



OBSERWATORIUM ASTRONOMICZNE UW

wpłynęło dnia 10 maja 2013

J. Kubiś

ul. Bartycka 18, 00-716 Warszawa  
tel: (22) 651 05 00, (22) 841 00 41  
fax: (22) 841 00 46  
email: camk@camk.edu.pl  
http://www.camk.edu.pl/

## CENTRUM ASTRONOMICZNE IM. MIKOŁAJA KOPERNIKA PAN

### Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Zuzanny Kostrzewy-Rutkowskiej

Zjawisko soczewkowania grawitacyjnego staje się coraz bardziej popularnym narzędziem badań astrofizycznych, a najlepiej chyba znanym jego zastosowaniem jest modelowanie rozkładu ciemnej materii w gromadach galaktyk jak np. gromada Abella 1689. Przedstawiona mi do oceny rozprawa doktorska mgr Zuzanny Kostrzewy-Rutkowskiej pod tytułem „Silne i słabe soczewkowanie grawitacyjne w zastosowaniach astrofizycznych i kosmologicznych” jest próbą dość szerokiego ujęcia zagadnienia soczewkowania z pominięciem jednak tego najbardziej oczywistego zastosowania. Praca składa się z pięciu rozdziałów i krótkiego podsumowania. Rozdział pierwszy zawiera wyczerpujący opis teoretyczny zjawiska soczewkowania z uwzględnieniem podstawowych równań, klasyfikacji i stosowanych najczęściej modeli soczewek. W rozdziale drugim przedstawiono użyte w pracy symulacje (Millenium) oraz katalogi danych.

Zasadnicze wyniki uzyskane przez Doktorantkę zostały opisane w rozdziałach 3-5. Rozdział 3 przedstawia zastosowanie symulacji Millenium do badania zjawiska słabego soczewkowania grawitacyjnego. Autorka prezentuje wyniki obliczeń podstawowych wielkości charakteryzujących efekt soczewkowania w zależności od separacji między źródłem a soczewką i w różnych przedziałach przesunięcia ku czerwieni. Za szczególnie interesujący wynik uważam rozdzielenie wpływu pojedynczych halo ciemnej materii (w małych skalach) i wielkoskalowego tła oraz wykazanie zasadności stosowanych przybliżeń.

Główny wynik rozdziału 4, oszacowanie liczby soczewkowanych supernowych uzyskany przy założeniu pewnego modelu SFR i gęstości halo, jest w zasadzie negatywny: prawdopodobieństwo zaobserwowania takiego zjawiska w ramach obecnie prowadzonych lub planowanych w najbliższym czasie przeglądów jest bardzo małe. Dopiero przy pomocy LSST (Large Synoptic Survey Telescope), a więc najwcześniej za 10 lat, możemy się spodziewać wykrycia kilkuset tego typu zjawisk (w dodatku liczba ta jest znacznie większa niż u innych autorów). Pesymistyczne są również wnioski dotyczące możliwości zastosowania soczewkowanych supernowych do rozróżnienia pomiędzy możliwymi modelami funkcji SFR lub halo ciemnej materii. Wyniki te mają jednak duże znaczenie kosmologiczne: czynią bowiem bardziej wiarygodnym zastosowanie supernowych do wyznaczania parametrów kosmologicznych.

Rozdział 5 poświęcony jest modelowaniu silnego soczewkowania grawitacyjnego w kilkunastu układach, w których zarówno źródło jak i soczewka jest galaktyką, obserwowanych w ramach przeglądu SDSS. Część z nich była już badana przez innych autorów, co posłużyło za test opracowanej przez Autorkę metody. Dobra zgodność z wynikami innych, uzyskanymi w oparciu o dane lepszej jakości, sugeruje poprawność samej metody, jak i możliwość uzyskania wartościowych wyników dotyczących soczewkowania przy wykorzystaniu danych z SDSS. Próbę statystycznej analizy otrzymanych własności źródeł i soczewek uważam jednak za zbyt daleko idącą ze względu na niewielki rozmiar próbek.

