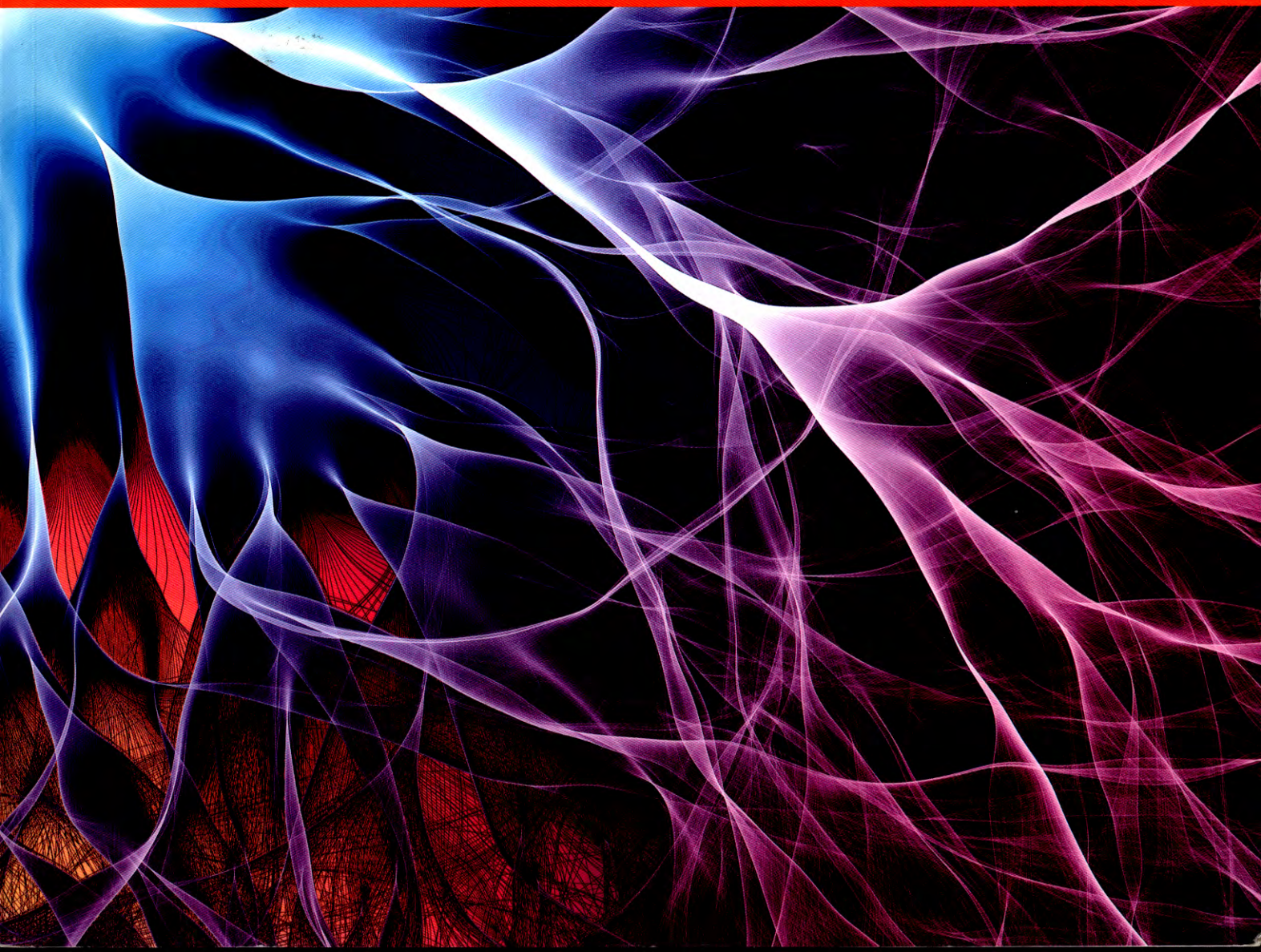
S104 Exploring science
Science: Level 1

The Open University

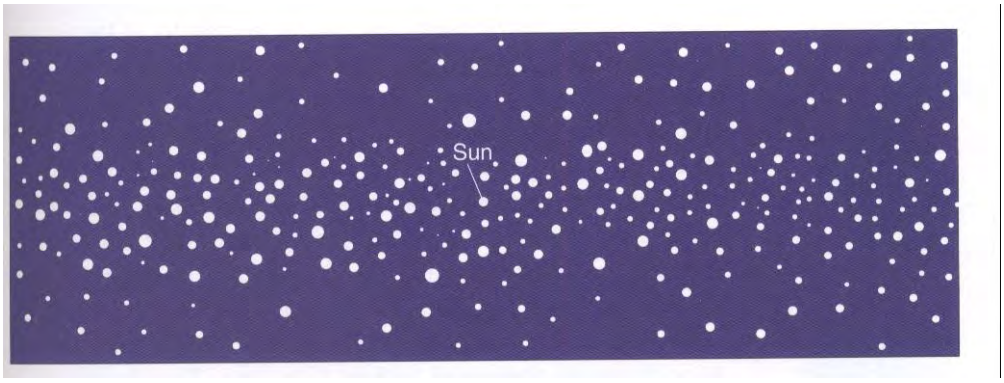
Book 2
Earth and Space



13.1.1 Nasza Galaktyka

Skupisko ok. 100 miliardów gwiazd oraz materii międzygwiazdowej składa się na naszą Galaktykę (w odróżnieniu od innych pisaną wielką literą). Większość gwiazd (podobnie zresztą jak gaz i pył) koncentruje się w stosunkowo cienkim dysku; jego średnica to ok. $1{,}2\times10^{21}$ m, grubość zaś ok. 2×10^{19} m – zatem stosunek średnicy do grubości wynosi ok. 60:1. Dla porównania, w przypadku płytki DVD analogiczny stosunek wynosi 100:1. Tak więc przybliżony model w skali naszej Galaktyki uzyskamy umieszczając dwie płytki DVD obok siebie. Należy jednak zwrócić uwagę, że powierzchnia dysku Galaktyki jest bardzo rozmyta, średnia odległość między gwiazdami rośnie stopniowo w miarę oddalania się od płaszczyzny dysku. Jego grubość jest więc wielkością w pewnym sensie umowną.

Droga Mleczna to obraz naszej Galaktyki widzianej od wewnątrz. Widzimy ją jako pasmo gwiazd i materii międzygwiazdowej otaczającej Ziemię. Światło licznych odległych gwiazd zlewa się w mglistą poświatę. Te gwiazdy i obłoki materii międzygwiazdowej, które obserwujemy poza płaszczyzną Drogi Mlecznej, znajdują się stosunkowo blisko Słońca i dlatego możemy je dostrzec w dowolnym kierunku (patrz rys. 13.3).



