

Galaktyki karłowate Grupy Lokalnej

Jarosław KLIMENTOWSKI*

Wszystkie obiekty we Wszechświecie podlegają działaniu siły grawitacji, która stara się je skupić w jednym miejscu. W efekcie obserwować możemy zgrupowania materii we wszystkich dostępnych nam skalach. Od najmniejszych, gdzie mamy układy wielokrotne gwiazd, ich gromady, aż po całe galaktyki. Te z kolei łączą się w większe obiekty jak gromady i supergromady. Nasza Grupa Lokalna jest w pozagalaktycznej skali przykładem najmniejszego ogniwa tej struktury. Zawiera tylko dwie duże galaktyki spiralne – Drogę Mleczną i M31 w Andromedzie, oraz kilkadziesiąt mniejszych. Rozciąga się na przestrzeni kilku megaparseków i jest częścią o wiele większej supergromady.

Te najmniejsze galaktyki, zwane karłowatymi, są obecnie celem intensywnych badań, gdyż wydaje się, że poznanie ich natury może udzielić odpowiedzi na najbardziej nurtujące nas pytania dotyczące astrofizyki i kosmologii. Niestety, o ile dużych galaktyk obserwujemy we Wszechświecie miliony, przez co mamy ogromną próbkę statystyczną, to te małe obiekty, z powodu ich znikomych jasności, dostępne są do obserwacji tylko w najbliższych nam rejonach Wszechświata, a więc także w niewielkich ilościach. W związku z tym badanie ich stanowi nie lada problem. Z drugiej strony, dzięki bliskości nie jesteśmy ograniczeni wyłącznie do prostych metod oceny rozkładów jasności czy pomiarów całkowitego widma. Możemy obserwować i badać pojedyncze gwiazdy, z których się składają. W ten sposób łączymy metody badawcze stosowane w Drodze Mlecznej z typowymi dla astronomii pozagalaktycznej. Dzięki nim uzyskujemy informacje zupełnie niemożliwe do zdobycia w większych skalach. To czyni nasze zadanie jeszcze bardziej interesującym.

Przykładami najjaśniejszych galaktyk karłowatych są Obłoki Magellana, widoczne na południowej półkuli nieba. Te najślabsze, jak odkryta w zeszłym roku galaktyka w Wielkiej Niedźwiedzicy, nie dorównują jasnością całkowitą nawet pojedynczym, najjaśniejszym gwiazdom Drogi Mlecznej. Jak więc właściwie się je odkrywa? Tylko przez masowe przeglądy nieba. Przypomina to nieco poszukiwanie asocjacji i luźnych gromad gwiazdowych. Wybieramy sobie jakiś typ widmowy, przy czym w tym przypadku interesują nas gwiazdy czerwone. Następnie poszukujemy w jakimś możliwie największym katalogu nawet minimalnego ich zagęszczenia. Jeśli coś takiego znajdziemy, to kolejnym krokiem jest dokładna obserwacja tego obszaru jak największym teleskopem. Ostatnie lata przyniosły kilkanaście odkryć.

Wśród wszystkich galaktyk obserwujemy galaktyki eliptyczne, spiralne i nieregularne. Do tej pory ostatecznie nie wiemy, skąd bierze się taki podział: czy różne typy morfologiczne odpowiadają różnym etapom ewolucji, czy stanowią może zupełnie odrębne ścieżki. Najwięcej galaktyk eliptycznych obserwujemy w dużych gromadach. Niektóre z nich są też największymi galaktykami w obserwowanym Wszechświecie. Sugeruje to, że mogą powstawać na skutek zderzeń. Współczesne symulacje numeryczne zdają się potwierdzać tę hipotezę. W pierwszej więc kolejności powinny formować się galaktyki ze spiralnym dyskiem, a z ich połączenia – eliptyczne.

