:| WSZECHŚWIAT I GALAKTYKI |:

Nasz Wszechświat nieustannie się zmienia. Odkąd powstał, materia pozostaje w ciągłym ruchu: wiruje, przemieszcza się i w końcu zderza ze sobą. Słońce i planety, łącznie z Ziemią, są przykładem ciał niebieskich, które uformowały się w wyniku kolizji mniejszych i większych okruchów materii, w procesie zwanym akrecją. Od samego początku kosmiczne zderzenia odgrywały kluczową rolę w kształtwoaniu oblicza Wszechświata.

Pojawia się Wszechświat

Wszechświat narodził się w eksplozji, którą uczeni nazywają Wielkim Wybuchem. W jednej chwili, prawdopodobnie 15 miliardów lat temu, cała materia i energia kosmosu skoncentrowała się w obszarze znacznie mniejszym od grosika. Ta nieskończenie gorąca i gęsta drobina zaczęła się rozszerzać i stygnąć.
Pierwszymi oddzielnymi okruchami materii, jakie pojawiły się w bardzo młodym Wszechświecie, były drobne cząstki elementarne - cegiełki, z których zbudowane są wszystkie substancje. Cząstki te wkrótce zaczęły się ze sobą łączyć, tworząc atomy dwóch najlżejszych pierwiastków: wodoru i helu. Chociaż Wszechświat wciąż się rozszerzał (i rozszerza się nadal), oba pierwiastki zebrały się w olbrzymie obłoki gazowe, z których ostatecznie powstały galaktyki. W nich zaś narodziły się pierwsze gwiazdy.
Powietrze, które wdychamy, woda, którą pijemy, kamienie, po których stąpamy, nawet metale, z których wykonujemy narzędzia - wszystkie składniki naszego świata - były najpierw wodorem i helem. Oba te pierwiastki przekształciły się w wielką różnorodność pierwiastków chemicznych w supergęstych i supergorących jadrach umierających gwiazd. Istnienie innych pierwiastków to bardzo ważna wskazówka dla astronomów: zanim powstało nasze Słońce, musiało się narodzić i umrzeć wiele gwiazd.

Galaktyka

Przez wiele stuleci astronomowie sądzili, zgodnie z poglądem Arystotelesa, że gwiazdy są nieruchomymi ciałami niebieskimi o jednorodnej strukturze, zawieszonymi na sztywnej sferze niebieskiej leżącej w jednakowej odległości od Ziemi. Wprawdzie już w II wieku p.n.e. matematyk aleksandryjski Hipparch dostrzegł zróżnicowanie ich jasności, nadal jednak był przekonany o poprawności statycznego modelu wszechświata. Dopiero obserwacje Drogi Mlecznej przeprowadzone przez Galileusza na początku XVII wieku za pomocą prostej lunety ujawniły, że gwiazd jest znacznie więcej, niż widziano ich wcześniej okiem nieuzbrojonym. Stanowiło to dość oczywisty dowód, że ich

odległość od Ziemi jest zróżnicowana.

