



Dr. hab. Anna Bartkiewicz  
Centrum Astronomii  
Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej  
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

### Recenzja pracy doktorskiej Pani magister Magdaleny Jastrzębskiej pt. *Deuterated molecules in star-forming regions*

Praca doktorska pani Magdaleny Jastrzębskiej oparta jest na trzech jednoautorskich, recenzowanych publikacjach. Jedna praca została opublikowana w *Astrophysical Journal*, zaś dwie w *Acta Astronomica*. Tematyką publikacji jest zagadnienie cząsteczek zawierających deuter, w szczególności HDO oraz jonu DCO<sup>+</sup>.

Przedłożona mi praca doktorska zawiera streszczenia (abstract) w języku angielskim i polskim oraz opis (synopsis) w języku angielskim. Publikacje zawarte są w trzech dodatkach. Wstępne uwagi:

a) brakuje wyjaśnienia odnośnie różnych danych osobowych, w publikacjach podana jest wersja: M. Kulczak-Jastrzębska lub Magda Kulczak-Jastrzębska, zaś praca doktorska jest autorstwa Magdaleny Jastrzębskiej,

b) zastanawiający jest brak publikacji wchodzących do rozprawy doktorskiej napisanych wspólnie z promotorem czy promotorem pomocniczym. Przy czym należy docenić 100% wkład do powyższych publikacji Pani Jastrzębskiej,

c) brak podawania referencji. W szczególności dotyczy to rysunków: Figs 1, 4, 5, 6, 7. Podanie terminu „*credit: Nature*” nie jest też odpowiednią cytacją (Fig. 8).

Obserwacje cząsteczek w ośrodku międzygwiazdowym są ważnym elementem badawczym dzisiejszej astrofizyki. W ogólności badane są miejsca powstawania gwiazd, mniej i bardziej masywnych, by znaleźć odpowiedź na pytanie jak powstał nasz świat. Od niedawna można badać gęste obszary, jakimi są miejsca powstawania gwiazd wykorzystując obserwacje w zakresie podczerwieni, mikrofal czy fal radiowych. Przedstawione publikacje w rozprawie doktorskiej oparte są głównie na obserwacjach w zakresie submilimetrycznym uzyskanych 10 m teleskopem Caltech Submillimeter Observatory (CSO).

W opisie (rozdział 3) Pani Jastrzębska przytacza skrótową historię odkrycia i badań materii międzygwiazdowej, przedstawia też astronomię podczerwieni i fal submilimetrycznych, następnie charakteryzuje różnorodność obłoków molekularnych. Czwarta część rozdziału 3 poświęcona jest międzygwiazdowemu pyłowi od zjawisk ekstynkcji i poczerwienienia do chemii zachodzącej na ziarnach pyłu. Przystępnie i dosyć obszernie przedstawione są reakcje chemiczne, w wyniku których powstaje cząsteczka wody H<sub>2</sub>O. Niestety Autorka lakonicznie na koniec podaje, że „*More detailed discussion on the chemical reactions important for formation of HDO and DCO<sup>+</sup> is given in the 3 papers included as appendices*”. W tym miejscu przydałoby się wprowadzenie w tematykę, której poświęcone są publikacje wybrane do rozprawy doktorskiej. W kolejnej części opisu (podrozdział 3.5) przedstawione jest zagadnienie powstawania gwiazd z podziałem na mniej i bardziej masywne gwiazdy, wspomniane są też wypływy. Tę część pracy doktorskiej (podrozdziały 3.1–3.5) oceniam pozytywnie, tekst dobrze się czyta, kolejność podrozdziałów jest logiczna. Pani Jastrzębska powołuje się na odpowiednią literaturę, głównie *Astronomy and Astrophysics*, *Astrophysical Journal*, *Monthly Notices of Royal Astronomical Society* oraz *Nature*, czyli wiodące naukowe czasopisma astronomiczne.

