

5.1. Gwiazdne odległości

Sondy Voyager, po 35 latach lotu dotarły do granic *heliosfery*; dotarcie do najbliższej gwiazdy o nazwie Proxima Centauri zajęłoby im ponad 70 tys. lat. Ten czerwony karzeł znajduje się w odległości (zaledwie) 4,2 lat świetlnych od Ziemi. Jego rozmiary to około 1/7 rozmiarów Słońca, masa - 1/8 masy Słońca, ale gęstość materii w tej gwiazdzie jest 40 razy większa niż w Słońcu.

Pomimo, iż Proxima Centauri jest najbliżej Ziemi, nie jest najjaśniejsza na niebie. Obserwowana jasność gwiazdy zależy bowiem od dwóch czynników: mocy promieniowania gwiazdy oraz jej odległości od obserwatora. Jasność gwiazdy, od czasów starożytnych Greków zapisuje się w jednostkach zwanych **wielkościami gwiazdowymi** (*magnitudo*), choć w rzeczywistości nie ma to nic wspólnego z rozmiarami gwiazdy. Ptolemeusz podzielił gwiazdy widoczne na niebie na sześć grup - najjaśniejsze zaliczając do grupy pierwszej, najśłabsze zaś do ostatniej. Dopiero w XIX wieku wprowadzono pojęcie uściślające definicję *magnitudo*. Zauważono, że jeżeli dwie gwiazdy różnią się od siebie o wartość 1 *magnitudo*, to stosunek natężeń ich światła docierającego do Ziemi wynosi około 2,5.

Gwiazdą dobrze widoczną w Polsce latem, o *magnitudo* +1*m*, jest *Deneb*¹, łeb Łabędzia na fot. 4.5, jedna z największych we Wszechświecie². Jasność Gwiazdy Polarnej jest prawie dwa i pół razy mniejsza i wynosi +2*m*. Okiem „nieuzbrojonym”, w pogodną noc, bez lamp ulicznych jesteśmy w stanie dojrzeć gwiazdy aż do jasności +6.

Jeżeli względna jasność obiektu astronomicznego jest większa niż gwiazdy o *magnitudo* +1*m* to przypisujemy jej liczby mniejsze od zera. I tak Syriusz, najjaśniejsza gwiazda na niebie, widoczna w Polsce jedynie latem i nisko nad horyzontem ma jasność względną -1,5*m*, Jowisz i Mars, w okresie największego zbliżenia do Ziemi mają jasność -2,8*m* a Wenus aż - 4,4*m*. Dokładniejsze przeliczenie³ pokazuje, że Wenus w swej najjaśniejszej konfiguracji⁴ jest ponad cztery razy jaśniejsza niż dużo większy od niej Jowisz.

Jak możemy wywnioskować, jasność względną gwiazdy nie musi odpowiadać jej jasności *absolutnej*. Jasność obserwowana zależy od jasności *absolutnej* i od odległości gwiazdy od Ziemi. Syriusz, o średnicy jedynie 1,7 razy większej niż Słońce wydaje się dużo jaśniejszy niż ogromny *Deneb*, gdyż jest dużo bliżej (8,6 lat świetlnych) niż ten drugi (1500 lat świetlnych). Dodatkowo powierzchnia *Deneb* jest dużo gorętsza (8500 K) niż Słońca (5800 K). Zgodnie więc z prawem Plancka, zob. 2.5b, *Deneb* wydaje się dużo bielszy niż Słońce.

Z tych powodów astronomowie wprowadzili pojęcie jasności *absolutnej*, to jest jakby obserwowanej z tej samej odległości. *Deneb* w tej skali ma jasność -7 a nasze Słońce jedynie +4,5! *Deneb*. Oznacza to, że z porównywalnej odległości *Deneb* jest 40 tysięcy razy⁵ jaśniejszy. Najjaśniejsza gwiazda w skali absolutnej według encyklopedii internetowych, η *Carinae* widoczna na niebie południowym, jest kilka milionów razy jaśniejsza od Słońca, ale może w każdej chwili wybuchnąć, jako *supernowa*, zob. fot. 4.16.