W 1755 roku niemiecki filozof Immanuel Kant wysunął przypuszczenie, że wszechświat składa się z wielu oddalonych od siebie skupisk gwiezdnych przypominających Drogę Mleczną. Nieco później, w roku 1784, brytyjski astronom Frederick William Herschel sformułował twierdzenie, że Galaktyka (czyli układ ten gwiazd i materii międzygwiazdowej, w której znajduje się Układ Słoneczny) ma ograniczone, policzalne rozmiary. Wyniki obserwacji Herschela zapoczątkowały intensywne badania przestrzeni kosmicznej, wykraczające poza obręb znajdujących się najbliżej Ziemi ciał niebieskich. Herschel skatalogował przeszło 800 gwiazd w układzie podwójnym, a także wiele gromad gwiazdowych i mgławic pozagalaktycznych, które jego następcy zidentyfikowali jako galaktyki odległe. Badania w zakresie odległych skupisk materii międzygwiazdowej kontynuował jego syn, John Fredierick Herschel. W latach 1834-1838 przeprowadził on wiele pomiarów mgławic pozagalaktycznych, możliwych do zaobserwowania na południowej półkuli niebieskiej. Wiek XX całkowicie zrewolucjonizował poglądy astronomów i astrofizyków na naturę kosmosu. Przyczyniła się do tego przede wszystkim ogólna teoria względności, opublikowana przez Alberta Einsteina w 1916 roku. W myśl jej założeń podstawowymi siłami formującymi i utrzymującymi całą materię wszechświata są oddziaływania grawitacyjne. Ponieważ ich wartość jest odwrotnie proporcjonalna do kwadratu odległości, to ciała niebieskie znajdujące się blisko siebie mogą tworzyć zwarte skupiska, przyciągać część materii międzygwiazdowej, która wpadnie w ich wspólne pole grawitacyjne, i w ten sposób formować galaktyki. Także galaktyki mogą się wzajemnie przyciągać, tworząc gromady galaktyk, wyraźnie odróżniające się od pozostałych wysp zagęszczonej materii w kosmosie. Dokładniejsze wyszczególnienie galaktyk stało się możliwe w latach dwudziestych XX wieku dzięki udoskonalonym teleskopom, pozwalającym nie tylko na dokładniejszą obserwację obiektów wchodzących w ich skład, ale również umożliwiającym rejestracje ich widm za pomocą spektroskopów. Badania takie przeprowadził w latach 1922-1925 amerykański uczony Edwin Powell Hubble. Na ich podstawie doszedł do wniosku, że tak zwane mgławice pozagalaktyczne są skupiskami gwiazd i materii międzygwiazdowej podobnymi do naszej Galaktyki. Jednocześnie analizując rozkład linii widmowych promieniowania wysyłanego przez galaktyki, zauważył, że obiekty najodleglejsze charakteryzuje widmo przesunięte w kierunku czerwieni, a zatem odpowiadające falom dłuższym Wyjaśniając powyższe wyniki zjawiskiem Dopplera, Hubble sformułował w roku 1929 prawo, które głosi, że przesunięcie widm galaktyk w kierunku fal dłuższych jest wprost proporcjonalne do ich odległości od obserwatora, czyli w tym przypadku od punktu obserwacyjnego na Ziemi. Uwzględniając nieustanny ruch wszystkich obiektów we wszechświecie, Hubble doszedł do wniosku, że galaktyki oddalają się od obserwatora tym szybciej, im dalej się od niego znajdują. Stosując prawo Hubble'a, można wyznaczać odległości galaktyk

znajdujących się niezbyt daleko od naszej Galaktyki, a także obliczyć prędkość ucieczki najdalszych możliwych do obserwacji galaktyk i obiektów, za jakie obecnie uważa się kwazary. Przyjmując z kolei teorię Wielkiego Wybuchu jako początku wszechświata, prawo Hubble'a umożliwia odtworzenie przebiegu tego procesu oraz oszacowanie czasu, jaki od niego upłynął. Pozwala również wniknąć w moment, w którym zaczynały powstawać galaktyki. Prawdopodobnie nastąpiło to około 14 miliardów lat temu, czyli miliard lat po Wielkim Wybuchu.

