

Hauptreihenstadium

Nachdem die Kontraktion der Ursonne im Sonneninneren durch die Erhöhung von Druck und Temperatur das Wasserstoffbrennen ausgelöst hat, erreicht die Sonne und alle anderen Sterne einen ziemlich stabilen Zustand. Es entsteht ein Gleichgewicht zwischen dem von den Fusionen ständig erhaltenen nach außen wirkenden Gasdruck und dem nach innen wirkenden gravitativen Druck der gesamten Sternmasse.

Bei jeder Fusion von Wasserstoff zu Helium werden 0,7 % der beteiligten Massen beim Kernverschmelzungsprozess in Energie verwandelt. Selbst bei einer Verlustrate von 5 Millionen Tonnen Masse pro Sekunde hat unsere Sonne seit ihrer Bildung weniger als 0,1% ihrer ursprünglichen Masse verloren. Um die "Lebensdauer" unserer Sonne abzuschätzen lösen Sie folgende Aufgabe.

Berechne, wie viele Jahre die Sonne im Hauptreihenstadium verbleiben kann, wenn pro Sekunde 10^{38} Fusionsprozesse geschehen und 10% der zur Verfügung stehenden 10^{57} Sonnenprotonen während des Hauptreihenstadiums fusionieren.

Lösung einblenden

Diese lange und stabile Phase im Leben eines Sterns (bei der Sonne sind es $7,9 \cdot 10^9$ a) erkennt man auch daran, dass sich die weitaus meisten Sterne in diesem Stadium befinden. Trägt man von allen zu beobachtenden Sternen ihre Leuchtkraft gegen die Temperatur auf, so liegen über 90% aller Sterne auf der Hauptreihe, im Hertzsprung-Russell-Diagramm. Diese Hauptreihe charakterisiert den Zustand der normalen H-Fusion, die Phase heißt demnach "Hauptreihenstadium". Die Zeit, die der Stern auf der Hauptreihe verbringt, heißt "Entwicklungszeit". Sie gibt an, wie lange es etwa dauert, bis ca. 10% seines Wasserstoff-Vorrates in Helium umgewandelt ist.

Um die Entwicklungszeit (Hauptreihenzeit) eines Sterns abzuschätzen, macht man folgende Überlegung:

1. Die Entwicklungszeit ist direkt proportional zum "Brennstoffvorrat", also der Masse: $t_h \sim m$
2. Die Entwicklungszeit ist indirekt proportional zum "Brennstoffverbrauch", also der Leuchtkraft: $t_h \sim \frac{1}{L}$
3. Es gilt die empirische Masse-Leuchtkraftbeziehung: $L \sim m^3$

Aus $t_h \sim m$ und $t_h \sim \frac{1}{L}$ folgt: $t_h \sim \frac{m}{L} \Rightarrow t_h \sim \frac{m}{m^3} \Rightarrow t_h \sim \frac{1}{m^2}$

Berechne, welche Entwicklungszeit der B-Stern Spica im Sternbild der Jungfrau hat, dessen Masse das 9 fache der Sonnenmasse beträgt. Gehen Sie von einer Hauptreihenzeit der Sonne von 8 Milliarden Jahren aus.

Lösung einblenden