

Stralingsprocessen 2010

Werkcollege 2 uitwerkingen

[1] Gebruik

$$\lambda_{\text{mfp}} = \frac{1}{n_e \Sigma_T}, \quad (1)$$

waarbij de Thomson doorsnede $\Sigma_T = 6.67 \cdot 10^{-29} \text{ m}^2$. Als we aannemen dat de elektronendichtheid $n_e = 10^{30} \text{ m}^{-3}$, geeft dit $\lambda_{\text{mfp}} = 1.5 \text{ cm}$.

[2] Neem aan dat de elektron dichtheid $n_e = 10^{30} \text{ m}^{-3}$ uniform is binnen de straal ($R = 7 \cdot 10^8 \text{ m}$) van de zon. Dan geeft

$$t = \frac{R^2 n \Sigma}{c} = 1.1 \cdot 10^{11} \text{ s} = 3.5 \cdot 10^3 \text{ yr}. \quad (2)$$

[3] Drukgradient tgv zwaartekracht:

$$\frac{dP_g}{dr} = -\rho g = -\frac{GM\rho}{r^2}. \quad (3)$$

Drukgradient tgv straling:

$$\frac{dP_r}{dr} = \frac{L}{c} \frac{\Sigma\rho}{4\pi\mu r^2}. \quad (4)$$

Neem aan dat de ster uit waterstof bestaat zodat $\mu = m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$. L en M zijn ingewikkelde functies van r , maar de totale massa en lichtkracht van sterren volgen de massa-lichtkrachtrelatie. Uitgedrukt in zonseenheden:

$$\left(\frac{L}{L_\odot}\right) = \left(\frac{M}{M_\odot}\right)^{10/3} \quad (5)$$

Vullen we deze relatie in in Eq. 4,

$$\left.\frac{dP_r}{dr}\right|_{r=R} = \frac{L_\odot}{c} \left(\frac{M}{M_\odot}\right)^{10/3} \frac{\Sigma\rho}{4\pi\mu r^2} = \frac{4.0 \cdot 10^{15} \rho}{r^2} \left(\frac{M}{M_\odot}\right)^{10/3}. \quad (6)$$

Eq. 3 wordt, uitgedrukt in zonsmassa's:

$$\left.\frac{dP_g}{dr}\right|_{r=R} = \frac{1.3 \cdot 10^{20} \rho}{r^2} \frac{M}{M_\odot}. \quad (7)$$

De stralingsdruk in de zon is dus ongeveer 30 000 keer kleiner dan de zwaartekracht. Merk op dat de stralingsdruk sterker toeneemt dan de zwaartekracht naarmate de massa van de ster toeneemt. Beide zijn vergelijkbaar wanneer $M \simeq 80 M_\odot$.