



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

Warszawa, 7 sierpnia, 2024

Rada Naukowa Dyscyplin
Nauki Fizyczne i Astronomia
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza
ul. Uniwersytetu Poznańskiego 2, 61-614 Poznań

Recenzja rozprawy doktorskiej pod tytułem:

"The Interstellar Medium. What it can tell us about stars that form it and evolve within it."

autorstwa mgr Aleksandry Leśniewskiej, napisana pod opieką

dr hab. Michała Jerzego Michałowskiego oraz dra Jakuba Nadolnego.

Rozprawa doktorska napisana przez mgr Aleksandrę Leśniewską prezentuje badania pyłu w ośrodku międzygwiazdowym, który to ostatnimi laty stał się bardzo ważnym przedmiotem eksploracji wielu grup badawczych. Uważa się, że pył stanowi istotny składnik praktycznie wszystkich obiektów astrofizycznych, a jego masa znacząco wpływa na ewolucję gwiazd. W przypadku narodzin nowych gwiazd w galaktykach pył koreluje się z intensywnością emisji obszarów formowania się nowych gwiazd. Natomiast w końcowych fazach ich ewolucji, obiekty znajdujące się na asymptotycznej gałęzi olbrzymów (z ang. asymptotic giant branch, AGB) stanowią swego rodzaju rezerwuar pyłu, który w postaci wypływów, oraz ostatecznego odrzucenia otoczki, przedostaje się do materii międzygwiazdowej. Badanie składu pyłu, mechanizmów jego powstawania i ubywania, oraz historii jego zawartości w podstawowych obiektach astrofizycznych jakimi są galaktyki, jest kluczowe dla zrozumienia ewolucji masy we Wszechświecie. Z pewnością temat stał się bardzo atrakcyjny z powodu dużej ilości aktualnych danych obserwacyjnych dostarczanych przez nowoczesne obserwatoria naziemne i satelitarne (w tym ALMA, JWST) w szerokim zakresie fal podczerwonych, gdzie emisja pyłu jest najsilniejsza. Obserwacje w podczerwieni najlepiej ze wszystkich innych zakresów elektromagnetycznych, potrafią rozdzielić przestrzennie obszary na niebie.

Mgr Aleksandra Leśniewska podjęła się tego zadania w swojej rozprawie doktorskiej, w której przeanalizowała trzy istotne zagadnienia: produkcję pyłu we wczesnych galaktykach, usuwanie pyłu z przestrzeni międzygwiazdowej, oraz wpływ chmury molekularnej neutralnego wodoru na obserwowane błyski gamma (z ang. gamma ray burst, GRB). Przy czym ostatnie zagadnienie jest próbą wyjaśnienia zagadkowego braku związku dwóch długich błysków gamma z wybuchami supernowych (z ang. SN). Znamy tylko trzy takie przypadki długich GRB, które nie wykazują związku z SN, więc próba powiązania tego faktu z pyłem jest bardzo odważna i ciekawa zarazem.

Rozprawa doktorska pani Leśniewskiej składa się z pięciu rozdziałów, z czego pierwszy jest wstępem, w którym autorka opisuje z czego składa się kosmiczny pył, jakie są mechanizmy jego postawania i ubywania w ośrodku międzygwiazdowym, oraz jakich nowoczesnych instrumentów używamy do obserwacji widma elektromagnetycznego emitowanego przez pył. Ponadto we wstępie pani Aleksandra przedstawia charakterystykę źródeł i procesów, którymi się zajmuje takich jak: galaktyki wczesnego typu i ich związek z SFR (z ang. star-formation rate), zależny od wieku gwiazd rozkład atomowego i molekularnego gazu, stan jonizacji tego gazu, zawiązek obserwowanego strumienia z masą pyłu, oraz zagadnienie długich (więcej niż 2 sec) błysków gamma.