Wśród karłów Grupy Lokalnej dominują galaktyki o kształcie eliptycznym i sferoidalnym, ale obserwuje się tu również galaktyki nieregularne, także ze śladami struktury spiralnej. Najbardziej intrygujące wydaje się jednak to, że niemal wszystkie eliptyczne galaktyki karłowate zdają się być bliskimi towarzyszami Drogi Mlecznej i M31 (satelitami), podczas gdy nieregularne są zazwyczaj bardziej izolowane. Nasuwa to wniosek, że nie tylko kolizje, ale samo oddziaływanie grawitacyjne większych towarzyszy może prowadzić do usuwania gazu z małej galaktyki. Pozbawiona go przestaje tworzyć nowe gwiazdy w dysku, przez co zaczynają dominować w niej czerwone, sferoidalnie rozmieszczone stare gwiazdy.

Inny interesujący fakt związany ze wszystkimi galaktykami, ale z karłowatymi sferoidalnymi najbardziej, pojawił się przy próbach szacowania ich całkowitych



* Centrum Astronomiczne Mikołaja Kopernika w Warszawie



Rozwiązanie zadania F 673.

Narciarz wodny nie tonie, jeśli działająca na niego siła ciężkości mg jest równa pionowej składowej siły, z jaką ciśnienie wody działa na nartę (zaniedbujemy siłę wyporu). Siła ciśnienia hydrodynamicznego wody jest równa $\rho v^2 S \cos \alpha \sin \alpha$, gdzie S to pole powierzchni nart, a α to kąt nachylenia nart do powierzchni horyzontu. Mamy więc

$$\rho v^2 S \cos \alpha \sin \alpha \approx mg.$$

Wyrażenie $\cos \alpha \sin \alpha$ może przyjmować wartości od 0 do 1/2, zatem najmniejsza wartość prędkości wynosi:

$$v_{\min} \approx \sqrt{2mg/\rho S}.$$

Przyjmując masę narciarza $m \approx 80$ kg, a pole powierzchni nart $S \approx 0,4$ m², otrzymujemy $v_{\min} \approx 2$ m/s.

mas. W galaktykach tych nie ma wyróżnionego kierunku rotacji, gwiazdy poruszają się zupełnie chaotycznie. Głównym parametrem opisującym ich dynamikę musi więc być jakaś wielkość statystyczna. W tym przypadku zazwyczaj mierzy się dyspersję prędkości radialnych gwiazd względem średniej, gdyż tylko takie pomiary są wykonalne dzięki efektowi Dopplera. Większa dyspersja oznacza, że większe są prędkości gwiazd wewnątrz galaktyki, co zgodnie z teorią ich dynamiki przekłada się na większą masę, która musi te gwiazdy utrzymać na orbitach. Z drugiej strony, możemy zsumować jasności wszystkich gwiazd i oszacować całkowitą jasność galaktyki. Stosunek masy (wyrażonej w masach Słońca) do jasności (wyrażonej w jasnościach Słońca) wynosiłby 1, gdyby galaktyka składała się tylko z gwiazd typu Słońca. Ponieważ jednak składa się ona głównie ze starych, a więc słabo świecących gwiazd, to spodziewamy się, że będzie on rzędu kilku. Prawdziwe pomiary dla sferoidalnych galaktyk karłowatych dają wartość stosunku masy do jasności rzędu nawet kilkuset! Oznacza to, że obiekty te są niemal całkowicie zdominowane przez materię, która nie świeci. Gwiazdy stanowią w nich zaledwie skromny dodatek. Co więcej, wiemy, że ciemnej materii na pewno nie stanowi gaz międzygwiazdowy, gdyż dałoby się go obserwować w zakresie radiowym. Nie może to też być pył, który wnosiłby duży wkład do ekstynkcji. Najprawdopodobniej odpadają także zwarte ciała typu samotnych Jowiszów, czy nawet czarnych dziur, gdyż obserwacje mikrosoczewkowania grawitacyjnego w Drodze Mlecznej wykluczają, by mógł to być dominujący składnik halo naszej Galaktyki. Jest to więc najprawdopodobniej ta sama niebarionowa ciemna materia, której istnienie przewidują czysto kosmologiczne rozważania na temat Wielkiego Wybuchu i ewolucji Wszechświata. Jeśli tak, to galaktyki karłowate stanowią znakomite, i kto wie, czy nie najważniejsze, narzędzie do testowania teorii kosmologicznych w bliskim nam otoczeniu.

