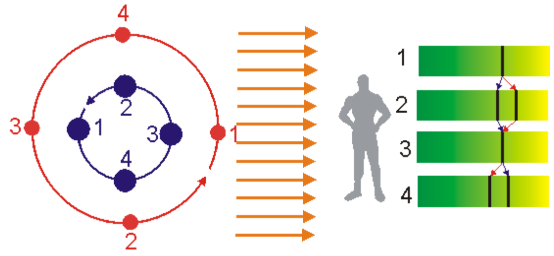
Q12 * Astrophysik * Optischer Dopplereffekt

Doppelsternsystem



Beobachtet man einen Doppelstern aus einem Punkt der gemeinsamen Bahnebene der beiden Sterne, so bewegen sich die beiden Sterne im Gegenrhythmus auf uns zu bzw. von uns weg.
Bei dieser Bewegung verschieben sich die charakteristischen Absorptionslinien beider Sterne im Gegenrhythmus und man kann die radialen Geschwindigkeitskomponenten beider Sterne bestimmen, auch wenn man diese nicht getrennt sehen kann, weil das Auflösungsvermögen des Teleskops nicht ausreicht. [Quelle: LeiFi]

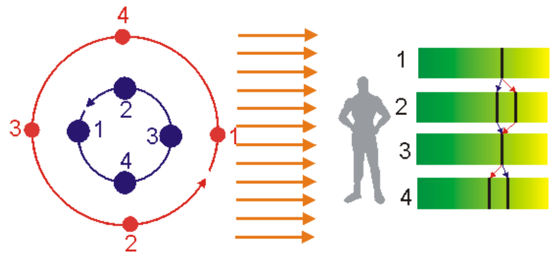
Aufgabe

Bei einem Doppelsternsystem ist sie H_α – Linie mit $\lambda = 656{,}281\ \text{nm}$ maximal um $\Delta\lambda_1 = 0{,}080\,\text{nm}$ bzw. $\Delta\lambda_2 = 0{,}040\,\text{nm}$ verschoben. Zwischen den Positionen 1 und 3 (siehe Bild oben) vergehen gerade 85 Tage. Nehmen Sie im Folgenden an, dass wir uns als Beobachter in der Bahnebene des Doppelsternsystems befinden.

a) Bestimmen Sie die Geschwindigkeiten der beiden Sterne auf ihren Kreisbahnen.
b) Bestimmen Sie das Verhältnis der beiden Sonnenmassen.
c) Bestimmen Sie den Abstand der beiden Sterne voneinander.
d) Bestimmen Sie die Massen der beiden Sterne in Vielfachen der Sonnenmasse $M_\odot = 2{,}0 \cdot 10^{30}\,\text{kg}$.

Q12 * Astrophysik * Optischer Dopplereffekt

Doppelsternsystem



Beobachtet man einen Doppelstern aus einem Punkt der gemeinsamen Bahnebene der beiden Sterne, so bewegen sich die beiden Sterne im Gegenrhythmus auf uns zu bzw. von uns weg.
Bei dieser Bewegung verschieben sich die charakteristischen Absorptionslinien beider Sterne im Gegenrhythmus und man kann die radialen Geschwindigkeitskomponenten beider Sterne bestimmen, auch wenn man diese nicht getrennt sehen kann, weil das Auflösungsvermögen des Teleskops nicht ausreicht. [Quelle: LeiFi]

Aufgabe

Bei einem Doppelsternsystem ist sie H_α – Linie mit $\lambda = 656{,}281\ \text{nm}$ maximal um $\Delta\lambda_1 = 0{,}080\,\text{nm}$ bzw. $\Delta\lambda_2 = 0{,}040\,\text{nm}$ verschoben. Zwischen den Positionen 1 und 3 (siehe Bild oben) vergehen gerade 85 Tage. Nehmen Sie im Folgenden an, dass wir uns als Beobachter in der Bahnebene des Doppelsternsystems befinden.

a) Bestimmen Sie die Geschwindigkeiten der beiden Sterne auf ihren Kreisbahnen.
b) Bestimmen Sie das Verhältnis der beiden Sonnenmassen.
c) Bestimmen Sie den Abstand der beiden Sterne voneinander.
d) Bestimmen Sie die Massen der beiden Sterne in Vielfachen der Sonnenmasse $M_\odot = 2{,}0 \cdot 10^{30}\,\text{kg}$.

Q12 * Astrophysik * Optischer Dopplereffekt

Doppelsternsystem * Lösung

a) $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{v_{radial}}{c} \quad \Rightarrow \quad v_1 = v_{1,radial} = \frac{\Delta\lambda_1}{\lambda} \cdot c = \frac{0,080\,nm}{656,281\,nm} \cdot 3,0 \cdot 10^8 \frac{m}{s} = 36,6 \frac{km}{s}$

$v_2 = v_{2,radial} = \frac{\Delta\lambda_2}{\lambda} \cdot c = \frac{0,040\,nm}{656,281\,nm} \cdot 3,0 \cdot 10^8 \frac{m}{s} = 18,3 \frac{km}{s}$

b) $\frac{2 \cdot \pi \cdot r_1}{T} = v_1$ und $\frac{2 \cdot \pi \cdot r_2}{T} = v_2 \quad \Rightarrow \quad \frac{r_1}{r_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{2}{1}$ also $r_1 = 2\,r_2$

$m_1 \cdot \omega^2 \cdot r_1 = m_2 \cdot \omega^2 \cdot r_2 \quad \Rightarrow \quad \frac{m_1}{m_2} = \frac{r_2}{r_1} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{1}{2}$ also $m_2 = 2\,m_1$

c) $T = 2 \cdot 85\,d = 170\,d$; $v_1 = \frac{2 \cdot \pi \cdot r_1}{T} \quad \Rightarrow \quad r_1 = \frac{v_1 \cdot T}{2\pi} = \frac{36,6 \frac{km}{s} \cdot 170 \cdot 24 \cdot 3600\,s}{2\pi} = 85,6 \cdot 10^6\,km$

$r_2 = \frac{1}{2} \cdot r_1 = 42,8 \cdot 10^6\,km$ und damit $r = r_1 + r_2 = 128 \cdot 10^6\,km$

d) $\omega^2 = G \cdot \frac{m_1 + m_2}{r^3} \quad \Rightarrow$

$$m_1 + m_2 = \frac{\omega^2 \cdot r^3}{G} = \frac{\frac{4 \cdot \pi^2}{T^2} \cdot r^3}{G} = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot (128 \cdot 10^9\,m)^3}{(170 \cdot 24 \cdot 3600\,s)^2 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{m^3}{kg \cdot s^2}} = 5,8 \cdot 10^{30}\,kg$$

$m_1 = \frac{1}{3}(m_1 + m_2) = \frac{1}{3} \cdot 5,8 \cdot 10^{30}\,kg = 1,9 \cdot 10^{30}\,kg = 0,95\,m_\odot$ und $m_2 = 3,9 \cdot 10^{30}\,kg = 1,95\,m_\odot$