

Übungen zur Vorlesung

Einführung in die Astronomie (WS2012/13)

Cornelis Dullemond, Ralf Klessen

Übungsblatt 7

20 Punkte

1. Neutrinofluss auf der Erde

Nehmen Sie an, die Sonne deckt ihren kompletten Energiebedarf durch die pp-Kette. Schätzen Sie die Anzahl der Fusionsreaktionen pro Sekunde ab. Wie viele Neutrinos treffen pro Sekunde auf die Erde? (5 Punkte)

2. Überlebt die Erde?

Eine Reihe verschiedener physikalischer Prozesse führen dazu, dass die Sonne im Laufe ihrer Entwicklung an Masse verliert. Hier schätzen wir ab, was das für unsere Erde bedeutet.

Kernfusion: Die Sonne verliert über ihrer Oberfläche kontinuierlich Energie. Auf der Hauptreihe deckt sie diesen Verlust durch die Fusion von Wasserstoff zu Helium. Berechnen Sie die damit einhergehende Massenänderung im Laufe der vergangenen 4.6 Milliarden Jahre. Nehmen Sie an, dass die Leuchtkraft der Sonne in diesem Zeitraum konstant war. Wie wirkt sich das auf die Erdbahn aus? Berechnen Sie die Änderung der großen Halbachse. Beachten Sie, dass Drehimpulserhaltung gilt. (3 Punkte)

Sonnenwind: Auch der Sonnenwind bewirkt einen stetigen Massenverlust. Auf der Erde messen wir für diesen Wind eine typische Geschwindigkeit von 500 km s^{-1} und eine mittlere Dichte von 5 Protonen pro cm^3 . Zur Vereinfachung nehmen wir an, dass der Sonnenwind isotrop abgestrahlt wird und dass er zeitlich konstant ist. Welchen Massenverlust hat die Sonne durch diesen Wind seit ihrer Geburt erlitten und wie hat sich dadurch die Erdbahn verändert? (3 Punkte)

AGB-Wind: Wenn die Sonne die Hauptreihe verlässt, wird sie zum Roten Riesen. Vor allem am Ende der AGB-Phase (AGB für *asymptotic giant branch* = Asymptotischer Riesenast) erleidet ein Stern wie die Sonne einen signifikanten Massenverlust. Sternentwicklungsrechnungen zeigen, dass die Sonne zu dem Zeitpunkt, an dem sie mit $\sim 180 R_{\odot}$ ihre größte Ausdehnung erreicht, nur noch etwa zwei Drittel der jetzigen Wertes wiegt. Was bedeutet das für die Erdbahn? Wird die Erde diesen Prozess "überleben"? (2 Punkte)

3. Krebs-Nebel

Chinesische und japanische Quellen berichteten vom Aufleuchten eines “neuen Sterns“ im Sternbild Stier im Jahre 1054 unserer Zeitrechnung. Die scheinbare Helligkeit muß etwa -6^m betragen haben. An der von den Chroniken bezeichneten Stelle befindet sich heute der Krebs-Nebel. Wir wissen, daß es sich damals um eine Supernova-Explosion gehandelt haben muß. Der Nebel hat eine Ausdehnung von etwa 3 Bogenminuten und vergrößert sich jährlich um ~ 0.2 Bogensekunden. Die Expansion führt zu einer Dopplerverschiebung von $\Delta\lambda/\lambda_0 = 4.3 \times 10^{-3}$ zwischen der Linienemission aus den sich radial auf uns zubewegenden Bereichen des Nebels und solchen mit tangentialer Bewegungsrichtung.

Alter: Schätzen Sie ab, wann die Explosion stattgefunden haben muss, wenn wir eine konstante Ausdehnungsgeschwindigkeit annehmen. Wie stimmt das mit den historischen Quellen überein? Welche Prozesse könnten möglicherweise zu einer Abbremsung führen? (2 Punkte)

Entfernung: Berechnen Sie die Entfernung des Nebels in pc und die Expansionsgeschwindigkeit in km s^{-1} . (2 Punkte)

Helligkeit: Welche absolute visuelle Helligkeit hatte die Supernova im Maximum? Schätzen Sie die Gesamtleuchtkraft des Objektes im Vergleich zur Sonne ab unter der Annahme, dass die visuelle Helligkeit der bolometrischen Helligkeit entspricht. (3 Punkte)