
Lista de Exercícios - Aula 10

Gabarito

AGA0215 - Fundamentos de Astronomia

Docentes: Augusto Damineli e Eduardo Cypriano
Monitoras: Gabriela C. Silva e Kethelin Parra Ramos

- 1 Um recipiente contendo gelo foi colocado ao sol. Depois de 10 minutos, 25 gramas de gelo haviam derretido. Calcule a potência luminosa do Sol, sendo que a seção reta do recipiente com gelo era de 10x10 cm. Admita que somente a luz direta do Sol foi responsável por derreter o gelo.

No processo de mudança de fase, levamos em consideração a massa e o calor latente do material para chega na quantidade de energia total necessária para que o processo ocorra. O calor latente de fusão da água é 80 cal/g, ou seja, aproximadamente 333 J/g

$$Q = mL = 25 \text{ g} \times 333 \text{ Jkg}^{-1} = 8325 \text{ J} \quad (1)$$

O tempo necessário foi equivalente a 600s, e a seção reta de 0.1x0.1 m. Podemos calcular o fluxo de energia, ou seja, a energia por unidade de tempo por unidade de área:

$$F = \frac{Q}{\Delta t A} = \frac{8325 \text{ J}}{600 \text{ s} \times 0.01 \text{ m}^2} = 1388 \text{ Wm}^{-2} \quad (2)$$

A potência kuminosa é dada por:

$$4\pi d^2 F = 4\pi \times (1.496 \times 10^{11} \text{ m})^2 \times 1388 \text{ Wm}^{-2} = 3.90 \times 10^{26} \text{ W} \quad (3)$$

- 2 Calcule a temperatura efetiva do Sol, a partir de sua luminosidade e raio.

$$F = \frac{L}{4\pi R_{\odot}^2} \implies T_{eff} = \left(\frac{L}{4\pi R_{\odot}^2 \sigma} \right)^{1/4} \quad (4)$$

$$\boxed{T_{eff} = 5780 \text{ K}}$$

O resultado pode variar um pouco dependendo do dados utilizados mas deve ficar em torno de 5800K.

- 3 Calcule qual seria o tempo de vida do Sol (à luminosidade atual) se ele brilhasse por causa de uma reação química tão poderosa que liberasse 10^8 J/kg.

A energia que o Sol emite por segundo é dada pela luminosidade, $3.85 \times 10^{26} \text{ W}$

$$t = \frac{M_{\odot}}{L_{\odot}} \times \text{gasto} (\text{Jkg}^{-1}) = \frac{1.99 \times 10^{30} \text{ kg}}{3.85 \times 10^{26} \text{ W}} \times 10^8 \text{ Jkg}^{-1} \implies \boxed{t = 5.2 \times 10^{11} \text{ s}}$$

O tempo de vida do Sol seria de cerca de 16500 anos

- 4 Usando o fato de que o átomo de Hélio pesa 0,7% a menos do que 4 prótons juntos, calcule quanta energia é produzida em cada reação.

0.7% da massa inicial é transformada em energia, e a massa inicial é $4m_p = 6.69 \times 10^{-27} \text{ kg}$. A energia é $E = mc^2$

$$E = \Delta mc^2 = (m_f - m_i)c^2 = (0.93m_i - m_i)c^2 = 0.007m_i c^2 = 0.07(4m_p c^2) \quad (5)$$

$$E = 0.007(6.69 \times 10^{-27} \text{ kg})(3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1})^2 = 4.2 \times 10^{-12} \text{ J} \quad (6)$$

- 5 Quantas reações de fusão nuclear ocorrem no Sol a cada segundo para explicar sua luminosidade?

$$n^\circ \text{ reações} = \frac{L_\odot}{\text{energia/reação}} = \frac{3.85 \times 10^{26} \text{ W}}{4.2 \times 10^{-12} \text{ J/reação}} = 9.2 \times 10^{38} \text{ reações por segundo} \quad (7)$$

- 6 Quantos átomos de Hélio o Sol fabrica a cada segundo?

A quantidade de átomos de Hélio é igual à quantidade de reações.

- 7 Mostre que, admitindo que o Sol fosse um gás ideal em equilíbrio hidrostático, a temperatura de seu caroço central aumenta ao transformar H em He.

A fusão nuclear no interior do Sol está transformando cada 4 átomos de H em 1 átomo de He. Ao considerar que o Sol está em equilíbrio hidrostático, temos que a pressão P se mantém constante. Seu gás ionizado se comporta como um gás ideal, ou seja, $P = nkT$ onde k é constante. Assim obtemos uma relação entre a temperatura e o número de átomos.

$$T_c = \frac{P}{nk} \quad (8)$$

Como n é inversamente proporcional à T , a diminuição do número de átomos decorrente da fusão nuclear aumente T_c .

- 8 Explique qual era o problema dos “neutrinos faltantes” e como isso foi resolvido.

A física de partículas anterior ao modelo padrão atual, previa que os neutrinos possuíam massa nula e escapavam do Sol sem interagirem muito com a matéria. Detectar esses neutrinos na Terra evidenciaria que as reações previstas para o interior de fato ocorriam. Entretanto, apenas 1/3 dos neutrinos previstos foram detectados. O problema foi resolvido quando o modelo da física de partículas foi alterado considerando agora que os neutrinos possuem massa com 3 diferentes flavors.