



Warszawa 14.04.2023

Prof. dr hab. Marek Biesiada
Narodowe Centrum Badań Jądrowych
Pasteura 7
02-093 Warszawa

Ocena rozprawy doktorskiej mgr Joanny Popieli pt. „Badanie funkcji świecenia gromad galaktyk”

W swojej rozprawie doktorskiej Pani mgr Joanna Popiela przedstawiła oryginalne wyniki swych badań poświęconych funkcji świecenia gromad galaktyk oraz zależności własności gromad galaktyk od ich typów. Przedstawione w rozprawie wyniki były przedmiotem 9 publikacji, w większości w materiałach konferencyjnych. Trzy z nich ukazały się w uznanych i poważanych czasopismach (JCAP) lub wydawnictwach (IAU Symposium Proceedings).

Rozprawa napisana została w języku polskim. Układ pracy obejmuje: część wstępną zawierającą oświadczenie o autorstwie, podziękowania, streszczenia w języku polskim i angielskim oraz siedem głównych rozdziałów, poprzedzonych wstępem i zakończonych bibliografią.

Praca jest napisana w sposób wymagający od czytelnika pragnącego zrozumieć istotę rzeczy (tj. zrozumienia zawartych w niej treści) wielkiej determinacji i skupienia. Abstrahując tu od niezliczonej ilości błędów stylistycznych i literówek (brakujących polskich znaków diakrytycznych) co w warstwie językowej dyskredytuje rozprawę. Wspomnę o tym w konkluzjach. Poniżej odniosę się do warstwy merytorycznej pracy.

Wstęp zawiera opis motywacji badań będących przedmiotem rozprawy. Konceptyjnie jest to bardzo dobry punkt wyjścia, lecz miejscami jest chaotyczny. Na stronie 7, Autorka pisze iż problem funkcji świecenia gromad nie był wcześniej badany z powodu braku materiału obserwacyjnego. Jest to dość bezkrytyczne i wąskie spojrzenie na zagadnienie nie uwzględniające szerszego obrazu i obecnej wiedzy w zakresie kosmologii. Otóż funkcje świecenia galaktyk są bardzo użyteczne w astronomii pozagalaktycznej i kosmologii gdyż korelują z wielkościami pozwalającymi szacować masę galaktyk. Autorka wspomina o tym przywołując relacje Faber-Jackson i Tully-Fisher. Funkcja masy (rozkład mas w populacjach galaktyk) jest ważną wielkością fizyczną pozwalającą badać i opisywać mechanizmy powstawania struktur we wszechświecie, gdyż za owe mechanizmy odpowiada grawitacja. W przypadku gromad galaktyk sprawa jest bardziej skomplikowana, gdyż pokazną część masy gromady (przekraczającą nawet masę galaktyk związanych w gromadzie) stanowi gaz międzygalaktyczny. Jego obecność i właściwości (temperatura, ciśnienie) są obecnie intensywnie badane przy wykorzystaniu obserwacji rentgenowskich oraz tzw. efektu Suniajewa-Zeldowicza w promieniowaniu mikrofalowym tła. Jeszcze większy wkład wnosi ciemna materia. Całkowita masa gromad galaktyk (tzn. łącznie z dominującym wkładem ciemnej materii) jest obecnie badana metodami (silnego i słabego) soczewkowania grawitacyjnego. To jest główny powód dla którego funkcja świecenia dla gromad nie jest tematem głównego nurtu. Nie chcę tu sugerować, że nie jest to zagadnienie warte badania, ale dobrze



byłoby posiadać szerszy ogłód zagadnienia. Kolejnym stwierdzeniem wymagającym uściślenia, jest to iż „...Schechter (1976) wykazał, że jasność jest wprost proporcjonalna do masy ...”. Otóż w pracy tej Paul Schechter wprowadził jedynie znaną po dzień dzisiejszy funkcję świecenia Schechtera nie mówiąc nic o proporcjonalności światłości (to jest poprawny klasyczny w Astronomii termin – nie „jasność”; do terminologii jeszcze powrócę) do masy. Prawdą natomiast jest, że w ślad za pracami Pressa i Schechtera oraz Schechtera ukształtował się w kosmologii na kilka dekad paradygmat (obecnie tylko opcja rozważana z historycznych powodów) $L \sim M$.