Rys. 13.3 Schematyczny obraz fragmentu dysku Galaktyki w okolicy Słońca. Bliskie gwiazdy odnajdziemy w dowolnym kierunku, bardziej odległe będą koncentrować się wzdłuż płaszczyzny Galaktyki i składać się na obraz Drogi Mlecznej.

Grubość dysku Galaktyki nie jest jednakowa: w środku występuje tzw. centralne zgrubienie. Tam również zagęszczenie gwiazd i materii międzygwiazdowej jest największe, a w samym środku istnieje silne źródło promieniowania. Astronomowie prześledzili ruch gwiazd w otoczeniu tego centralnego obiektu i oszacowali jego masę na ok. 4 miliony mas Słońca. Ponieważ zajmuje niewielki obszar, a bezpośrednio nie możemy go zobaczyć, jest to z pewnością olbrzymia czarna dziura (czyli obiekt tak gęsty, że nawet światło ma zbyt małą prędkość, by uciec z jej „powierzchni"). Nie możemy dokładnie przyjrzeć się samemu centrum Galaktyki, gdyż jest ono mocno zasłonięte przez grube warstwy pyłu i tylko promieniowanie podczerwone i radiowe może przez te gęste obszary przeniknąć.

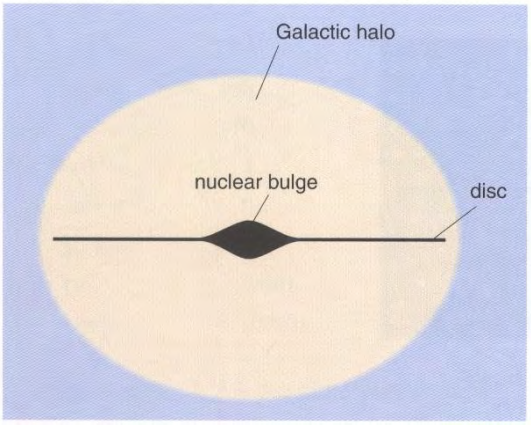
Struktura dysku Galaktyki obejmuje kilka ramion spiralnych. Mogłoby się wydawać, że gwiazdy wykazują silną tendencję do koncentrowania się w tych ramionach, ale tak nie jest! Koncentracja gwiazd i materii gwiazdowej nie wykazuje dużych różnic w obrębie dysku.

