



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

dr hab. Tomasz Kamiński
Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika PAN w Toruniu
ul. Rabiańska 8, 87-100, Toruń

Recenzja pracy doktorskiej Aleksandry Leśniewskiej pt. *The Interstellar Medium. What it can tell us about stars that form it and evolve within it.*

Przedstawiona mi praca Aleksandry Leśniewskiej została napisana pod opieką dra hab. Michała Michałowskiego i dra Jakuba Nadolnego na Uniwersytecie Adama Mickiewicza w Poznaniu. Dysertacja napisana jest w języku angielskim i trzy jej rozdziały (2-4) są kopią artykułów opublikowanych w szanowanych wydawnictwach astronomicznych *A&A*, *ApJ* i *ApJS*. Struktura i skład pracy są bardzo przejrzyste. Każdy rozdział oparty na publikacji kończy się notatką opisującą wkład doktorantki do publikacji. Jest to bardzo pomocne dla recenzenta. Na podstawie tychże notatek i deklaracji współautorów wnoszę, że każdy artykuł zawiera dominujący i często oryginalny wkład doktorantki do prezentowanych badań. Poniżej prezentuję recenzje poszczególnych rozdziałów.

Rozdział 1

Wstęp stanowi około 25% tekstu rozprawy, jest więc dłuższy niż w większości prac doktorskich, co uważam za dużą zaletę. Rozdział stanowi łagodne wprowadzenie do zagadnień poruszanych w dalszych rozdziałach pracy, takich jak kosmiczny pył, jego formowanie i destrukcja w środowisku galaktycznym; nawiązano do klasyfikacji galaktyk w kontekście zawartości pyłu; omówiono podstawowe zagadnienia dotyczące szybkich i długich błysków gamma. Doktorantka opisuje złożone zagadnienia w bardzo przystępny sposób, odwołując się do klasycznych artykułów w danej dziedzinie. Rozdział napisany jest w języku angielskim, któremu nie można wiele zarzucić (znalazłem tylko kilka literówek, kilka powtórzeń i brakujących nawiasów w cytacjach). Wstępny rozdział demonstruje ponad wszelką wątpliwość, że doktorantka ma bardzo szeroki zakres wiedzy na temat pyłu w galaktykach i środowiskowych konsekwencjach jego przetwarzania.

**Mam tylko dwie uwagi, które nie odbierają rozdziałowi jego dobrej jakości. Przy opisie gwiazdowych źródeł pyłu pominięto aktualną dyskusję wpływu gwiazd podwójnych na powstawanie pyłu, również we wczesnym Wszechświecie. Pył na pewno powstaje w zderzających się wiatrach gwiazd masywnych, takich jak znane z Drogi Mlecznej eta Carinae czy gwiazdy Wolfa-Rayeta (np. WR 140; Marchenko & Moffat *MNRAS* 468, 2017; Lau et al.,

ApJ 898, 2020). Sama doktorantka nawiązuje w Rozdziale 5 do współczesnych odkryć tego typu. Poprzez oddziaływanie w ciasnych układach podwójnych małowymagowe gwiazdy w fazie AGB, RGB, czy nawet wcześniej, na MS, też zdają się produkować sporo pyłu, w tym poprzez fazę wspólnej otoczki (np. Lü et al. *ApJ* 768, 2013). Bardzo byłbym ciekaw opinii doktorantki, czy procesy te są w stanie, choć częściowo, wyjaśnić zaskakująco dużą zawartość pyłu w galaktykach (również w kontekście Rozdziału 2).**

Druga uwaga jest techniczna i dotyczy głównie terminologii. Uważam, że zwrot “dust removal”, za nieściśle w używanym kontekście, bo sugeruje mechaniczne/dynamiczne usunięcie pyłu z Galaktyki, a chodzi najczęściej o jego niszczenie poprzez rozbicie lub sublimację. Autorka nigdy nie użyła zwrotu “sublimacja” w Rozdziale 1., gdzie bym się tego najbardziej spodziewał. W podrozdziale 1.2, w przedostatnim akapicie przed 1.2.1, nie rozumiem ciągu logicznego w zdaniu: “H2 photodissociation occurs and, as a result, the molecular gas becomes optically thick”. Należałoby wskazać, w jakich przejściach czy na jakiej długości fali gaz staje się optycznie cienki. Zasadność tego zdania nie jest dla mnie oczywista, ale jest to szczegół, który nie zmienia mojej pozytywnej opinii o Rozdziale 1.