Rozdział I opisuje galaktyki i ich gromady oraz istniejące klasyfikacje tych obiektów i struktur. Mam tu następujące uwagi. Formuła Hubble’a-Reynoldsa na str. 11 – nie jest prawdą, że opisuje rozkład jasności powierzchniowej galaktyk eliptycznych wzdłuż wielkiej półosi – jest to rozkład radialny. Ponadto, r_c nie jest promieniem zagęszczenia centralnego (coś takiego nie istnieje w galaktykach eliptycznych) lecz promieniem na którym jasność powierzchniowa spada o czynnik 4 (czyli wynosi $\frac{1}{4}$ centralnej jasności powierzchniowej). Mówiąc o profilu de Vaucouleurs’a można też wspomnieć o profilu (rodzynie profili) Sersic’a. Na stronie 11 omawiając populację gwiazdową halo galaktyki spiralnej Autorka pisze: „... składa się ona ze starych gwiazd I pokolenia gwiazdowego (czyli II populacji) „ – choć jest to stwierdzenie prawdziwe, brzmi jak oksymoron. Zamiana „I” na słowne sformułowanie usuwa nieporozumienia (modulo astronomiczna konwencja nazywania młodych populacji jako I a starych jako II). We wzorach, lub przy ich opisach brakuje podania jednostek występujących tam wielkości. Na str. 14 występuje „ km/sek” – wypadaloby podać poprawną formułę [km/s] lub lepiej [km s⁻¹]. Podobnie odnośnie jednostki we wzorze na bezwymiarową stałą Hubble’a wymagają poprawy redakcyjnej. Dlaczego szerokość linii 21 cm neutralnego wodoru jest podana w km/s wymagałoby komentarza dla czytelnika, który nie jest astronomem. Co to jest „jasność emisyjna” i „jasność obserwowana” – terminologia w rozprawie doktorskiej powinna odzwierciedlać standardy dziedziny. Ta uwaga, przywołana w tym miejscu dotyczy całej pracy. Relacja Faber-Jackson na stronie 15 - co to jest $\sigma(v)$? Powinno być po prostu σ . W definicji układu podwójnego galaktyk wypadaloby napisać co to jest a_1 i a_2 . Strona 16 – w opisie kryterium Abell’a pada określenie „... z jest redshiftem zakresu [0.02;0.2]” brzmi to jak element kryterium - jest to kompletnie niejasne i mylące, a po prostu określa zakres przesunięć ku czerwieni galaktyk z katalogu Abell’a. Strona 17 „... kryteria: liczności, zwartości, ...” raczej „liczebności”.

Rozdział II poświęcony jest omówieniu różnych scenariuszy powstawania struktury wielkoskalowej we wszechświecie. Opisane tu scenariusze są w większości jedynie historycznymi – już obecnie przez nikogo nie brany pod uwagę. Z jednej strony nadaje to waloru tej prezentacji, gdyż obecne podręczniki czy prace przeglądowe rzadko o nich wspominają. Z drugiej strony ma się wrażenie bezrefleksyjnego podejścia do problemu – poglądy z lat 40-tych, 50-tych, 70-tych, 80-tych XX wieku są traktowane na równi z obecnie istniejącymi pomimo upływu czasu kilku nagród Nobla przyznanych za badania w dziedzinie kosmologii.