Następne trzy rozdziały to kolejno opublikowane artykuły, wchodzące w skład rozprawy doktorskiej. Ukazały się one w renomowanych czasopismach astrofizycznych, a mgr Leśniewska jest we wszystkich pierwszą autorką, przy czym pierwsza publikacja jest dwuautorska i ukazała w specjalnych doniesieniach A&A Letters (najwyższej rangi odkrycia publikowane w czasopiśmie Astronomy & Astrophysics). Na koniec każdego z tych rozdziałów pani Aleksandra zaznacza swój wkład w publikację i zawsze jest on dominujący. Z drugiego rozdziału wynika, że mgr Leśniewska całą pracę, od gromadzenia danych, liczenia i rysowania przebiegu parametrów do napisania artykułu, wykonała samodzielnie. Rozumiem, że każdy krok był konsultowany z promotorem, ale wszystkie najbardziej pracochłonne czynności wykonała autorka. Fakt ten stanowi dla mnie jasną wskazówką, że pani Aleksandra potrafi samodzielnie przejść i scalić cały proces powstania pracy naukowej na najwyższym poziomie. To samo dotyczy pozostałych dwóch prac, a piszę o tym, gdyż studia doktorskie przede wszystkim służą nabywaniu umiejętności wykonywania pracy naukowej przy użyciu najlepszych dostępnych nam narzędzi. Rozprawa doktorska pani Aleksandry Leśniewskiej w sposób modelowy to pokazuje. Trzy publikacje pierwszo-autorskie, przy czym pierwsza obecnie jest cytowana 64 razy (według bazy ADS). W sumie pani Aleksandra jest współautorką 10 publikacji w czasopismach recenzowanych, a jej index Hirscha (H-index) wynosi 5. To bardzo dobry wynik na zakończenie etapu naukowego zwieńczonego doktoratem.

Ostatni rozdział zawiera podsumowanie rozprawy oraz najważniejsze wnioski i to właśnie ten rozdział najbardziej charakteryzuje naturę tej rozprawy. Jest napisany zwięźle i bardzo konkretnie, bez wnikania w szczegóły. Ale ja rozumiem, że natura badań pyłu właśnie troszkę jest taka. Wiele wniosków, do których dochodzimy to są nasze przypuszczenia na temat pewnych trendów, potwierdzone tylko nielicznymi

obserwacjami. Pani Aleksandra zanalizowała dane z satelity *Herschell* ponad 2050 galaktyk eliptycznych z dużą zawartością pyłu, co już wymaga olbrzymich nakładów ludzkiej pracy, a Wszechświat składa się z miliardów galaktyk. Czytając rozdział piąty miałam wrażenie, że autorka chce szybko skończyć tę rozprawę, bo nie ma sensu po raz kolejny pisać tego co wcześniej zostało napisane. W tej części zabrakło mi opisu znaczenia otrzymanych wyników w szerszym kontekście wpływu pyłu na obszary międzygwiazdowe. A już zdecydowanie brakuje tu tak zwanych „przyszłych planów” otwierających się dzięki otrzymanym wynikom.