Astronomia definiuje galaktyki jako skupiska gwiazd i materii międzygwiazdowej, których masy wahają się od 10^38 do 10^42 kilograma. Oddziaływania grawitacyjne występujące w ich obrębie są znacznie wyższe niż niż wpływ grawitacji innych galaktyk, dzięki czemu zachowują one stosukowo stabilna formę. Współczesna klasyfikacja galaktyk opiera się właśnie na kryterium ich formy. Wyróżnia się więc: galaktyki eliptyczne (oznaczane symbolem E), spiralne (oznaczane symbolem S), nieregularne (oznaczane symbolem I) i tak zwane galaktyki osobliwe. Do tych ostatnich zaliczane są radiogalaktyki, galaktyki Seyferta i galaktyki typu N. W skład galaktyk eliptycznych wchodzą przede wszystkim gwiazdy populacji II, składające się głównie z helu i wodoru oraz niewielkiej ilości (poniżej jednego procenta) pierwiastków cięższych. Ich kształt przypomina spłaszczony eliptyczny dysk, wielkość natomiast jest zróżnicowana. Dłuższa oś elipsoidy galaktyki eliptycznej większej może mierzyć kilkanaście kilpoarseków (kpc). Istnieją galaktyki eliptyczne znacznie mniejsze, odpowiadające wielkością kulistym gromadom gwiazd, czyli o długości nie przekraczającej 100 parseków (100 pc). Cechą charakterystyczną galaktyk eliptycznych jest prawie całkowity brak w ich obrębie materii międzygwiazdowej pyłu i gazu, w skład którego wchodzi zazwyczaj 70 procent wodoru, około 30 procent helu i śladowe ilości pierwiastków cięższych. Drugim typem galaktyk są galaktyki spiralne. W odróżnieniu od eliptycznych składają się z gwiazd należących do różnych populacji i zawierają pewną ilość materii międzygwiazdowej, zwykle do kilku procent swojej masy. Typową cechą galaktyk spiralnych jest wyraźne wyodrębnione w ich centrum jasne jądro i odchodzące od niego, również jasne ramiona. Właśnie w nich oprócz skupisk gwiazd zgromadzone są największe ilości pyłu międzygwiazdowego. Trzeci rodzaj galaktyk stanowią galaktyki nieregularne, w znacznej mierze zbudowane z materii międzygwiazdowej. Z tego względu bardzo trudno określić ich kształt, posługując się prostymi modelami geometrycznymi. Trzeba bowiem pamiętać, że materia międzygwiazdowa przypomina tworzywo gwiazd, tyle że jest w stosunku do niego rozrzedzona. Jej gęstość wynosi zaledwie od kilku do 10 atomów w 1 centymetrze sześciennym przestrzeni kosmicznej. Jeszcze mniej uchwytne w badaniach są galaktyki osobliwe, o których wiadomo tylko tyle, że znajdują się znacznie dalej od galaktyk optycznych i są silnymi źródłami promieniowania radiowego. Nazwę swą zawdzięczają osobliwościom kształtu i widma. Wśród

nich ważne miejsce zajmują radiogalaktyki, składające się najczęściej z centralnie położonej galaktyki eliptycznej i dwóch rozmytych strug bocznych, zlokalizowanych po obydwu jej stronach. Źródłem bardzo silnego promieniowania są obszary położone na obrzeżu elipsy, w miejscach, z których owe strugi (bądź jedna z nich) biorą swój początek. Wysyłane przez nie promieniowanie radiowe jest bardzo spolaryzowane, co wskazuje na istnienie wokół ich centrum silnego pola magnetycznego. Prawdopodobnie przyczyną takiego stanu rzeczy są reakcje zachodzące w jądrze, powodujące wystrzelenie z niego znacznej liczby elektronów, które w silnym polu magnetycznym stają się źródłem owego promieniowania. Innym typem galaktyk osobliwych są galaktyki Seyferta. Kształtem przypominają normalne galaktyki spiralne, tyle że - w odróżnieniu od nich - mają bardzo jasne jądra. Na podstawie rozkładu linii emisyjnych badacze doszli do wniosku, że w galaktykach Seyferta przebiega nieustannie bardzo szybkie przemieszczanie się gazów, co powoduje, że oprócz widma optycznego wysyłają one szybko zmieniające się promieniowanie radiowe. Zupełnie niewidoczne natomiast są zewnętrze powłoki galaktyk typu N, które również emitują silne promieniowanie radiowe. Podobnie jak w wypadku dwóch poprzednich typów galaktyk, także w jądrach galaktyk typu N podejrzewa się istnienie silnych pól magnetycznych. Co ciekawe, jądra w stosunku do objętości samych galaktyk maja niezwykle małe rozmiary. Bardzo zbliżone do galaktyk typu N są lacertydy - obiekty pozagalaktyczne o punktowych rozmiarach i widmie pozbawionym linii absorpcyjnych. Nie można jednak zaliczać ich do klasycznych galaktyk. Podobnie dzieje się z odkrytymi w 1963 roku najjaśniejszymi obiektami pozagalaktycznymi - kwazarami. Wiadomo jedynie, że kwazary oddalają się od Galaktyki najszybciej ze wszystkich znanych obiektów wszechświata, osiągając prędkość rzędu 0,9 prędkości światła.

