

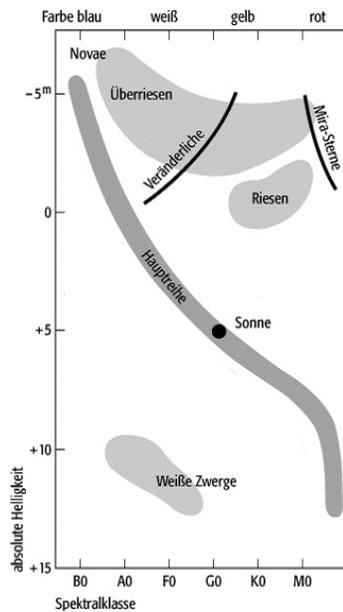
K1 ASTRONOMIE

KLAUSUR II 05.06.2024

Aufgabe	1	2	3	4	5	6	7
Punkte (max)	5	3	4	3	5	5	5

Keine Aufsätze – alle Erklärungen bitte kurz und prägnant.

- (1) Der Zusammenhang zwischen Leuchtkraft und absoluter Helligkeit einerseits, sowie von Oberflächentemperatur und Spektralklasse andererseits von Sternen wird im Hertzsprung-Russell-Diagramm dargestellt.



Im angegebenen Diagramm entsprechen die Spektralklassen und Farben auf der horizontalen Achse grob den Oberflächentemperaturen; blaue Sterne sind heiß, rote Sterne kühl.

Beschreibe den Lebenslauf eines Sterns unter Benutzung des Hertzsprung-Russell-Diagramm in Abhängigkeit von seiner Masse.

- zwischen 0,4 und 1,4 Sonnenmassen:
- zwischen 1,4 und etwa 20 Sonnenmassen:
- mehr als 20 Sonnenmassen:

- (2) Wie gewinnt unsere Sonne Energie?

Erkläre, warum die Sonne nur eine begrenzte Zeit mit konstanter Leuchtkraft strahlen kann.

- (3) Betrachte folgenden beiden Sterne:

- Pollux im Sternbild Zwillinge: scheinbare Helligkeit $1,1^m$, Entfernung 10 pc
- Altair im Sternbild Drache: scheinbare Helligkeit: $3,1^m$, Entfernung 30 pc

Nenne den Stern von den beiden, der uns heller erscheint.

Nenne den leuchtkräftigeren der beiden Sterne.

Begründe beide Antworten nachvollziehbar.

- (4) Sirius ist ein Doppelstern: Sirius A ist ein Hauptreihenstern mit 2,4 Sonnenmassen. Sirius B ist ein weißer Zwergstern mit 0,94 Sonnenmassen. Beide Komponenten sind gleichzeitig entstanden. Begründe, warum Sirius B ursprünglich mehr Masse gehabt haben muss als Sirius A.
- (5) Eine Raumsonde umläuft die Venus in genau 8 Stunden auf einer Kreisbahn mit Radius 19 000 km. Berechnen Sie daraus die Masse der Venus.
- (6) α Centauri ist ein Doppelstern, das aus zwei Sternen besteht, die beide in etwa eine Sonnenmasse besitzen. Diese umkreisen sich in etwa in 80 Jahren. Schätzen Sie damit die Entfernung der beiden Sterne voneinander in AE ab.
- (7) In der Galaxis M33 befindet sich ein Cepheide mit einer Periode von 13 Tagen und einer scheinbaren Helligkeit von $19,9^m$. Berechnen Sie die Entfernung von M33 in Lichtjahren.

$$\text{Gravitationsgesetz: } F = G \cdot \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$3. \text{ Keplersches Gesetz: } \frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G(m_1 + m_2)}$$

Konstanten:

$1 \text{ AE} = 149,6 \cdot 10^6 \text{ km}$	Astronomische Einheit
$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg s}^2$	Gravitationskonstante
$c = 299\,792 \text{ km/s}$	Lichtgeschwindigkeit
$m_E = 5,974 \cdot 10^{24} \text{ kg}$	Erdmasse
$m_M = 7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg}$	Mondmasse
$m_S = 1,99 \cdot 10^{30} \text{ kg}$	Sonnenmasse

Entfernungsmodul:

$$r = 10^{1 + \frac{m-M}{5}} \text{ pc.}$$

Dabei ist 1 pc etwa 3,26 Lj.