Trzy rozdziały przedstawiające opublikowane artykuły napisane są na poziomie prac naukowych w temacie badania pyłu i ich wartość jest bezdyskusyjna. Natomiast rozprawa doktorska powinna stanowić zrozumiałe kompendium wiedzy, tak aby osoby pracujące w dziedzinie astronomii, szczególnie te na początku kariery naukowej, mogły poszerzyć swoją wiedzę. I w tym miejscu zaczyna się moja jedyna i największa krytyka rozprawy. Rozprawa doktorska mgr Leśniewskiej jako całość jest bardzo techniczna. W rozdziale drugim wyznaczone są wydajności produkcji pyłu na gwiazdę, ale nie ma nigdzie napisane z jakich instrumentów badawczych autorka korzysta. Owszem wiadomo, że są to dane podczerwone, wiemy, że są to emisje w liniach molekularnych, ale czy te liczby są gdzieś ogólnie dostępne w publicznych bazach danych, czy pani Aleksandra sama je wyznaczyła z danych widmowych? Rozumiem, że zdanie „we used the reported dust continuum upper limits” świadczy o tym pierwszym, ale niestety nie ma podanych instrumentów, które te górne limity pomierzyły. Oczywiście może być tak, że dla środowiska badającego pył to jest sprawa powszechnie wiadoma, niemniej osoby pracujące w dziedzinie promieni X i gamma mogą tego nie wiedzieć. Brak tych informacji w opublikowanych artykułach może być sprawą zwyczajową, ale liczyłam, że takie informacje pojawią się we wstępie, w którym autorka opisuje stan wiedzy. To samo dotyczy trzeciego rozdziału, gdzie wzory na oszacowanie mas różnych składników są już podane ostateczne, bez próby nawet stwierdzenia skąd one pochodzą. Rozdział czwarty jest nieco lepszy, gdyż nazwy wielu dostępnych programów do redukcji danych są wymienione z nazwy. Do niektórych są również odnośniki, ale brakuje opisu, dlaczego akurat tych, a nie innych mgr Aleksandra Leśniewska używa. Taki opis powinien znaleźć się we wstępie do rozprawy doktorskiej.

W rozprawach doktorskich składających się z opublikowanych prac naukowych, największą wagę przykładam do wstępu, czyli w tym wypadku rozdziału pierwszego. W rozprawie doktorskiej pani Aleksandry, wstęp jest napisany bardzo opisowo z częstym podkreśleniem wagi wielu parametrów, ale brak mi tu jakiegoś podsumowania wartości tych parametrów. Przy użyciu współczesnych instrumentów mierzymy składowe masy pyłu na pewno lepiej, ale o ile lepiej, tego się z pracy nie dowiedziałam. Takie zgoła drobne uszczerbki wpływają na ogólne wrażenie, iż wstęp był napisany raczej pośpiesznie, bez próby rozwinięcia technicznej wiedzy opublikowanej w artykułach naukowych (rozdziały 2, 3 i 4). Poniżej wymieniam moje zarzuty do wstępu:

1. Sekcja 1.1. Przykładowe rozmiary molekuł byłyby pomocne, bo na pewno PAH jest większe od HI, ale warto w jednej tabelce lub rysunku zsumować dotychczasową mikroskopową wiedzę o pyle.

2. Sekcja 1.1. Wspomniane są zjawiska absorpcji i ekstynksji na pyłe, czy autorka z tych zjawisk korzysta i jeśli tak to w jaki sposób.
3. Sekcja 1.1.1. Jak wydajny jest proces transferu energii kinetycznej, czyli proces grzania pyłu opisany na stronie 5.?
4. Sekcja 1.1.1. Jaki jest zakres temperatur obserwacji pyłu? Jak na to wpływa temperatura mikrofalowego promieniowania tła T_{CMB} . Jest tylko formuła na obliczanie temperatury CMB, nic poza tym.
5. Wzór 1.1 – jednostki potrzebne, nie wszyscy potrafią przeliczać strumień w mJy na masę. Nawet wskazanie powiązania masy ze strumieniem nie jest oczywiste, byłoby miło, gdyby tu był komentarz wyjaśniający.
6. Sekcja 1.1.2 – nagle przechodzimy do gęstości $> 10^{13}$, a zaczynaliśmy od 10^3 \#/cm^3 (strona 1). Pytanie z jakimi gęstościami mamy do czynienia, jeśli mówimy o pyłe? Czy to rzeczywiście są rzędy wielkości?
7. Strona 11 – zakończenie jednej sekcji i początek drugiej. W aktywnych jądrach galaktyk mamy zewnętrzne ograniczenie na promień, na którym pył paruje, i jest to jednocześnie zewnętrzny promień obszaru emisji szerokiej linii (z ang. BLR). To jest bardzo ciasne ograniczenie, może warto z tego skorzystać. Prace prof. Bożeny Czerny.
8. Sekcja 1.1.3. Wpływ gorącego gazu na pył – okazuje się, że może współistnieć praca Borkar et al. 2021, o galaktyce Centaurus A.
9. Koniec sekcji 1.1.3 – czy nie ma nowszych oszacowań na czas życia ziaren lodu? Generalnie dobrze by było przytoczyć wcześniejsze oszacowania na czasy życia różnych ziaren.
10. Sekcja 1.2 – autorka wspomina różne wskaźniki pomiaru zawartości pyłu, ale nie ma jasnego przekazu, kiedy używamy który. Czy zależy to tylko od naszych możliwości pomiarowych?
11. Sekcja 1.2.1. – przytoczone są tylko 4 równania na całą pracę, czyli opis matematyczny skąpy. Przydałoby się wyprowadzenie równania na masę pyłu. Nie każdy je zna. Patrząc na formę końcową równania nie wiemy na jakim poziomie ogólności działają naukowcy od pyłu.
12. Sekcja 1.3. – bardzo ciekawy opis GRB, niemniej tylko w jednym miejscu jest napisane, że chmura molekularnego pyłu może zaabsorbować większość emisji z GRB. Nie ma rozwinięcia co z tego wynika. Pytanie czy istnieją jakieś spekulacje w tym temacie?