Gromady Galaktyk

Galaktyki we Wszechświecie nie są rozmieszczone w sposób przypadkowy, ale skupiają się w grupy i gromady. Nasza Galaktyka wraz z galaktyką M 31, Obłokami Magellana oraz około 30 innymi galaktykami tworzy tzw. Grupę Lokalną Galaktyk, zajmującą przestrzeń o średnicy około 6 milionów lat świetlnych. Inna stosunkowo bliska grupa glaktyk znajduje się w gwiazdozbiorze Wielkiej Niedźwiedzicy. Gromady galaktyk obejmują od kilkuset do kilku tysięcy galaktyk. W ich skład wchodzą grupy galaktyk i poszczególne galaktyki. Jedna z największych gromad galaktyk znajduje się w gwiazdozbiorze Warkocza Bereniki. Gromada ta, zwana od łacińskiej nazwy gwiazdozbioru Coma, zawiera aż 40 000 galaktyk, a jej środek znajduje się w odległości około 300 milionów lat świetlnych. Średnica tej olbrzymiej gromady galaktyk oceniana jest na około 10 milionów lat świetlnych.

Układ Drogi Mlecznej

Układ Drogi Mlecznej czyli nasza Galaktyka składa się z miliardów gwiazd rozrzuconych pomiędzy utworzonymi z materii międzygwiezdnej obłokami gazu i pyłu. Większoć masy Galaktyki skupiona jest w gwiazdach położonych w obszarze płaskiego dysku o rednicy 80 888 i gruboci 6500 lat wietlnych. Widzimy go w postaci mglistej, nieregularnej wstęgi Drogi Mlecznej przecinającej całe niebo. Na jej tle w konstelacji Strzelca znajduje się rodek tego dysku zwany Centrum Galaktyki. Wokół tego rodka obraca się całe olbrzymie skupisko gwiazd. Słońce, które również uczestniczy w tym gigantycznym ruchu obrotowym, przemieszcza się z prędkocią 220 km/sek i obiega Centrum z okresem około 250 milionów lat. Pozostałe gwiazdy poruszają się po swoich, często eliptycznych orbitach i okresy ich obiegu zależą od odległoci od Centrum. Dzięki temu możemy obserwować ich niewielkie przesunięcia na sferze niebieskiej, czyli tak zwane ruchy własne. Przesunięcia te są na ogół tak nieznaczne, że wyrażamy je w ułamkach sekund łuku na rok i moglibymy dostrzec je gołym okiem dopiero po upływie wielu wieków.

