

Q12 * Astrophysik * Scheinbare und absolute Helligkeit von Sternen

1. Pollux ist der hellste Stern im Sternbild Zwillinge.

Von Pollux sind folgende Daten bekannt:

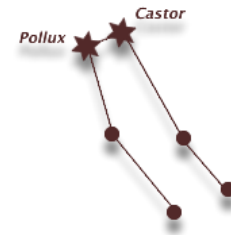
Parallaxe: 0,0965''

Scheinbare Helligkeit: 1,16

Oberflächentemperatur: 4500 K

Bestimmen Sie aus diesen Daten die Entfernung in Lichtjahren, die absolute Helligkeit und die relative Leuchtkraft L^* von Pollux.

Bestimmen Sie auch den relativen Radius R^* von Pollux.



Hinweis: Leuchtkraft, Radius und Masse eines Sterns gibt man sehr häufig in Vielfachen der entsprechenden Werte unserer Sonne an.

$$\text{Man schreibt hierbei } L^* = \frac{L}{L_{\odot}} \text{ bzw. } M^* = \frac{M}{M_{\odot}} \text{ bzw. } R^* = \frac{R}{R_{\odot}}$$

und spricht von relativen Werten.

2. Proxima Centauri b ist der aktuell erdnächste Exoplanet, der den Stern Proxima Centauri in 11,2 Tagen in der habitablen Zone umrundet.

Dieser Exoplanet wurde 2016 mit der Radialgeschwindigkeitsmethode nachgewiesen.

Vom Stern kennt man die scheinbare Helligkeit 11,05 und die Parallaxe 0,769''.

- a) Berechnen Sie die Entfernung und die absolute Helligkeit von Proxima Centauri.

Nehmen wir an, dass auf dem Exoplaneten intelligente Lebewesen unser Sonnensystem beobachten.

- b) Mit welcher scheinbaren Helligkeit sehen diese Lebewesen unsere Sonne und unseren Planeten Jupiter?

Hinweis: Die absolute Helligkeit unserer Sonne beträgt 4,74.

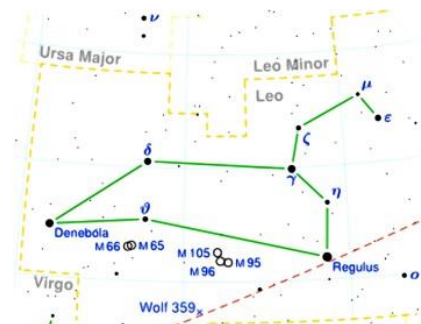
Die maximale scheinbare Helligkeit Jupiters beträgt von der Erde aus beobachtet -2,4, und Jupiter umrundet die Sonne in einem Abstand von 5,2 AE.

3. Der für uns hellste Stern Sirius im Sternbild Großer Hund hat die scheinbare Helligkeit -1,42. Regulus im Sternbild Löwe strahlt auf der Erde etwa 13-mal schwächer als Sirius. Die Parallaxe von Regulus beträgt 0,0411''.

- a) Bestimmen Sie die scheinbare Helligkeit von Regulus.

- b) Bestimmen Sie die absolute Helligkeit von Regulus.

- c) Bestimmen Sie die relative Leuchtkraft von Regulus.



Q12 * Astrophysik * Scheinbare und absolute Helligkeit von Sternen * Lösungen

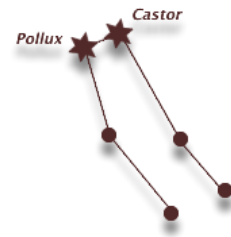
$$1. \quad r = \frac{1''}{p} \cdot \text{pc} = \frac{1''}{0,0965''} \cdot \text{pc} = 10,4 \text{ pc} = 34 \text{ Lj}$$

$$m - M = 5 \cdot \lg \frac{r}{10 \text{ pc}} \Rightarrow M = m - 5 \cdot \lg \frac{r}{10 \text{ pc}} = 1,16 - 5 \cdot \lg \frac{10,4}{10} = 1,07$$

$$M - M_{\odot} = -2,5 \cdot \lg \frac{L}{L_{\odot}} \Rightarrow \frac{1,07 - 4,74}{-2,5} = \lg \frac{L}{L_{\odot}} \Rightarrow L^* = \frac{L}{L_{\odot}} = 10^{0,4 \cdot (4,74 - 1,07)} = 29$$