W części 6 rozdziału 3 zawarto wstęp informacyjny do załączonych publikacji. Niestety opis potraktowano bardzo skrótowo, recenzent odesłany jest do dodatków załączonych do pracy doktorskiej. Moim zdaniem zabrakło też podkreślenia i podsumowania głównych osiągnięć z wszystkich trzech publikacji, czyli co osiągnięto w tematyce rozprawy. Autorka wyjaśnia, że w publikacjach z 2016 i 2017 roku użyto zredukowane dane archiwalne z CSO. Nie jest jednak jasne, czy to samo tyczy się danych przedstawionych w publikacji z 2018 roku. Przy użyciu modelu opisanego w Zmuidzinas i inni (1995) wyznaczono obfitość cząsteczek HDO w zewnętrznych warstwach niektórych obszarów. Konkluzją dla publikacji 1 i 2 jest stwierdzenie, że cząsteczek HDO jest więcej w centralnych obszarach, gdzie środowisko jest cieplejsze,  $T > 100$  K. Autorka podsumowuje, że jest to zgodne z innymi wynikami, ale nie podaje referencji w zdaniu: „*This is consistent with other observations of regions where low mass and massive stars are formed (e.g., NGC 1333, IRAS2A, IRAS 16293–2422, AFGL 2591, G34.26).*” Podsumowując publikację 3 Autorka podaje, że emisja DCO<sup>+</sup> reprezentuje chłodny, gęsty gaz, gdzie zachodzą procesy deuteryzacji, choć nie we wszystkich obiektach wyniki są jednoznaczne. Konieczne są obserwacje z wysoką rozdzielczością kątową.

### Publikacje

Załączone trzy publikacje (dodatki A, B, C), które są podstawą pracy doktorskiej zostały opublikowane w *Acta Astronomica* (2) oraz *Astrophysical Journal* (1 praca). Konieczne jest podkreślenie, że wszystkie są jednoautorskie. Autorka dziękuje za dyskusje z prof. Maryvonne Gerin i prof. Dariuszowi Lisowi (publikacje 1, 2, 3), dostarczenie skalibrowanych danych H<sub>2</sub><sup>18</sup>O z programu PRISMAS przez prof. Nicolasa Flagey’a (publikacja 2) oraz za dyskusję prof. Evelyne Roueff (publikacja 3). Sugeruje to, że Autorka poradziła sobie samodzielnie z tematyką przedstawioną w publikacjach, tj. zdeuterowanymi cząsteczkami w obszarach narodzin gwiazd.

Publikacja 1 *Observations of HDO in the High-Mass Star Forming Regions* przedstawia modelowe wyznaczenie obfitości HDO w wybranych pięciu obszarach powstawania masywnych gwiazd. Po krótkim wstępie dołączono przejrzyste wprowadzenie w temat powstawania cząsteczki HDO. Do zaobserwowanych widm dopasowano profile funkcji Gaussa oraz profile wygenerowane przez model przedstawiony w publikacji Zmuidzinas i inni (1995). Autorka podkreśla w podsumowaniu, że model stosuje prostą geometrię i nie uwzględnia wszystkich złożonych zjawisk fizycznych, jednak otrzymane dopasowania wskazują na rozsądne, porównywalne z wynikami innych grup badawczych wyniki. Jakże zatem założenia powinny być uwzględnione, by urzeczywistnić model? W rezultacie oszacowano obfitość HDO w chłodnych, zewnętrznych obszarach otoczek. Publikacja ta wg NASA ADS ma jedną autocytację. W Tabeli 1 podano odległości wyznaczone nowoczesną techniką paralaksy trygonometrycznej przy użyciu interferometrii wielkobazowej (Reid i inni 2009; Sanna i inni 2014, Rygl i inni 2012). Jednakże odległości do obiektów Sgr B2(N) i Sgr B2(M) wyznaczone przy pomocy rejestracji ruchów własnych maserów wody to odpowiednio 7,8 kpc i 7,7 kpc wg cytowanej publikacji Reid i inni (2009), a nie 8,5 kpc jak podano.