Rozdział pierwszy zakończony jest sekcją, w której wymienione są główne cele rozprawy, również podane w sposób opisowy. Nie ma tam żadnych spekulacji autorki, co by było, gdyby wynik był inny. Powyższe zarzuty absolutnie nie umniejszają naukowych walorów rozprawy. Wymieniając je, chciałam tylko

zwrócić uwagę, że wysoka motywacja, szybkie i skuteczne działanie są bardzo potrzebne i wysoko cenione w naukowej pracy badawczej, niemniej równie istotna jest pewnego rodzaju cierpliwość i zastanowienie się nad tym, żeby każdy kawałek tego co piszemy był precyzyjny i mógł służyć do zdobywania wiedzy przez osoby czytające.

Podsumowując, praca mgr Leśniewskiej stanowi istotny wkład w obserwację pyłu w obszarach międzygwiazdowych. Dzięki zbadaniu zawartości pyłu w dziewięciu wczesnych galaktykach autorka oszacowała produkcję pyłu w zależności od zawartości gwiazd typu AGB i supernowych (wydajność na obiekt). Analiza 2050 eliptycznych galaktyk z dużą zawartością pyłu pozwoliła wyznaczyć skale czasowe usuwania pyłu z galaktyk, co stanowi ważny krok w badaniu ewolucji tych obiektów i może być użyte w wielkoskalowych symulacjach Wszechświata. Autorce nie udało się w pełni rozwiązać zagadki, dlaczego dwa analizowane przez nią długie GRBs nie mają powiązania z supernowymi, ale wyniki dotyczące rozkładu neutralnego wodoru, jego prędkości, masy i powiązania z SFR stanowią istotny krok badań nad pyłem. Metody przeliczania obserwowanych map poziomów emisji neutralnego wodoru na parametry pyłu, w tym prędkości rotacji w galaktyce, autorka opanowała na najwyższym poziomie. Praca zawiera dużą bazę referencji, wszystkie tabele są czytelnie, a rysunki zaawansowane (kolorowe mapy w dwóch wymiarach). Uważam, że rozprawa doktorska mgr Aleksandry Leśniewskiej spełnia formalne i zwyczajowe wymogi stawiane rozprawom doktorskim i na tej podstawie wnioskuję do Rady Naukowej Dyscyplin Nauk Fizycznych i Astronomii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu o dopuszczenie jej do dalszych kroków niezbędnych do nadania pani Aleksandrze Leśniewskiej tytułu doktora.

Z poważaniem

Prof. dr hab. Agata Różańska