramach dyskusji wyników i w podsumowaniach są zrównoważone i wskazują iż autor/autorzy zdają sobie sprawę z ograniczeń dostępnych danych obserwacyjnych i często ich niejednoznaczności.

Podsumowując uważam, że mgr. Michał Durjasz uzyskał i przedstawił bardzo ciekawe i znaczące dla środowiska naukowego wyniki, które przyczyniają się lepszemu zrozumieniu mechanizmów powstawania zjawiska maserowego w otoczeniu młodych obiektów gwiazdowych. **Stwierdzam, że przedstawiona mi do recenzji praca spełnia ustawowe i zwyczajowe wymogi stawiane pracom doktorskim i wnioskuję o dopuszczenie mgr. Michała Durjasza do dalszych etapów postępowania doktorskiego.**

dr hab. Wojciech Lewandowski, prof. UZ

Zielona Góra, 8 grudnia 2023