$$L = \sigma \cdot A \cdot T^4 \quad \text{und} \quad A = 4 \cdot \pi \cdot R^2 \Rightarrow L = \sigma \cdot 4 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot T^4 \quad \text{und} \quad \frac{L}{L_{\odot}} = \left(\frac{R}{R_{\odot}} \right)^2 \cdot \left(\frac{T}{T_{\odot}} \right)^4 \quad \text{also}$$

$$L^* = (R^*)^2 \cdot (T^*)^4 \Rightarrow R^* = \frac{\sqrt{L^*}}{(T^*)^2} = \frac{\sqrt{29}}{\left(\frac{4500 \text{ K}}{5800 \text{ K}} \right)^2} = 8,9$$



$$2. \text{ a) } r = \frac{1''}{p} \cdot \text{pc} = \frac{1''}{0,769''} \cdot \text{pc} = 1,30 \text{ pc} = 4,24 \text{ Lj}$$

$$m - M = 5 \cdot \lg \frac{r}{10 \text{ pc}} \Rightarrow M = m - 5 \cdot \lg \frac{1,30}{10 \text{ pc}} = 11,05 - 5 \cdot \lg \frac{1,30}{10} = 15,5$$

$$M - M_{\odot} = -2,5 \cdot \lg \frac{L}{L_{\odot}} \Rightarrow \frac{15,5 - 4,74}{-2,5} = \lg \frac{L}{L_{\odot}} \Rightarrow L^* = \frac{L}{L_{\odot}} = 10^{0,4 \cdot (4,74 - 15,5)} = 5,0 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{b) } m_{\odot} - M_{\odot} = 5 \cdot \lg \frac{r_{\odot}}{10 \text{ pc}} \Rightarrow m_{\odot} = M_{\odot} + 5 \cdot \lg \frac{r_{\odot}}{10 \text{ pc}} = 4,74 + 5 \cdot \lg \frac{1,30 \text{ pc}}{10 \text{ pc}} = 0,31$$

$$m_J - M_J = 5 \cdot \lg \frac{r_J}{10 \text{ pc}} \Rightarrow M_J = m_J - 5 \cdot \lg \frac{r_J}{10 \text{ pc}} = -2,4 - 5 \cdot \lg \frac{(5,2 - 1) \text{ AE}}{10 \cdot 2,063 \cdot 10^5 \text{ AE}} = 26$$

Scheinbare Helligkeit $m_{J, \text{Exo}}$ Jupiters vom Exoplaneten aus :

$$m_{J, \text{Exo}} - M_J = 5 \cdot \lg \frac{1,30 \text{ pc}}{10 \text{ pc}} \Rightarrow m_{J, \text{Exo}} = 26 + 5 \cdot \lg \frac{1,30 \text{ pc}}{10 \text{ pc}} = 22$$

$$3. \text{ a) } m_R - m_S = -2,5 \cdot \lg \frac{E_R}{E_S} = -2,5 \cdot \lg \frac{1}{13} \Rightarrow m_R = m_S - 2,5 \cdot \lg \frac{1}{13} = -1,42 + 2,78 = 1,36$$

$$\text{b) } r_R = \frac{1''}{p_R} \cdot \text{pc} = \frac{1''}{0,0411''} \cdot \text{pc} = 24,3 \text{ pc} = 79 \text{ Lj}$$

$$m_R - M_R = 5 \cdot \lg \frac{r_R}{10 \text{ pc}} \Rightarrow M_R = m_R - 5 \cdot \lg \frac{24,3 \text{ pc}}{10 \text{ pc}} = 1,36 - 5 \cdot \lg 2,43 = -0,57$$

$$\text{c) } M_R - M_{\odot} = -2,5 \cdot \lg \frac{L_R}{L_{\odot}} \Rightarrow \frac{-0,57 - 4,74}{-2,5} = \lg \frac{L_R}{L_{\odot}} \Rightarrow L_R^* = \frac{L_R}{L_{\odot}} = 10^{0,4 \cdot (4,74 + 0,57)} = 133$$