Rozdział III opisuje materiał obserwacyjny, w oparciu o który przeprowadzono badania. Jest to katalog Panko-Flina opracowany w 2006 roku na bazie katalogu Muenster Red Sky Survey (nota bene MRSS nie jest powszechnie rozpoznawanym akronimem tego przeglądu). Jest tam napisane, że na podstawie jasności dziesiątej galaktyki w gromadzie oceniono przesunięcie ku czerwieni powołując się na Rys.2 Wymagałoby to jednak obszerniejszego



wyjaśnienia – katalog MRSS nie zawierał raczej danych spektroskopowych, więc skąd pochodziły dane pozwalające na skonstruowanie zależności pokazanej na Rys.2 ?

W rozdziale IV przedstawione są podstawy teoretyczne funkcji świecenia. Oczywiście podstawowe znaczenie ma tu kwestia określenia odległości do galaktyk, gdyż odległości są niezbędne do wyliczenia światłości (mocy promieniowania) na podstawie obserwowanej jasności (natężenia oświetlenia – w astronomii magnitudo). Zaskakuje tu stosowanie formuły Mattiga obowiązującej we wszechświecie Einsteina-de Sittera (E-dS). Był on popularny 30 lat temu, ale obecnie wiemy, że wszechświat **nie** jest opisywany modelem Einsteina-de Sittera. Roboczo dobrze działa model ciemnej zimnej materii ze stałą kosmologiczną Λ CDM. Autorka wspomina, że do przesunięć ku czerwieni $z=0.2$ rozbieżności modelu Λ CDM z modelem E-dS są zaniedbywalnie małe. Wskazane byłoby uzasadnić tę tezę w rozprawie argumentem liczbowym, a nie arbitralnym stwierdzeniem. Język opisu elementarnych efektów jak np. obciążenie Malmquista (ang. Malmquist bias) jest rozczarowująco potoczny i nieprecyzyjny. Doktorantka nawet go tak nie nazywa. Na stronie 29 jest napisane, że H_0 jest „wartością stałej Hubble'a dla z równego 0” – jest to zupełnie niepoprawne: H_0 czyli stała Hubble'a jest wartością tempa ekspansji wszechświata dla $z=0$. Przy omawianiu odległości/objętości we wszechświecie opisywanym metryką Friedmana-Lemaitre'a-Robertsona-Walkera (FLRW) wypadałoby używać standardowych pojęć typu odległość współporuszająca (ang. comoving distance), odległość współrzędnościowa itp. Wypadałoby też dodać kilka słów komentarza, że współczesna kosmologia opiera się na metryce FLRW uzyskiwanej z ogólnej teorii względności przy założeniu jednorodności i izotropii wszechświata. Wielkość χ przytoczona za publikacją Jaroszyńskiego (1993) to po prostu radialna współrzędna r . Jest to co prawda często spotykana konwencja w podręcznikach i publikacjach, ale dla spójności tekstu nie jest wskazane stosowanie *ad hoc* notacji wcześniej nie zdefiniowanych i nigdzie później nie stosowanych. Dyskusja poprawki K jest zaskakująco uboga i co więcej może sugerować, że przytoczony wzór $K = 2.5 \log(1+z)$ jest uniwersalny, co nie jest prawdą. Istotą poprawki K jest uwzględnienie faktu, że kosmologiczne przesunięcie ku czerwieni dotyczy każdej długości fali, a zatem całe widmo galaktyki jest przesunięte ku czerwieni i na skutek tego jasność mierzona w danym pasmie fotometrycznym (zakresie długości fal) będzie dotyczyć innego obszaru widma niż w układzie własnym galaktyki. Wynika stąd, że poprawka K zależy zarówno od pasma fotometrycznego jak i od rozkładu energetycznego kontinuum widma galaktyki, który jest różny dla galaktyk różnych typów. Prosiłbym również doktorantkę o dokładne sprawdzenie czy podany wzór jest poprawny (znak?, czy tylko czynnik $1+z$ jest argumentem pod logarytmem?). Opisując metodę Condon doktorantka pisze, że stosowana tam waga „... jest związana z „gęstością występowania danego obiektu” ...”. Stwierdzenie ujęte w rozprawie w cudzysłowach brzmi dziwnie – oczekiwałbym precyzyjnych sformułowań. Co to jest metoda SWLM? Akronimy należy definiować. We wzorach dotyczących funkcji Schechtera wypadałoby podać jednostki występujących tam wielkości. Na stronie 32 pada sformułowanie „... współczynniki są nawet mniejsze, a w takiej sytuacji należy przedłużyć analitycznie funkcję Gamma ...”. Nie jest jasne dlaczego trzeba analitycznie przedłużać funkcję Gamma.