Natomiast ramiona zawierają więcej *jasnych* gwiazd i rozświetloną przez nie materię międzygwiazdową.

- Jakie jest położenie Słońca względem ramienia spiralnego?
- Słońce leży na krawędzi ramienia, mniej więcej w połowie odległości od centrum Galaktyki do jej zewnętrznych granic.

Z Ziemi nie jest łatwo dostrzec strukturę spiralną, ale np. obserwacje radiowe obłoków wodoru ujawniają ich istnienie.

Dysk galaktyczny otoczony jest przez halo, jak to ilustruje rys. 13.4. W halo odnajdziemy znacznie mniej gwiazd niż w dysku, prawie nie ma tam też materii międzygwiazdowej. Ze względu na dużą objętość, obszar ten w istotny sposób wprowadza swój wkład do masy całej Galaktyki. Większość gwiazd halo koncentruje się w gromadach kulistych (fot. 13.5), zawierających miliony gwiazd; wbrew pierwszemu wrażeniu, nawet w centralnych obszarach gromad kulistych odległości gwiazd w porównaniu do ich rozmiarów są naprawdę *duże*. Gromady gwiazd należące do dysku są o wiele mniej „upakowane" i mają bardziej nieregularny kształt – to gromady otwarte.



Rys. 13.4. Halo naszej Galaktyki, obejmujące jej dysk. Nie znamy dokładnie rozmiarów tego obszaru.

Fot. 13.5 Gromada kulista M13. Jej średnica wynosi ok. 10^{18} m, co stanowi 1/1000 rozmiarów dysku Galaktyki.

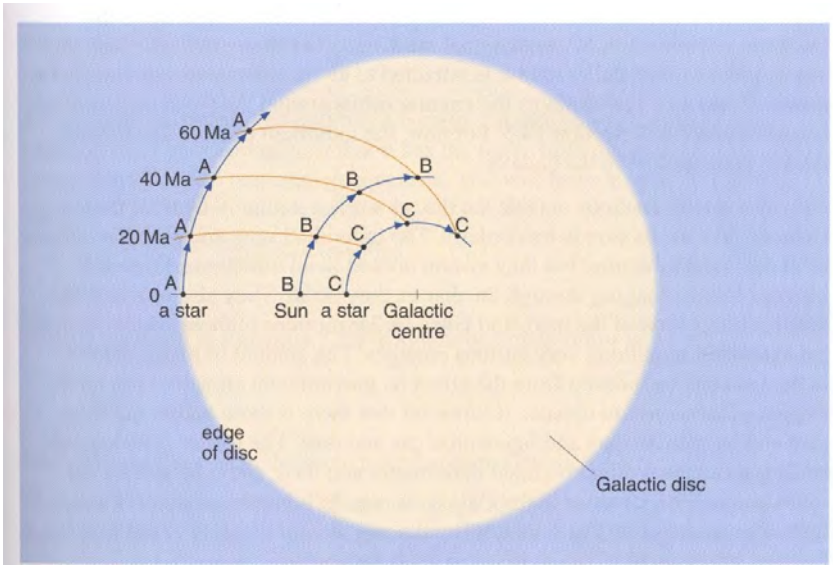
Tabela 13.2 podsumowuje naszą wiedzę o rozmiarach i odległościach w Galaktyce, warto poświęcić chwilę na stworzenie modelu w skali, który lepiej oddaje te wartości.

