

PROPRIEDADE DE ESTRELAS, MEIO INTERESTELAR E FORMAÇÃO ESTELAR

NOME: _____ GABARITO _____

VERDADEIRO OU FALSO: (1 ponto)

1. (**F**) O movimento próprio de uma estrela é sua velocidade verdadeira através do espaço.
2. (**F**) Uma estrela A parece mais brilhante do que uma estrela B, quando vistas da Terra. Isso quer dizer necessariamente que a estrela A está mais perto da Terra do que a estrela B.
3. (**V**) Uma estrela de magnitude aparente 5 parece menos brilhante do que uma estrela de magnitude aparente 2.
4. (**V**) Estrelas gigantes vermelhas tem alta luminosidade e baixa temperatura superficial.
5. (**V**) Linhas de hidrogênio neutro são fracas tanto em estrelas muito quentes como nas mais frias.
6. (**F**) As pequenas estrelas quentes que se situam no canto esquerdo inferior do diagrama HR são chamadas de anãs.
7. (**F**) As estrelas passam o seu maior tempo de vida na fase de gigante.
8. (**V**) Os astrônomos podem distinguir estrelas de sequência principal e gigantes por meios espectroscópicos.
9. (**V**) Estrelas de mais baixa massa tem tempo de vida maior do que estrelas de alta massa.
10. (**V**) Hidrogênio é o gás mais abundante no meio interestelar.
11. (**F**) O meio interestelar é distribuído homogeneamente na Galáxia.
12. (**F**) Nebulosas de emissão possuem espectro similar ao de estrelas.
13. (**V**) Frequentemente observa-se nebulosas escuras associadas a nebulosas brilhantes.
14. (**F**) A linha de 21 cm do H é fortemente absorvida por poeira interestelar.
15. (**F**) Nuvens moleculares são em média mais quentes do que nuvens de gás interestelar típicas.
16. (**V**) Transições entre diferentes estados rotacionais de uma moléculas produzem radiação no comprimento de onda de rádio.
17. (**F**) Rotação e campo magnético aceleram o colapso gravitacional de uma nuvem interestelar.
18. (**V**) Uma proto-estrela recém-formada possui uma luminosidade maior do que a luminosidade da estrela que ela formará.
19. (**F**) Quando uma proto-estrela evolui ao longo da trajetória de Hayashi, a luminosidade se mantém constante.
20. (**F**) Anãs marrons levam muito tempo para se formar, mas eventualmente irão se transformar em estrelas na baixa sequência principal.

COMPLETAR O QUE FALTA (1 ponto)

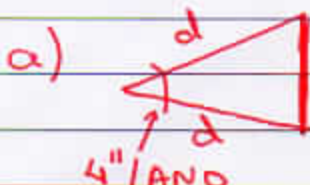
1. A luminosidade de uma estrela é o seu BRILHO INSTRÍNSECO.
2. A magnitude aparente é uma escala LOGARÍTMICA DO FLUXO, enquanto que a magnitude absoluta é uma escala LOGARÍTMICA DA LUMINOSIDADE.
3. O diagrama HR é um diagrama de classificação de ESTRELAS.
4. No estágio 2 da evolução pré-estelar, uma nuvem interestelar que está se contraindo vai se FRAGMENTANDO em pedaços menores.
5. Durante o estágio 3 da evolução pré-estelar, cada fragmento da nuvem interestelar continua a se contrair, e suas temperaturas e densidades centrais AUMENTAM.
6. No estágio 4 de formação pré-estelar, o pedaço de nuvem interestelar continua se contraindo, mas não se fragmenta mais. A partir deste momento este pedaço torna-se uma PROTO-ESTRELA.