Rozdział V opisuje wyznaczanie funkcji świecenia gromad. Jest to pierwszy z dwóch oryginalnych i nowych wyników prezentowanych w rozprawie. Jednak redakcja tego rozdziału znów rozczarowuje. Początkowe fragmenty zawierają opis elementarnych pojęć jak magnitudo i jasność absolutna, przy czym zostało to uczynione bardzo nieprecyzyjnie i językiem bardziej potocznym niż stosującym ogólnie przyjętą terminologię. Na przykład wielkość I w definicji jasności widomej jest nazywana „jasnością” podczas gdy jest to obserwowana gęstość



strumienia. Pada też stwierdzenie „Obiektowi, który świeci z daną jasnością obserwowaną I_0 przyporządkowano umownie wielkość gwiazdową $m = 0$.” Jest to dziwaczne stwierdzenie. Dlaczego nie powiedziano, że z historycznych powodów punktem odniesienia skali fotometrycznych jest Wega? Fragmenty dotyczące poprawki K oraz formuły Mattiga są powtórzeniami już wcześniej opisanych kwestii. Przeredagowanie tego rozdziału tak aby zamiast opisów znanych powszechnie formuł poświęcić więcej miejsca opisowi procedury konstrukcji funkcji świecenia byłoby wskazane. Na przykład zdania typu „gęstość prawdopodobieństwa funkcji świecenia gromad w przedziałach 0.4 mag” nie są zrozumiałe dla czytelnika. Dokładniejszy opis procedury byłby wskazany. Histogramy na rysunkach 3 i 4 różnią się jedynie obecnością lub brakiem słupków niepewności (w literaturze sugerowaną konwencją jest stosowanie terminu niepewność, zamiast błąd). Rysunki wykonane zostały jakimś archaicznym narzędziem, a łączenie punktów pomiarowych łamaną nie jest najlepszym pomysłem na prezentację wizualną. Nie uważam tego za jakiś zasadniczy problem, ale obecnie dostępne są darmowe pakiety statystyczne np. R pozwalające na elegancką prezentację graficzną. Wykonanie przy pomocy R rysunków znacząco poprawiłoby stronę wizualną rozprawy. Na rysunku 7 wartości rzędnej typu 0.000001 sprawiają złe wrażenie (trzeba liczyć miejsca po przecinku, a jest ich sporo) – lepiej byłoby napisać 10^{-6} ; w końcu po to powstał zapis wykładniczy liczb. Opis rysunku 7 „Funkcja świecenia gromad (w przedziałach 0.4 mag) jako funkcja gęstości ...” jest niezrozumiałą. Tabela 1 – dlaczego nagłówek lewego panelu brzmi „All” gdy rozprawa jest napisana po polsku? Wyniki powinny być podane z dokładnością do maksymalnie dwóch cyfr znaczących, czyli np. „0.11E-07” zamiast „0.113824E-07”. Ta uwaga dotyczy generalnie sposobu prezentacji wyników liczbowych w rozprawie. Ponadto należy zdecydować się na konwencję: czy 1E-07 jak w Tab.1, czy 10^{-7} jak w Tab.3.

