

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
EVOLUÇÃO ESTELAR I
2º Trimestre - 2021
Prof. Carlos Alexandre Wuensche
Série de exercícios nº 2: entregar em 29/07/2021

FORMAÇÃO ESTELAR E SEQUÊNCIA PRINCIPAL

1. Mostre que a expressão $y = A \frac{\sin(x)}{x} + B \frac{\cos(x)}{x}$ é solução da equação de Lane-Emden, com $n=1$, e mostre que $A = 1$ e $B=0$
2. Usando as relações da sec. 19.4 do livro “Stellar Structure and Evolution”, 2ª. Edição, calcule os valores de ρ_c , M_c e P_c para uma estrela de $10 M_{\text{Sol}}$, no caso de um polítropo com índice $n=3$. Comente os valores obtidos.
3. Se uma nuvem molecular gigante possui uma massa de 10^{38} g e converte 1% de sua massa em estrelas durante um único encontro com uma onda de choque, quantas estrelas podem ser formadas (suponha a massa média das estrelas formadas $M \sim 1 M_{\text{Sol}}$)
4. Uma estrela T Tauri tem $L = 10 L_{\text{Sol}}$ e $T_{\text{ef}} = 4000$ K.
 - a. Defina a classe de estrelas T Tauri
 - b. Qual é o valor do raio dessa estrela, em unidades solares?
 - c. Suponha que essa estrela pertença a um estágio pré-sequência principal de uma estrela de $1 M_{\text{Sol}}$. Qual deve ser o valor da massa da estrelas T Tauri considerando que esse estágio dura aproximadamente 10^6 anos e a taxa de perda de massa é de $5 \times 10^{-7} M_{\text{Sol}}/\text{ano}$?
5. Massa de Jeans:
 - a. estime a massa mínima necessária para que haja o colapso espontâneo de uma nuvem molecular (considere $\mu = 2$). Para referência de valores, consulte a fig. 1.2 do livro “Diffuse Matter in the Universe, M. Dopita e R. Sutherland, Verlag, 2001.
 - b. Repita o procedimento para o **núcleo denso de uma nuvem molecular gigante**, com temperaturas típicas da ordem de 150 K e densidades numéricas da ordem de 10^8 cm^{-3} . Quais as suas conclusões, em comparação ao caso anterior.
 - c. Estime o tempo de colapso da nuvem.
 - d. Estime o tempo de colapso do núcleo denso.
 - e. Estime o raio de Jeans da nuvem.
 - f. Estime o raio de Jeans do núcleo denso.

6. Estrelas O, com temperaturas típicas de 40000 K e $L \sim 1,3 \times 10^5 L_{\text{Sol}}$, são normalmente formadas no núcleo denso de uma nuvem molecular gigante
 - a. Estime em que faixa do espectro eletromagnético encontra-se a emissão de pico desses objetos.
 - b. Supondo que 90% dos fótons emitidos estejam no pico de emissão, isto é, com a energia máxima, estime o número de fótons emitidos por segundo pela estrela.
 - c. Explique o que é o raio de Strömgren e calcule-o, para a nuvem molecular gigante considerada no exercício 6.
7. O limite de Eddington é definido como a luminosidade máxima de uma estrela para que a força devida à pressão de radiação que atua sobre elétrons e íons não exceda a força gravitacional.
 - a. Mostre que o limite pode ser escrito como:

$$L \leq \frac{4\pi c G m_H M}{\sigma}$$

- b. Obtenha um limite superior para a massa das estrelas da sequência principal. Use uma relação massa-luminosidade aproximada, do tipo $L/L_{\text{Sol}} \sim a (M/M_{\text{Sol}})^3$, em que $a = 3.5 \times 10^4 \text{ erg/s}$.
 - c. Usando a condição $L < L_{\text{Edd}}$, derive um limite superior para a massa e luminosidade das estrelas da sequência principal. Estime a temperatura efetiva na parte superior da SP.
 - d. Estime a temperatura efetiva correspondente à parte inferior da sequência principal. Justifique suas considerações.
8. Usando argumentos de análise dimensional para o caminho livre médio, densidade e pressão, mostre que:
 - a. $L \sim M^2$, para estrelas de massa muito baixa
 - b. $L \sim M^4$, para estrelas de massa baixa
 - c. $L \sim M^3$, para estrelas de massa intermediária
 - d. $L \sim M$, para estrelas de massa grande

definindo os intervalos de massa “muito baixa, baixa, intermediária e grande”.