7. Quando as reações de fusão do H são estáveis no núcleo e há o equilíbrio da gravidade com a pressão do gás, a estrela atingiu a SEQUENCIA PRINCIPAL do diagrama HR.
8. Para identificar nuvens interestelares nas primeiras fases de evolução de formação estelar, os astrônomos procuram por emissão no comprimento de onda de RÁDIO.
9. No começo de vida de uma anã marrom de baixa massa ocorrem reações de FUSÃO DO DEUTÉRIO em seu núcleo.
10. Após acabarem as reações de fusão numa anã marrom, o seu equilíbrio hidrostático é mantido por PRESSÃO DE ELÉTRONS DEGENERADOS.

PROBLEMAS (8 pontos)

- 1) Uma estrela que está a uma distância do Sol de 2,4 pc tem movimento próprio de 4"/ano.
 - a) Qual a sua velocidade transversa (km/s)? (Dica: calcular da mesma forma, por exemplo, que se estima o diâmetro verdadeiro de um objeto através de seu diâmetro angular)
 - b) Se a estrela possui um *redshift* de 0,0003, qual a velocidade espacial verdadeira da estrela em relação ao Sol?
(Dica: na relação do efeito Doppler: $redshift \equiv z = \frac{\Delta\lambda}{\lambda}$)
- 2) Qual o tempo de vida na sequência principal de uma estrela de $15 M_{\odot}$?
- 3) Derivar uma relação idade-luminosidade para estrelas da sequência principal (usar fórmulas em unidades solares).
- 4) Qual a diferença em energia (em eV) dos dois estados possíveis de spin (paralelos e antiparalelos) do átomo de hidrogênio? (dica: considerar que, quando o H passa de um estado a outro, ele emite ou absorve radiação no comprimento de onda de 21 cm).
- 5) Qual o comprimento de onda do pico de emissão de uma nuvem de poeira de 100 K? Em que região do espectro se encontra? (Dica: lei de Wien)
- 6) Uma estrela é observada através de uma região de poeira, que faz com que tenha o seu brilho atenuado de 1 magnitude/kpc. Se a magnitude aparente observada da estrela é de $m_V = +4,0$ e a sua magnitude absoluta é de $M_V = -4,5$, determine a distância considerando a extinção.
- 7) Quantas estrelas do tipo solar podem se formar de uma nuvem molecular gigante de diâmetro de 10 pc e densidade de $1,6 \times 10^{-17} \text{ kg/m}^3$? Assumir uma nuvem esférica, onde metade dela vai ser usada para formar estrelas do tipo solar (considere a massa do Sol $M_{\odot} = 2 \times 10^{30} \text{ kg}$).
- 8) Determine a massa de Jeans de uma densa nuvem molecular de hidrogênio H_2 típica ($T=50\text{K}$ e densidade numérica de $n=100 \text{ partículas/cm}^3$). Compare com a massa de Jeans de uma nuvem de H neutro dada em aula ($T=100\text{K}$ e $n=1 \text{ partícula/cm}^3$) e descreva o que este resultado mostra em termos de formação de estruturas?

① $m_{\text{proprito}} = 4''/\text{ANO}$ $d = 2,4 \text{ pc}$

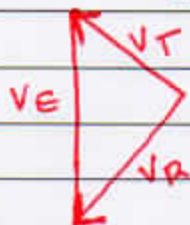
a)  $V_{\text{TRANSVERSA}} (\text{pc ou km})$
 $4''/\text{ANO} \rightarrow 360^\circ (1,296 \times 10^6'')$
 $d \rightarrow 2\pi d$

$$V_T = \frac{2\pi \times d \times 4''/\text{ANO}}{1,296 \times 10^6''} = 4,65 \times 10^{-5} \text{ pc/ANO}$$

$1 \text{ pc} \rightarrow 3,09 \times 10^{13} \text{ km} \Rightarrow V_T = 1,44 \times 10^9 \text{ km/ANO}$

$1 \text{ ANO} \rightarrow 31.536.000 \text{ s} \Rightarrow V_T = 45,6 \text{ km/s}$

b) $z = \frac{V_R}{c} \Rightarrow 0,0003 \times 3 \times 10^5 \Rightarrow V_R = 90 \text{ km/s}$