Periode-Leuchtkraft-Beziehung für Cepheiden (P in Tagen):

$$M = -2,54 \log_{10}(P) - 1,67.$$

- (1) Sterne entstehen durch Kontraktion von Gaswolken. Dabei nehmen Druck und Temperatur zu; sind sie hoch genug, beginnt der Stern mit der Fusion von Wasserstoff zu Helium. Der Stern wandert im HRD von links unten den Hauptast hinauf. Wenn ein Großteil des Wasserstoffs zu Helium fusioniert ist, wandert das Wasserstoffbrennen in die Schalen: der Stern dehnt sich aus und wird zu einem Roten Riesen.

Massearme Sterne können die Hülle nicht behalten und stoßen sie ab; übrig bleibt ein weißer Zwerg, der im Laufe der Jahrtausende immer weiter abkühlt.

Massereiche Sterne können, wenn der Wasserstoff verbraucht ist, Helium zu Kohlenstoff und Sauerstoff fusionieren. Auch sie werden zu Roten Riesen, die aber ihre Hülle halten können. Ist keine Fusion mehr möglich, vergeht der Stern in einer Supernova. Übrig bleibt ein Neutronenstern, und bei sehr massereichen Sternen ein schwarzes Loch.

- (2) Die Sonne gewinnt Energie durch Fusion von vier Protonen (Wasserstoffkerne) zu einem Heliumkern. Dieser hat weniger Masse als die vier Protonen zusammen; die Massendifferenz wird über $E = mc^2$ in Energie umgewandelt.

Ist ein Großteil des Wasserstoffs fusioniert, ist keine Energieerzeugung mehr möglich.

- (3) Der Stern, der uns heller erscheint, ist Pollux; er ist ein Stern erster Größe, Altair nur dritter Größe.

Der leuchtkräftigere Stern ist Altair; aus

$$r = 10^{1 + \frac{m-M}{5}}$$

berechnen wir die absolute Helligkeit der beiden Sterne:

- Pollux:

$$\begin{aligned} 10 &= 10^{1 + \frac{1,1-M}{5}} && \left| \log \right. \\ 1 &= 1 + \frac{1,1-M}{5} && \\ M &= 1,1 && \end{aligned}$$

- Altair:

$$\begin{aligned} 30 &= 10^{1 + \frac{3,1-M}{5}} && \left| \log \right. \\ \log(30) &= 1 + \frac{3,1-M}{5} && \left| - 1 \right. \\ \log(30) - 1 &= \frac{3,1-M}{5} && \left| \cdot 5 \right. \\ 5 \log(30) - 5 &= 3,1 - M && \\ M &= 3,1 + 5 - 5 \log(30) \approx 0,7. && \end{aligned}$$

- (4) Massereiche Sterne haben eine kürzere Lebensdauer. Ein Stern mit 2,4 Sonnenmassen müsste also früher zum weißen Zwerg werden wie ein Stern mit 0,9 Sonnenmassen.

Sirius B war also der massereiche Stern und hat im Überriesensatdium einen großen Teil seiner Masse an Sirius A abgegeben.

- (5) Die Masse der Sonde ist vernachlässigbar. Für die Masse m der Venus gilt also

$$\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{Gm}$$

mit $T = 8$ h, also $T = 28800$ s, und $R = 1,9 \cdot 10^7$ m. Einsetzen ergibt

$$m = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2} \approx 4,9 \cdot 10^{24} \text{ kg.}$$

- (6) Aus

$$\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G(m_1 + m_2)}$$

folgt

$$r^3 = \frac{G(m_1 + m_2)T^2}{4\pi^2}$$

mit $m_1 + m_2 = 2 \cdot 1,99 \cdot 10^{30}$ kg und $T = 80 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 60^2$ s, also $T \approx 2,5 \cdot 10^9$ s, und damit

$$r \approx 3,5 \cdot 10^{12} \text{ km.}$$

Dies sind etwa

$$\frac{3,5 \cdot 10^{12}}{1,5 \cdot 10^{11}} \approx 23,3$$

astronomische Einheiten.

- (7) Wir finden

$$M = -2,54 \log_{10}(13) - 1,67 \approx -4,5$$

und damit

$$r = 10^{1 + \frac{19,9 - (-4,5)}{5}} \approx 760 \text{ 000 pc.}$$

Dies sind etwa 2,5 Millionen Lichtjahre.