Rozdział 2. poddaje analizie zawartość pyłu w kilku galaktykach na przesunięciach ku czerwieni od 6 do 8.3, poszerzając tym próbkę młodych galaktyk przebadanych wcześniej pod tym kątem przez M. Michałowskiego i innych. Pomimo poszerzenia próbki, nie udaje się autorom jednoznacznie określić pochodzenia pyłu. Jest go za dużo jak na możliwości produkcyjne pyłu gwiazd AGB i supernowych. Możliwość wzrostu pyłu w ośrodku międzygwiazdowym jest wspomniana, ale nie jest dyskutowana w sposób ilościowy. Ta krótka praca pokazuje, że doktorantka opanowała warsztat i metodologię szacowania mas pyłu, gazu i całych galaktyk. Dyskusja możliwości produkcji pyłu przez gwiazdy AGB i supernowe demonstruje dobrą znajomość klasycznych hipotez powstawania pyłu. Potwierdza to szeroką wiedzę doktorantki.

Jedynie uwagi krytyczne, jakie mam do Rozdziału 2, to brak dogłębnej dyskusji niepewności w oszacowanych masach. Jako osoba, która nie jest zaznajomiona dobrze z tymi -- bardzo przybliżonymi -- metodami szacowania mas, dziwi mnie, że pojedyncze linie węgla czy tlenu są tak bezrefleksyjnie używane do pomiaru mas. Jeśli gaz w analizowanych galaktykach pochodzi głównie od supernowych, powinien on mieć znacząco różne stosunki C/H, O/H, czy % niż gaz pochodzący głównie od gwiazd AGB o pośrednich i dużych masach. Przy dyskusji tempa niszczenia pyłu przez supernowe (Rozdział 2.2) spodziewałbym się bardziej dogłębnej analizy procesów, które mogą prowadzić do mniej efektywnego niszczenia ziaren. Rozumiem jednak, że są to trudne i zawite zagadnienia. Braki te nie zmieniają bardzo dobrej jakości pracy.

Rozdział 3. jest specjalistyczną pracą poddającą analizie zawartość gazu i pyłu w galaktykach eliptycznych. Doktorantka użyła do tego celu danych katalogowych, z których wyselekcjonowała próbkę galaktyk eliptycznych o specyficznych własnościach. Zademonstrowała tym samym zdolność pracy z dużą bazą danych. Wyselekcjonowana próbka galaktyk jest następnie poddana szeregu testom i dopasowaniom określającym relacje pomiędzy masami pyłu, gazu i gwiazd, wiekiem galaktyk oraz tempem formowania gwiazd. Wielkości te są dość bezkrytycznie wzięte z katalogu (a przynajmniej tekst nie dyskutuje ich niepewności). Niezależnie od tego,

Rozdział 3. pokazuje, że doktorantka sprawnie posługuje się własnościami fizycznymi galaktyk, nawet pomimo dużego stopnia skomplikowania zależności pomiędzy tymi własnościami. Cała praca doktorantki jest wartościowym przyczynkiem do dziedziny, bo znacząco rozszerzyła wielkość próbki tej klasy galaktyk i poddała je próbie jakościowego określenia zmian zawartości pyłu międzygwiazdowego.

Jakość Rozdziału 3. jest nieco niższa niż poprzednich na poziomie edytorskim, np. tabele mają niepoprawne odnośniki w tekście, brakuje wyjaśnienia niektórych użytych skrótów czy oznaczeń. Na poziomie merytorycznym te braki nie mają znaczenia. Jak wspomniałem, praca jest bardzo specjalistyczna i, jako że nie jestem ekspertem od zgłębianego zagadnienia, zbrakło mi zupełnie wyjaśnienia, z jaką precyzją uzyskano parametry fizyczne w katalogu GEMA. Część wykresów pokazuje tylko medianę wszystkich niepewności pomiarowych, ale domyślam się, że te nie są zupełnie niezależne od mas/jasności galaktyk czy też od ich zetów. Nie wspomniano, czy zaproponowane dopasowania były ważone niepewnościami pomiarowymi. Jest to dla mnie niepokojące, tym bardziej że z tekstu wynika, że wiele z galaktyk było obserwowanych w dalekiej podczerwieni przy bardzo niskim (3-5) stosunku sygnału do szumu. Materiał przedstawiony w Rozdziale 3. był jednak recenzowany przez eksperta wybranego przez *ApJ*, więc zapewne spełnia wymagani środowiska ekspertów.

Rozdział 4

W Rozdziale 4. podjęto się próby identyfikacji pochodzenia tajemniczego długiego błysku gamma, GRB 111005A, na podstawie własności galaktyki goszczącej tenże obiekt. Tajemniczość błysku wiąże się m.in. z tym, że nie towarzyszyło mu zjawisko supernowej, spodziewane dla tak długich błysków jak GRB 111005A. Praca ostatecznie nie rozstrzyga natury obiektu, a tylko dyskutuje pewne cechy goszczącej galaktyki, często na podstawie bardzo poszlakowych obserwacji czy korelacji. Choć artykuł będący podstawą Rozdziału 4. nie dostarcza konkluzywnych wniosków, jest już trzecią pracą podejmującą ten temat dla GRB 111005A, a badania środowiskowe zjawisk przejściowych (ang. *transients*) są częstym tematem zainteresowań współczesnych badaczy. Praca Pani Leśniewskiej wpisuje się zatem w zastany trend analizy bardzo ciekawych obiektów, które trudno badać innymi metodami niż te środowiskowe właśnie.