 $V_E^2 = V_T^2 + V_R^2$
 $V_E = 100,9 \text{ km/s}$

② - $\frac{L}{t_0} = \left(\frac{M_0}{M} \right)^3 \Rightarrow t = \frac{10 \times 10^9}{(15)^3} \sim 3 \times 10^6 \text{ ANOS}$

③ - SABENDO QUE NA SEQUÊNCIA PRINCIPAL:

$\frac{L}{L_0} = \left(\frac{M}{M_0} \right)^4$ e $\frac{t}{t_0} = \frac{1}{\left(\frac{M}{M_0} \right)^3}$

$\frac{M}{M_0} = \left(\frac{L}{L_0} \right)^{1/4} \Rightarrow \frac{t}{t_0} = \left(\frac{L}{L_0} \right)^{-3/4}$

④ - $\Delta E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$ $\lambda = 21 \text{ cm}$

$h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ Js}$

$c = 3 \times 10^8 \text{ km/s}$

$\lambda = 0,21 \text{ m}$

$1 \text{ J} = 6,242 \times 10^{18} \text{ eV}$

$\Delta E = 9,4 \times 10^{-25} \text{ J} =$

$\Delta E = 5,87 \times 10^{-6} \text{ eV}$

BAIXA ENERGIA

⑤ - USANDO A LEI DE WIEN: $\lambda_{\max} = \frac{2,9 \times 10^{-3} \text{ cm K}}{T(K)}$

$$\lambda_{\max} = \frac{2,9 \times 10^{-3}}{100} = 2,9 \times 10^{-5} \text{ m} \approx 29 \mu\text{m}$$

REGIÃO DO INFRAVERMELHO

⑥ - $m - M = 5 \log D - 5 + A_2 \times D$

$$A_2 = 1 \text{ mag/kpc} = 10^{-3} \text{ mag/pc}$$

$$4 + 4,5 = 5 \log D - 5 + 10^{-3} \times D$$

$$13,5 - 10^{-3} D - 5 \log D = 0$$

RESOLVENDO NUMERICAMENTE: $D \approx 414 \text{ pc}$

* A MAGNITUDE OBSERVADA m_0 SE NÃO HOUVESSE EXTINÇÃO SERIA DE $m_0 = m - A_2 D = 4 - 10^{-3} \times 414 \approx 3,6$

⑦ - DIÂMETRO = 10 pc $\rho = 1,6 \times 10^{12} \text{ kg/m}^3$

NUVEM ESFÉRICA $\Rightarrow V = \frac{4}{3} \pi R^3$

A MASSA QUE PODE SE FORMAR EM ESTRELAS É:

$$M_* = \frac{1}{2} \rho \times V = \frac{1}{2} \times 1,6 \times 10^{12} \times \frac{4}{3} \pi (5 \times 3,086 \times 10^{16} \text{ m})^3$$

$$M_* = 1,2 \times 10^{35} \text{ kg}$$

DIVIDINDO PELA MASSA DO SOL, TEMOS O N° DE ESTRELAS:

$$N \approx 60.000 \text{ estrelas}$$

⑧ - $T = 50 \text{ K}$ $\mu = 2 \times 1 = 2 \text{ u.m.a.}$

$$n = 100 \text{ PARTÍCULAS/cm}^3 \Rightarrow \rho = 100 \times 2 \times m_H = 3,3 \times 10^{-22} \text{ g/cm}^3$$

$$M_{\text{nuvem}} > M_J \sim \frac{2,3 \times 10^{-10} \times (50)^{3/2}}{2^{3/2} \times \sqrt{3,3 \times 10^{-22}}} M_{\odot}$$

$$M_{\text{nuvem}} > M_J \approx 1583 M_{\odot}$$

NUVENS MOLECULARES TÊM A TENDÊNCIA A FORMAR ESTRUTURAS MENORES DO QUE AS FORMADAS POR NUVENS DE GÁS ATÔMICO.