

Narodziny gwiazdy.

Gdy w przestrzeni kosmicznej znajdzie się obłok materii międzygwiazdowej gazów (głównie H, He) oraz pyłu międzygwiazdowy o temperaturze najczęściej kilku kelwinów, to wskutek grawitacji może dojść do stopniowego zagęszczania się materii.

Wzrost gęstości powoduje wzrost efektu grawitacji, co przekłada się na zwiększenie siły przyciągania grawitacyjnego. Wskutek przyciągania grawitacyjnego cząstki osiągają coraz większą energię kinetyczną, co powoduje wzrost temperatury materii. Powstaje tzw. *protogwiazda*.

a) Jeśli masa protogwiazdy jest mniejsza od $0,08M_{\odot}$, to temperatura protogwiazdy jest zbyt niska, aby zapoczątkować reakcje termojądrowe. Taki twór zaczyna zatem stygnąć i nazywamy go *brązowym karłem*.

b) Jeśli masa protogwiazdy jest rzędu $0,08M_{\odot} - 100M_{\odot}$, to temperatura protogwiazdy staje się na tyle wysoka, że zaczynają zachodzić reakcje termojądrowe syntezy wodoru w hel. Protogwiazda staje się *gwiazdą* i osiąga stan równowagi: wpływ sił grawitacji ściskających materię jest kompensowany przez ciśnienie promieniowania elektromagnetycznego i emisję neutrin. Na diagramie HR gwiazda wchodzi na ciąg główny.

Przy masie protogwiazdy większej od 100 mas Słońca reakcje termojądrowe zostają zapoczątkowane, lecz powstała gwiazda nie osiąga równowagi i staje się tzw. gwiazdą zmienną.

Życie i śmierć gwiazdy.

Długość życia gwiazdy i jej losy zależą głównie od masy gwiazdy. Zazwyczaj im większa masa, tym gwiazda żyje krócej.

Gwiazdy początkowo wchodzi w tzw. fazę ciągu głównego, czyli początkowo na diagramie HR znajdują się w grupie gwiazd ciągu głównego. Spędzają tutaj ok. 70%-90% swego życia. Źródłem ich energii są reakcje termojądrowe syntezy wodoru w hel. Po zakończeniu syntezy helu gwiazdy opuszczają ciąg główny na diagramie HR.

- a) gwiazdy małomasywne ($0,08M_{\odot} < M < 0,5M_{\odot}$) – zwane *czerwonymi karłami*. Ich losy znamy jedynie z symulacji komputerowych; w gwiazdach tych zachodzą reakcje cyklu pp. Proces ten trwa co najmniej kilkanaście mld lat. Po „wypaleniu” się wodoru kończy się źródło energii takiej gwiazdy, przestają zachodzić procesy termojądrowe i gwiazda staje się tzw. *białym karłem*. Jest to obiekt o bardzo dużej gęstości i wielkości porównywalnej z wielkością Ziemi. Biały karzeł powoli stygnie i po miliardach lat przestaje być widoczny - staje się tzw. *czarnym karłem*.
- b) gwiazdy średniomasywne ($0,5M_{\odot} < M < 6M_{\odot}$)
Początkowo gwiazda zamienia wodór w hel. Dla gwiazd o masie Słońca lub mniejszej odbywa się to w cyklu pp, a dla gwiazd cięższych w tzw. cyklu CNO. Gdy wodór w jądrze gwiazdy zamieni się w hel następuje kurczenie się jądra wskutek grawitacji. Powoduje to wzrost temperatury jądra. W otoczce gwiazdy temperatura wzrasta, więc zaczynają w niej zachodzić reakcje syntezy helu. Ciśnienie promieniowania przeważa ciężar górnych warstw gwiazdy, co powoduje znaczne zwiększenie rozmiarów gwiazdy. Gwiazda staje się tzw. *czerwonym olbrzymem*.

Jeśli temperatura jądra osiągnie wartość rzędu 100 mln K, to zostają w jądrze zainicjowane reakcje zamiany helu w węgiel. Reakcje te nazywają się reakcjami 3α i przebiegają w gwiazdach średniomasywnych bardzo gwałtownie (tzw. błysk helowy). Gdy w jądrze gwiazdy cały hel zamieni się w węgiel, zaczynają się reakcje 3α w warstwach otaczających jądro. Gwiazda ponownie „puchnie”. W gwiazdach średniomasywnych temperatura nigdy nie osiągnie wartości wystarczających do zainicjowania zapłonu węgla. Ostatecznie gwiazda odrzuca swoje zewnętrzne warstwy, tworząc tzw. *mgławicę planetarną*. Po odrzuceniu zewnętrznych warstw gwiazda staje się białym karłem, a następnie czarnym karłem.

c) gwiazdy masywne ($M > 6M_{\odot}$)

W gwiazdach masywnych po wypaleniu się wodoru w jądrze również zapala się hel, ale bez błysku helowego.

Po zamianie całego helu na węgiel jądro po raz kolejny kurczy się i zwiększa temperaturę, co w końcu doprowadza do rozpoczęcia reakcji zamiany węgla na cięższe pierwiastki.

Dalej sytuacja powtarza się z cięższymi pierwiastkami. W końcu gwiazda ma budowę cebuli – w kolejnych warstwach znajdują się coraz cięższe pierwiastki.

Gwiazda znajduje się wtedy w fazie tzw. *nadolbrzyna*.

Żelazo jest ostatnim pierwiastkiem, którego synteza wiąże się z wydzielaniem energii. Po powstaniu żelaznego jądra zaczyna się ono zapadać i żadne reakcje jądrowe nie są w stanie powstrzymać tego procesu. Wskutek olbrzymiego ściśnięcia grawitacyjnego jądra gwiazdy wydzielają się gwałtownie duże ilości energii i jądra żelaza zaczynają się rozpadać na neutrony. Powstaje fala uderzeniowa, która dociera do zewnętrznych warstw jądra i powoduje eksplozję otoczki gwiazdy, co obserwujemy jako wybuch tzw. *supernowej*. Odsłonięte jądro ma temp. rzędu 10^{12} K. Jasność supernowej jest wówczas porównywalna z jasnością całej galaktyki. Dalsze losy supernowej zależą od jej masy.

Gdy masa pozostałego jądra supernowej po wybuchu jest rzędu $1,4M_{\odot}$ - $3M_{\odot}$, to obiekt o masie 1,4-3 mas Słońca ściśnięty jest w kuli o promieniu 15 km. Wskutek wysokiej temperatury jądra żelaza w tej kuli rozpadają się przekształcając się w neutrony. Powstaje tzw. *gwiazda neutronowa*. W gwieździe neutronowej niemal wszystkie elektrony połączyły się z protonami tworząc neutrony.

Gdy masa pozostałego jądra supernowej jest większa niż $3M_{\odot}$, to powstaje gwiazda neutronowa, która wskutek grawitacji dalej kurczy się. Zmniejszenie rozmiarów powoduje, że powstały obiekt ma dużą masę i małe rozmiary, więc wytwarza tak silne pole grawitacyjne, że żadna cząstka ani promieniowanie elektromagnetyczne nie może się wydostać na zewnątrz tego obiektu (prędkość ucieczki z powierzchni obiektu jest większa od prędkości światła). Powstaje tzw. *czarna dziura*.