Taką gwiazdę *supernową* obserwował Kepler w 1604 roku, inną, w konstelacji Kraba astronomowie chińscy i Indianie w Meksyku w 1054 roku. Gwiazdy też nie są wieczne...

¹ Dokładna jasność względna gwiazdy *Deneb* to +1,25

² Średnica *Deneba* to ponad 110 średnic Słońca

³ Stosunek *I* jasności względnych wyliczamy jak $I = 2,512^{(4,4-2,8)} = 4,4$

⁴ Najjaśniejsza „konfiguracja” nie oznacza dla Wenus największego zbliżenia do Ziemi; w trakcie zbliżenia jest ona w *nowiu*, zob. fot. 4.14a, czyli jest niewidoczna.

⁵ Zgodnie z obliczeniem $I = 2,512^{11,5} = 39800$

5.2. Narodziny i śmierć gwiazdy

Dziś wiemy, że gwiazdy, podobnie jak ludzie, rodzą się żyją i umierają. Skala czasowa w jakiej się to odbywa jest jednak zdecydowanie dłuższa. Gwiazdy powstały w pierwszych milionach lat istnienia Wszechświata, wskutek grawitacyjnej kondensacji wodoru (z domieszką helu) powstałych w Wielkim Wybuchu. Również dziś gwiazdy rodzą się z obłoków międzygwiazdowych, które są pozostałością po innych, kończących swój żywot gwiazdach. Mamy tutaj do czynienia ze swego rodzaju „recyclingiem” – z materii pozostałej po „starej” gwiazdzie powstaje młoda gwiazda.

Gwiazdy powstają z obłoków międzygwiazdowych, które nierównomiernie rozłożone są w Galaktyce. Aby gwiazda miała szansę się uformować, obłok z jakiegoś powodu, np. poprzez wybuch pobliskiej gwiazdy supernowej, musi zacząć się kurczyć. W miarę kurczenia się obłoku zostaje wyemitowane promieniowanie, które początkowo w całości opuszcza obłok w postaci promieniowania podczerwonego. Etap ten nazywany jest *protogwiazdą*. Gdy obłok jest na tyle gęsty, że promieniowanie nie jest w stanie całkowicie go opuścić, zaczyna on sam świecić. Jeśli temperatura wewnątrz gwiazdy będzie na tyle wysoka, iż rozpoczną się reakcje *termojądrowe*, gwiazda rozpocznie swój cykl życiowy.



Fot. 5.1. Obłok materii międzygwiazdowej - obszar formowania się gwiazd z pobliżu ρ -Ophiuchi⁶

Mechanizmem napędowym gwiazd są reakcje termojądrowe. We wnętrzu każdej gwiazdy znajduje się najgorętszy fragment – jądro. W przypadku Słońca, temperatura w jądrze wynosi około 15 milionów K, co powoduje, że atomy wodoru na skutek reakcji termojądrowych przekształcają się w atomy helu, według ciągu reakcji. Pierwsza z nich to synteza ciężkiego izotopu wodoru, deuteru, zawierającego w jądrze jeden proton i jeden neutron, według schematu



W reakcji tej powstają dodatnie elektrony (pozytony) e^+ i neutrino, unoszące nadmiar energii. Pozytony anihilują z elektronami a ich masa zamienia się w energię kwantów gamma (γ).

W kolejnym etapie jądro deuteru zderza się z jądrem zwykłego wodoru i powstaje lekki izotop helu ${}^3\text{He}$



Jądro helu „zwykłego”, ${}^4\text{He}$ może powstać na kilka sposobów ale we wszystkich reakcjach *wydziela się energia*. Słońce to mega-kocioł, w którym wodór spalany jest (termojądrowo) na hel – w ciągu sekundy spalane jest 600 milionów ton wodoru. Słońce znajduje się mniej więcej w połowie swego cyklu życia - w jądrze Słońca wodór stanowi już tylko 1/3 masy.

⁶ <http://it.wikipedia.org/wiki/File:RhoOph.jpg>; http://en.wikipedia.org/wiki/File:Rho_Ophiuchi.jpg