Większa część rozprawy oparta jest na opublikowanych już pracach recenzowanych: rozdział 3 przedstawia wyniki z publikacji Jaroszyński & Kostrzewa 2010 w AcA, a rozdział 4 z pracy Kostrzewa-Rutkowska, Wyrzykowski & Jaroszyński 2013 w MNRAS. O ile w przypadku drugiej pracy wkład Autorki był zapewne dominujący, to w przypadku pierwszej nie mam takiej pewności. W rozprawie brak informacji o wkładzie Doktorantki w wymienione prace. Wrażenie niejasności w tej kwestii potęguje fakt, że Autorka konsekwentnie unika w tekście jakichkolwiek form osobowych, zastępując je stwierdzeniami typu „wykonano”, „zostały przedstawione” itp.

W rozprawie występują pewne nieścisłości: na s.33 pojawia się stwierdzenie „pomiar wzrostu z przesunięciem ku czerwieni wielkoskalowych struktur” – chodzi raczej o wzrost z czasem, a więc w kierunku przeciwnym. Nigdzie nie zostało wyjaśnione, że prędkość wirialna to prędkość kołowa czyli cząstki próbnej na orbicie kołowej o promieniu wirialnym. Nie został zdefiniowany promień wirialny. Nie zostało powiedziane, że prędkość rotacji to nie to samo co prędkość kołowa i Autorka używa tych wielkości zamiennie. Nie jest jasne, jaki wpływ na wyniki ma fakt założenia modelu izotermicznej sfery, skoro wszystkie parametry halo w symulacjach są wyznaczone przy założeniu profilu NFW. Na s.72 Autorka pisze, że galaktyki karłowate nie są jeszcze w stanie równowagi termodynamicznej i dlatego zamiast modelu izotermicznej elipsoidy należałoby użyć NFW. Po pierwsze, galaktyki karłowate uległy wirializacji najwcześniej i o ile nie oddziałują silnie z otoczeniem powinny być w równowadze; po drugie, nie widzę powodu, dla którego profil NFW miałby lepiej opisywać takie obiekty, on również stosuje się do obiektów w równowadze. Nie jest dla mnie jasne pochodzenie wyników przedstawionych na rys.30 – czy jest to pomiar z symulacji, jeśli tak to zdziwienie budzi brak szumu. W omawianych na s.76 funkcjach SFH w postaci Yukseła i Ody występuje tylko jeden parametr gamma, natomiast w tabeli 2 podawane są 3 parametry.

Doceniam wysiłek Doktorantki związany z pisaniem rozprawy w języku polskim i pojawiającą się w związku z tym koniecznością znalezienia, a czasem stworzenia właściwej terminologii. Nie udało się jednak uniknąć niezręczności. Moje wątpliwości budzi na przykład określenie galaktyki jako „położonej na przesunięciu ku czerwieni  $z \sim 0,36$ ”, lepsze wydawałoby się „galaktyka o przesunięciu ku czerwieni  $z \sim 0,36$ ”. Nadużywana jest strona bierna np. „uwaga zostanie skupiona na kilku wybranych zagadnieniach”, „galaktyki są znajdowane w różnych przeglądach”, „będą otrzymywane wielokrotne obrazy nieba”. Czasem mamy do czynienia wręcz z błędami, np. „bez ubiegania się do metod numerycznych” zamiast „bez uciekania się” lub „bez odwoływania się”. Na ogół jednak praca jest staranna od strony edytorskiej i niewielkie uchybienia w postaci literówek, błędnych przypadków czy brakujących słów nie utrudniają znacząco lektury.

Mimo powyższych drobnych uwag krytycznych rozprawę doktorską mgr Kostrzewy-Rutkowskiej oceniam wysoko. Sądzę, że zawarte w niej wyniki stanowią znaczący wkład w rozwój badań nad soczewkowaniem grawitacyjnym, a opracowane przez Doktorantkę metody analizy zostaną wkrótce zastosowane do nowych obiektów. Podsumowując uważam, że rozprawa spełnia wszelkie ustawowe i zwyczajowe wymogi stawiane rozprawom doktorskim i wnioskuję o dopuszczenie mgr Kostrzewy-Rutkowskiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

*E. Łokas*

Warszawa, 4 maja 2013 r.

prof. dr hab. Ewa L. Łokas