Rozdział VI zatytułowany „Analiza zależności własności gromad galaktyk od ich typów morfologicznych” (literówka w tytule !) dotyczy w istocie analizy orientacji galaktyk w gromadach. Tytuł zatem obiecuje znacznie więcej niż zawiera rozdział. Nie mam wątpliwości, że doktorantka była mocno zaangażowana w opisane tu badania o czym świadczą tematy jej opublikowanych prac. Natomiast styl prezentacji bardziej odpowiada robocznemu raportowi niż rozdziałowi rozprawy doktorskiej. Na przykład zupełnie niezrozumiałą jest opis porównania pomiędzy gromadami: „Do tego celu używam średnich i standardowych odchyłek dla wszystkich podpróbek (gromad należących do różnych typów BM) i porównuję średnie wartości statystyki, stosując testy statystyczne. Najczęściej spotykaną sytuacją jest porównanie średnich wartości statystyk z podpróbek ze znanymi odchyleniami standardowymi.” Statystyki opisowe jakich wielkości są porównywane. Wyniki prezentowane w Tab.5, 6, 7, czyli wartości statystyk testowych kompletnie nic nie mówią czytelnikowi. Jakie są współczynniki istotności testów?

Rozdział VII podsumowuje rozprawę. Jest on w miarę porządnym, chociaż dziedziczy miejscami uchybienia, o których wspominałem wcześniej. Bibliografia jest podzielona na część A – prace których współautorką jest doktorantka i B – pozostałe pozycje cytowane w rozprawie. Jest to bardzo pomocna formuła. Mam jednak zastrzeżenie – dlaczego w części A styl cytowania odbiega od powszechnie przyjętej formuły zastosowanej w części B? Należałoby to ujednolicić.

Zgodnie z Art. 13, pkt.1 Ustawy z dn. 14 marca 2003 (z późn. zm.) o stopniach i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki rozprawa doktorska „(...)powinna stanowić oryginalne rozwiązanie problemu naukowego (...) oraz wykazywać ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w danej dyscyplinie (...) oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy



naukowej (...)” Wymogi oryginalności rozwiązania problemu naukowego oraz umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej zostały, w mojej ocenie, spełnione, co tłumaczy moją warunkowo pozytywną ocenę rozprawy. Warunkowo pozytywną, gdyż sposób napisania rozprawy, jej język i styl – często niezrozumiałe, kolokwialne oraz czasem graniczące z niepoprawnością merytoryczną – czynią ją nieakceptowaną w obecnym kształcie. W szczególności chaotyczny i niestaranny styl rzuca się cieniem na kryterium wykazania ogólnej wiedzy teoretycznej.

Ponadto na każdej stronie tekstu spotykamy literówki oraz błędy stylistyczne, np. „W rezultacie implikuje to zależność między halo ciemnej materii a rozkładem jasności orientacja świecącej materii (rzeczywistych galaktyk)” (str. 9) lub „Ponadto powszechnie akceptowany jest obraz obserwacyjny w którym cztery zasadnicze składniki opisujące wielkoskalowy rozkład galaktyk.” (str. 22). Przywołuję tu jedynie dwa losowo wybrane zdania. Pełna lista podobnych błędów zajęłaby kilkanaście stron.

Reasumując: Oryginalne wyniki zawarte w przedstawionej mi do oceny rozprawie, uzyskane samodzielnie przez doktorantkę, świadczą o posiadaniu przez nią pewnej wiedzy z zakresu astronomii pozagalaktycznej i kosmologii obserwacyjnej oraz umiejętności w stosowaniu technik statystycznych. W sferze merytorycznej czyni to zadość wymogom stawianym rozprawom doktorskim. Natomiast sposób, w który rozprawa została napisana, jest nie do zaakceptowania. W oparciu o formę i treść przedłożonej rozprawy, nie jestem w stanie stwierdzić spełnienia kryterium wykazania ogólnej wiedzy teoretycznej kandydatki.

Dlatego – w myśl par. 6 pkt.6 *Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 3 października 2014 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora* wnioskuję o gruntowną poprawę językową, stylistyczną i miejscami merytoryczną rozprawy doktorskiej.

Prof. dr hab. Marek Biesiada