Z analizy ruchów własnych wynika, że niektóre gwiazdy tworzą mniejsze lub większe grupy zwane gromadami otwartymi. Najbliżej nas w odległoci 130 lat wietlnych, znajduje się widoczna w konstelacji Byka gromada otwrta - Hiady. Powyżej niej dostrzec możemy drugą podobną grupę gwiazd - Plejady - położoną trzykrotnie dalej. Gołym okiem możemy obecnie rozróżnić szeć należących do niej gwiazd, podczas gdy w starożytnoci widziano ich siedem. Od tamtej pory jedna z nich zmniejszyła nieco swój blask i dzi możemy zobaczyć ją przez lornetkę, Ujrzymy wówczas znacznie więcej gwiazd tej gromady, która powstała około 50 milionów lat temu z jednego wielkiego obłoku gazu i pyłu. Ślady tego obłoku dostrzegamy dzi wokół niektórych jasnych gwiazd. Wiek gromad otwartych można w przybliżeniu ocenić na podstawie widm należących do nich gwiazd. Typ widmowy 05 odpowiada 2 milionom lat, B0 - 8, B5 - 70, A0 - 400, A5 - 1000, F0 - 3000 i F5 - 10 000 milionów lat. W Polsce możemy oglądać oprócz Plejad i Hiad kilka innych gromad otwartych, ale najlepiej obserwować je przez lornetkę lub mały teleskop. Podobna grupa obiektów to asocjacje OB. Są to luźne skupiska gwiazd bardzo młodych o wysokiej temperaturze powierzchniowej i typie widmowym O lub B. Przykładem takiej asocjacji jest grupa gorących nadolbrzymów i gwiazd Wolfa-Rayeta położona w gwiazdozbiorze Skorpiona. Oprócz gromad otwartych i asocjacji znajdujemy również gwiazdy w znacznie bardziej zwartych, silnie skoncentrowanych skupiskach zwanych gromadami kulistymi. Każda z nich składa się z setek tysięcy bardzo starych gwiazd gęsto upakowanych w kuli o promieniu kilkudziesięciu lat wietlnych. Te bardzo spójne zbiorowiska gwiazd często położone są daleko od płaszczyzny dysku galaktycznego i poruszają się wokół Centrum Galaktyki po silnie spłaszczonych orbitach eliptycznych. Tylko kilka takich obiektów możemy obserwować w Polsce przez lornetkę. Są to gromady kuliste M15 w Pegazie, M4 w Skorpionie, M3 w Psach Gończych i M13 w Herkulesie. Z południowej półkuli Ziemi

widoczne są natomiast gołym okiem dwie takie gromady - Omega Centauri i 47 Tucanae.

W Galaktyce znajdujemy ponadto różne obłoki materii międzygwiezdnej, które obserwujemy w postaci ciemnych i jasnych mgławic położonych wzdłuż pasa Drogi Mlecznej. Wród nich występują wiecące obłoki wodoru, ogrzewane przez położone w pobliżu gwiazdy. Do nich zalicza się wspaniała mgławica Oriona widoczna gołym okiem jako niewielka mglista plamka. Często w tak dużym obłoku materii oprócz wodoru znajdujemy również molekuły i mówimy wówczas o obłokach molekularnych. Inaczej wyglądają natomiast ciemne skupiska pyłu ułożone nieraz w dziwne kształty, jak chociażby słynna mgławica "Koński Łeb" widoczna w pobliżu gwiazdy Zeta Orionis. Znamy również mgławice refleksyjne, z których jedna położona jest w Plejadach w okolicy gwiazdy Merope. Wreszcie niektóre mgławice związane są z późnymi etapami ewolucji gwiazd i utworzone są przez materię wyrzuconą podczas wybuchów. Do tej grupy zaliczamy niektóre mgławice planetarne oraz pozostające po wybuchach supernowych rozproszone wnętrze warstwy gwiazd. Przykładem mgławicy planetarnej jest piękna mgławica Saturn w Wodniku a pozostałocią po supernowej jest nieregularny obłok materii oznaczony symbolem M1 - Krab - widoczny w konstelacji Byka jako plamka dziewiątej wielkoci gwiazdowej.

Młode gwiazdy tworzą się w dysku galaktycznym, który ma strukturę spiralną. Znamy dzi trzy ramiona spiralne Galaktyki w okolicy Słońca - noszące nazwę Perseusza, Oriona i Strzelca. Słońce wraz z układem planetarnym znajduje się w ramieniu Oriona w płaszczyźnie dysku galaktycznego. Młode gwiazdy znajdujemy głównie w ramionach spiralnych, a stare grupują się w pobliżu centrum Galaktyki, gdzie spotykamy złożone z nich gromady kuliste. Nie grupują się one w płaszczyźnie dysku ale rozrzucone są przypadkowo wokół centrum.