Tab. 13.2 Rozmiary i odległości w Galaktyce

Rozmiar lub odległość	Wartość [m]
Promień Ziemi	$6{,}37\times10^{6}$
Promień Słońca	$6{,}96\times10^{8}$
Średnia odległość Ziemi od Słońca	$1{,}50\times10^{11}$
Odległość najbliższej gwiazdy (Proxima Centauri)	$3{,}99\times10^{16}$
Grubość dysku Galaktyki (w przybliżeniu, poza centralnym zgrubieniem)	2×10^{19}
Średnica dysku Galaktyki (w przybliżeniu)	$1{,}2\times10^{21}$

13.1.2 Obrót Galaktyki

Gwiazdy i materia międzygwiazdowa w Galaktyce nie są nieruchome. W dysku dominuje obrót wokół centrum, pokazany na rys. 13.6. Większość gwiazd i materii międzygwiazdowej uczestniczy w tym ruchu krążąc po orbitach kołowych wokół środka. Jak widać na rysunku, im dalej od centrum Galaktyki, tym mniejszy fragment orbity pokonuje obiekt w tym samym czasie. Po 60 mln lat, Słońce (B) wykonało ćwierć obiegu, ale gwiazda na krawędzi dysku (A) pokonała w tym samym czasie mniejszą część swojej orbity.



Rys. 13.6. Obrót naszej Galaktyki. Symbole A, B i C pokazują 4 położenia wybranych gwiazd w różnej odległości od centrum, każde kolejne po upływie 20 mln lat od poprzedniego.

- Jaki jest okres obiegu Słońca wokół środka Galaktyki?
- Ponieważ Słońce pokonało ćwierć swej orbity w ciągu 60 mln lat, okres jednego obrotu wyniesie 240 mln lat.

Podobnie jak Słońce, pozostałe obiekty położone w tej samej odległości, obiegają środek Galaktyki w ciągu 240 mln lat. Bliżej środka okres ten jest krótszy, a dalej – dłuższy.

Gwiazdy poruszają się wokół centrum Galaktyki wskutek oddziaływania grawitacyjnego. W ten sposób wyjaśniamy zarówno ruch w płaszczyźnie dysku, jak i poza nią. Poza płaszczyzną dysku ruch jest mniej uporządkowany. Co prawda gwiazdy i gromady kuliste obiegają środek Galaktyki, ale mogą to robić we wszystkich kierunkach. Badanie ruchu obiektów położonych coraz dalej od centrum ujawniło niezwykłą cechę. Na podstawie odległości i okresu obiegu możemy w łatwy sposób (z uogólnionego III prawa Keplera) określać masę centralnego obiektu. Okazuje się, że dla obiektów odległych prędkość liniowa ich ruchu prawie wcale nie maleje (jak to jest np. dla kolejnych planet w Układzie Słonecznym), a co za tym idzie – masa określana na podstawie ich ruchu jest większa niż ta, którą możemy w jakikolwiek sposób dostrzec! Tę formę masy, która przejawia się *tylko* poprzez oddziaływanie grawitacyjne nazywamy ciemną materią. Jak się ocenia, może jej być nawet 10-krotnie więcej niż zwykłej materii, przy czym większość znajduje się właśnie w halo. Natura ciemnej materii pozostaje zagadkowa i jest przedmiotem gorących debat teoretyków.

Ramiona spiralne nie są trwałymi tworami; są raczej jak korki na autostradzie. Gwiazdy do nich wchodzą i wychodzą. To samo dotyczy gazu międzygwiazdowego. Gdy obłok gazu dostaje się do ramienia, zostaje nieco sprężony. Zapoczątkowuje to dalszą kontrakcję i powstawanie gromad otwartych gwiazd. Pozostałości gazu po procesie tworzenia gwiazd zostają rozświetlone przez młode słońca (patrz fot. 13.7). Po upływie kilku milionów lat, gdy obszary nowo powstałych gwiazd i otaczających je pozostałości gazu wydostają się z ramion, resztki materii rozpraszają się, a krótko żyjące masywne gwiazdy wybuchają jako supernowe. Tak więc ramiona spiralne to rozświetlone przez nowo powstające słońca obszary. Gwiazdy powstają również poza ramionami, ale zdecydowanie rzadziej.

Poza ramionami mniej masywne gwiazdy kontynuują swój żywot, a gromady otwarte stopniowo ulegają rozproszeniu. Po pewnym czasie powrócą po raz kolejny do obszaru ramion, podobnie jak np. Słońce, które robiło to już wielokrotnie.

Fot. 13.7 Młoda gromada gwiazd w obszarze obłoku międzygwiazdowego gazu i pyłu. Rozmiar tego obszaru to ok. $1{,}6 \times 10^{17}$ m. Fot. HST, NASA.