Kolejnym interesującym zagadnieniem, wiążącym obserwacje galaktyk karłowatych z kosmologią, jest tzw. problem brakujących satelitów. Współczesne modele numeryczne formowania się galaktyk przewidują, że powstawały one przez łączenie się mniejszych elementów, właśnie galaktyk karłowatych, w obiekty o wiele większe. Jednak przewidują one też, że sporo z tych pierwotnych elementów powinno przetrwać do dzisiaj i to w znacznie większych ilościach, niż obserwujemy. W Grupie Lokalnej powinno ich być nie kilkadziesiąt, ale kilkaset. Na poparcie tej hipotezy mamy nie tylko rozważania teoretyczne. Nawet w obecnej chwili jesteśmy świadkami zjawiska tzw. galaktycznego kanibalizmu, czyli pochłaniania mniejszej galaktyki przez większą. Odkryta w 1994 roku galaktyka w Strzelcu jest jednym z najbliższych nam karłów. Dokładne jej obserwacje są utrudnione, gdyż znajduje się ona po przeciwnej stronie Drogi Mlecznej. Mimo to mamy obecnie pewność, że spada ona na naszą Galaktykę i jest już obecnie w stadium rozrywania. Za około 100 mln lat zostanie całkowicie zasymilowana. Obserwacje strumieni materii w halo także sugerują, że spora jego część mogła zostać uformowana z pochłoniętych kiedyś satelitów.

Skoro więc tak wiele wskazuje na to, że dookoła powinny być setki mniejszych galaktyk, to dlaczego ich nie obserwujemy? Powstało kilka koncepcji próbujących wytłumaczyć to zjawisko. Jedna z nich mówi, że być może część galaktyk karłowatych jest tak ciemna, że w ogóle niemożliwa do obserwacji. Miałyby one być po prostu pozbawione gwiazd. Jak takie twory mogłyby

powstać? Pierwotnie galaktyki formują się ze skupisk ciemnej materii. Wystarczy więc wyobrazić sobie jakiś proces, który uniemożliwi akrecję na nie materii barionowej. Całkiem możliwe jest, na przykład, że we wczesnym okresie istnienia takiej galaktyki powstało sporo bardzo masywnych gwiazd, które szybko wyewoluowały i eksplodowały jako supernowe. Mogłyby to spowodować wyrzucenie gazu międzygwiazdowego poza nią, co jest o tyle łatwe, że siłą rzeczy prędkości ucieczki są względnie nieduże. Zahamowałyby to dalszy proces formowania się kolejnych gwiazd. Inna możliwość to np. uniemożliwienie spadku gazu na skutek jego fotojonizacji.

Czy mamy jakiegokolwiek szanse zaobserwowania takiego obiektu pozbawionego gwiazd i materii międzygwiazdowej? Może to być bardzo kłopotliwe, gdyż jedyną dostępną nam metodą wydają się obserwacje dynamiki obiektów w Grupie Lokalnej. Jednak dla większości galaktyk mamy pomiary tylko ich prędkości radialnych, a to nie pozwala jednoznacznie odtworzyć rozkładu materii. Na uzyskanie możliwości pomiaru prędkości galaktyk karłowatych we wszystkich trzech wymiarach w najbliższej przyszłości raczej się nie zanoszą. Koncepcja ta przypomina nieco pomysł Wolfganga Pauliego, który zaproponował neutrino jako czysto hipotetyczną i niemożliwą do rejestracji cząstkę, dzięki której wyjaśnił problem brakującej energii przy rozpadzie neutronu. Z czasem jednak niemożliwe stało się możliwe i ową hipotetyczną cząstkę rzeczywiście zarejestrowano. Być może historia powtórzy się także tutaj, a odkrywca też doczeka się Nagrody Nobla.