W Rozdziale 4. doktorantka zademonstrowała w sposób zadowalający znajomość szeregu charakterystyk ośrodka międzygwiazdowego w galaktykach. W przeciwieństwie do poprzednich rozdziałów, w tym wypadku pył nie jest głównym podmiotem analizy. Na podstawie dość ograniczonych obserwacji, doktorantka w sposób dość szeroki i dogłębny dyskutuje strukturę i skład galaktyki ESO 580-49. W swobodny sposób żongluje znanymi korelacjami i zależnościami pomiędzy cechami grup galaktyk. Pod tym względem praca jest wnikliwa i wartościowa.

Mam jednak kilka negatywnych uwag do sposobu prezentacji danych. W przypadku opisu danych z MUSE, jako absolutne minimum spodziewałbym się znaleźć pokryty zakres widmowy i osiągniętą czułość obserwacji. Nie wiadomo, jakie linie zostały pokryte przez widma i jakie linie są widoczne. Przez dużą część pracy można się domyślać, że wykorzystano tylko emisje w H α , ale dyskusja metaliczności zdaje się sugerować, że mierzono też linie mgławicowe tlenu i azotu.

Informacje można odnaleźć w podanych referencjach, ale jest to kłopotliwe. Dużo poważniejszym problem jest niedostateczny opis danych interferometrycznych z GMRT. **Przy opisanym zachowaniu strumienia ze zmiennym parametrem *tapering* w CLEAN (Rozdział 4.5.1), konieczna jest dyskusja kompletności pokrycia płaszczyzny UV. Brakuje wykresu takiego pokrycia (albo wykresu amplitud funkcji widzialności w zależności od długości bazy interferometrycznej, Ampl. vs BL). Czytelnik nawet nie wie, jaki jest zakres wielkości użytych baz. Bez tych informacji trudno jest zrozumieć celowość użytych metod obrazowania. Również Rysunek 4.3 budzi zdziwienie, bo tak agresywne wartości *tapering* powinny powodować odstępstwa widma od tego mierzonego pojedynczą anteną.**

Jako że Rozdział 4. został opublikowany w *ApJS*, spodziewałbym się, że został poddany korekcie językowej przez specjalistę. Dlatego dziwi mnie spora liczba literówek, brak jednostek przy wartościach liczbowych i błędy gramatyczne. Są to jednak drobne niedoskonałości pracy, którą ogólnie oceniam jako bardzo dobrą.

Rozdział 5. jest podsumowaniem poszczególnych artykułów naukowych stanowiących trzon pracy. Podsumowanie jest uzupełnione przez krótki komentarz prezentujący nowe odkrycia ważne dla trzech zagadnień podjętych w pracy. Podkreśla on szeroką wiedzę doktorantki w podjętej dziedzinie badań.

W trakcie obrony sugeruję doktorantce odnieść się tylko do komentarzy oznaczonych podwójną gwiazdką (**).

Podsumowując, cała praca doktorska demonstruje w sposób przekonujący, że doktorantka opanowała warsztat i umiejętności wymagane do samodzielnej pracy naukowej. W szczególności zdobyła doświadczenie w pracy z dużymi katalogami danych i surowymi danymi archiwalnymi. Jest to bardzo perspektywiczne doświadczenie naukowe. Rozdział 1. przekonuje mnie również, że doktorantka ma szeroką wiedzę ogólną na tematy poruszane w dysertacji i w dziedzinie astronomii. Wszystkie artykuły naukowe będące podstawą dysertacji są oryginalne w tym sensie, że znacząco powiększają próbkę badanych obiektów, lub dodają nowe obserwacje, albo też proponują nowy kąt analizy danych. Cała praca doktorska podejmuje tematy, które są obecnie bardzo istotne, zwłaszcza w świetle rewolucji, którą przyniosły obserwacje Kosmicznym Teleskopem Jamesa Webba galaktyk na dużych zetach (np. w kontekście odkrycia tzw. *little red dots*). Prace Pani Leśniewskiej są już często cytowane.

W świetle powyższych uwag ja niżej podpisany stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska Aleksandry Leśniewskiej spełnia warunki określone w art. 191 ust. 1 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. Wnoszę o dopuszczenie Pani Leśniewskiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Tomasz Kamiński
Toruń, 10 lipca 2024