Publikacja 2 *Analysis of Low Excitation HDO Transitions toward the High-mass Star-forming Regions G34.26+0.15, W51e<sub>1</sub>/e<sub>2</sub>, and W49N* dotyczy wyników obserwacji trzech obszarów powstawania masywnych gwiazd. W tym przypadku analizowane są dwa przejścia linii HDO oraz dodane są wyniki dla linii H<sub>2</sub><sup>18</sup>O z Flagey i inni (2013). Metoda wyznaczeń obfitości HDO jest szczegółowo opisana, podobnie jak w Publikacji 1 użyto model przedstawiony przez Zmuidzinas i inni (1995). Wszelkie założenia są dobrze wyjaśnione i w rezultacie otrzymano wyniki dla obszarów (otoczek) wewnętrznych i cieplejszych oraz zewnętrznych i chłodniejszych. W ogólności badania dotyczące wyznaczania obfitości HDO są unikalne, nie ma zbyt wielu danych. W przypadku źródła G34.26+0.15 otrzymane wyniki można porównać z danymi w publikacjach w Liu i inni (2013) oraz Coutens i inni (2014). Różnice w otrzymanych wynikach najprawdopodobniej wynikają z różnych założeń modeli, jak stwierdza Autorka. Wg NASA ADS praca nie została jeszcze zacytowana.

W publikacji 3 *Deuterated Molecules in Star-Forming Regions* Autorka porównuje rozkład

emisji  $\text{DCO}^+$  z rozkładem  $\text{H}_2$  i  $\text{CO}$  w sześciu obszarach narodzin gwiazd. Rozdzielczość dostępnych map to kilka sekund łuku. Na ich podstawie w czterech obiektach stwierdzono zależność między występowaniem jonu  $\text{DCO}^+$  a obszarami oddalonymi od protogwiazd związanymi prawdopodobnie z wypływami, czy też tzw. szokami. W dwóch obiektach: Barnard 1 i NGC 1333 IRAS 4, maksimum emisji  $\text{DCO}^+$  położone jest w projekcji na niebie w pobliżu zwartych obszarów zawierających protogwiazdy. Moim zdaniem brakuje zbiorczego podsumowania przedstawionego projektu. Trafne jest zaś popularne stwierdzenie, że następnym krokiem prowadzącym do poznania scenariuszy zachodzących w obiektach są obserwacje o lepszej rozdzielczości kątowej. Praca nie została jeszcze zacytowana.

### Uwagi edytorskie

Rozprawa doktorska napisana jest pod względem edytorskim na wysokim poziomie. Zawiera wszystkie konieczne części, choć niektóre z nich potraktowane są bardzo skrótowo. Jak już wspomniałam powyżej, brakuje referencji do załączonych ilustracji. Nie jest też widoczny cały rysunek 6 w rozdziale 3. Autorka cytuje odpowiednią literaturę naukową związaną z zaprezentowaną tematyką.

### Podsumowanie

Pani Magdalena Jastrzębska zaprezentowała jako pracę doktorską trzy publikacje, których jest jedynym autorem wraz z ich opisem i streszczeniami. Wspólną tematyką opublikowanych prac są badania cząsteczek zawierających deuter. Autorka, jak sama wymienia, uczestniczyła także w przygotowaniu dwóch publikacji dotyczących węglowodorów w materii międzygwiazdowej, po jednej do *Astronomy and Astrophysics* (Gerin i inni 2011) oraz do *Acta Astronomica* (Kulczak-Jastrzębska i inni 2012). Według bazy NASA ADS Pani Jastrzębska jest współautorką jeszcze trzech prac konferencyjnych (w tym dwóch doniesień dla Polskiego Towarzystwa Astronomicznego). Niestety, brakuje cytowań powyższych prac naukowych, być może zabrakło prezentacji konferencyjnych dla ich upowszechnienia. Jedynie publikacja Gerin i inni (2011) posiada znaczącą liczbę cytowań (34 na dzień 18.09.2018 wg NASA ADS). Pani Jastrzębska jest w niej trzecią autorką.

Na podstawie przedłożonej mi pracy doktorskiej rekomenduję Panią Magdalenę Jastrzębską do dopuszczenia do dalszych etapów przewodu doktorskiego. Pani Jastrzębska w sposób oryginalny przedstawiła rozwiązanie problemu naukowego, jakim jest zagadnienie powstawania wybranych cząstek zawierających deuter w obszarach narodzin gwiazd. Wykorzystała udostępnione jej dane obserwacyjne, przeanalizowała je i przedstawiła rezultaty w formie recenzowanych publikacji w naukowych czasopismach astronomicznych.

*J. Bartłuciuć*