

Prova 3

AGA0215 - Diurno

13.06.2019

A prova deverá ser feita sem consulta. As respostas das questões envolvendo qualquer tipo de cálculo deverão demonstrar explicitamente como o resultado foi obtido. A nota máxima da prova é 10. Fórmulas e constantes estão dadas na última página.

- 1. (2.8 pt)** Julgue as afirmações como Verdadeiro (V) ou Falso (F):
- (A) Os braços de espirais são regiões estáticas localizadas no disco da Galáxia, nas quais ocorre a formação de estrelas.
 - (B) Observações de manchas solares indicam que o Sol rotaciona como um corpo rígido.
 - (C) O meio interestelar é distribuído homogeneamente na Galáxia.
 - (D) O momento em que a estrela sai da sequência principal é quando começam as reações de fusão do He.
 - (E) Pulsares são galáxias jovens recém formadas.
 - (F) Supernova de tipo II é o estágio final de evolução de uma estrela massiva.
 - (G) Os aglomerados globulares pertencem ao disco da Galáxia.
 - (H) Observações do bojo Galáctico nos comprimentos de onda de infravermelho e rádio faz com que se possa estudar regiões mais profundas.
 - (I) A maioria das galáxias elípticas contém somente estrelas jovens.
 - (J) Logo que uma estrela sai da sequência principal, a sua temperatura superficial se torna mais quente.
 - (K) O espectro de uma galáxia ativa é bem descrito por uma curva de corpo negro.
 - (L) RR Lyrae é um tipo de variável pulsante.
 - (M) A linha de 21 cm do H é fortemente absorvida por poeira interestelar.
 - (N) Estrelas de nêutrons recém formadas tem intenso campo magnético.
- 2. (0.6 pt)** Considere uma nuvem esférica de H_2 de massa $1000 M_\odot$, raio de 8 pc e temperatura de 8 K. Essa nuvem tem condições para colapsar?
- (A) Sim, sua massa mínima de colapso é de $\approx 8 M_\odot$.
 - (B) Não, sua massa mínima de colapso é de $\approx 3200 M_\odot$.
 - (C) Não, sua massa mínima de colapso é de $\approx 2500 M_\odot$.
 - (D) Sim, sua massa mínima de colapso é de $\approx 560 M_\odot$.
 - (E) Não, sua massa mínima de colapso é de $\approx 1700 M_\odot$.

3. (0.4 pt) Uma estrela da massa do Sol sai da sequência principal quando:

- (A) o núcleo inerte de hélio é formado, hidrogênio é queimado nas camadas mais externas fazendo com que a estrela se expanda.
- (B) a estrela esgota todo o seu suprimento de Hidrogênio, e começa a se expandir devido a queima de hélio.
- (C) o núcleo perde todos os seus neutrinos, fazendo com que a fusão nuclear cesse e comece a sua contração.
- (D) o núcleo começa a fundir o hélio e a estrela alcança novo equilíbrio hidrostático.
- (E) o núcleo inerte de carbono é formado, hélio é queimado nas camadas mais externas fazendo com que a estrela se expanda.

4. (0.4 pt) Em que consiste uma nebulosa planetária?

- (A) Jatos bipolares ejetados por uma variável T Tauri.
- (B) Um planeta circundado por uma brilhante camada de gás.
- (C) Um tipo de estrela jovem de massa intermediária.
- (D) A envoltória ejetada de uma gigante vermelha.
- (E) Um disco de poeira e gás ao redor de uma estrela jovem que irá formar um sistema planetário.

5. (0.4 pt) Quando o núcleo de ferro se forma numa estrela massiva, num dado momento ele não consegue mais suportar a massa da estrela e ocorre o colapso gravitacional. Isto acontece porque:

- (A) o ferro tem fraca energia de ligação nuclear.
- (B) o ferro é o elemento mais pesado de todos.
- (C) o ferro não pode se fundir com outros núcleos e liberar energia.
- (D) o ferro está na forma de gás e não sólido no núcleo.
- (E) o núcleo de ferro provoca um aumento da pressão de radiação.

6. (0.4 pt) A maior parte das estrelas recém formadas na Galáxia é encontrada no(s):

- (A) bojo
- (B) centro da Galáxia
- (C) aglomerados globulares
- (D) halo
- (E) braços espirais

7. (0.4 pt) Qual é a classificação de Hubble que pode corresponder a uma galáxia que não tem disco, quantidades insignificantes de gás frio ou poeira?

- (A) Irr II
- (B) SBc

- (C) Sc
- (D) E0
- (E) S0

8. (0.4 pt) Galáxias ativas:

- (A) possuem núcleos com maior densidade de estrelas do que galáxias normais.
- (B) possivelmente representam uma fase da evolução de galáxias.
- (C) emitem a maior parte de sua radiação no visível.
- (D) são conhecidas como galáxias starburst.
- (E) são observadas principalmente a baixos redshifts.

9. (1.4 pt) O brilho do quasar 3C279 apresenta variações na escala de tempo de uma semana. Estime o tamanho da região que produz a radiação. Dados que a magnitude bolométrica aparente deste quasar é 18 e sua distância é 2000 Mpc, qual é a magnitude bolométrica absoluta e luminosidade (em unidades de $L_{\odot}$)? (Use que a magnitude bolométrica absoluta do Sol é 4.8).

10. (1.4 pt) Dois aglomerados abertos de estrelas próximos entre si, e que se encontram no plano da galáxia, possuem diâmetros angulares α e 3α e módulos de distância (isto é, $m - M$) 16.0 e 11.0. Assumindo que seus diâmetros são iguais, calcule suas distâncias e o coeficiente de extinção interestelar a na expressão: $m - M = 5 \log_{10}(r/10 \text{ pc}) + ar$.

11. (1.4 pt) A magnitude bolométrica de uma estrela variável de longo período varia por uma magnitude. A temperatura efetiva no máximo é 4500 K. (A) Qual é a temperatura no mínimo, se a variação é devida somente à mudança de temperatura? (B) Se a temperatura permanece constante, qual é a variação relativa do raio da estrela?

12. (1.0 pt) Assuma que uma estrela permaneceu 10^9 anos na sequência principal e queimou 10% de seu hidrogênio. Então a estrela se expande em uma gigante vermelha, e sua luminosidade cresce por um fator de 100. Quanto tempo é o estágio de gigante vermelha, supondo que a energia é produzida somente pela queima do hidrogênio restante?

13. (1.0 pt) Quantas reações pp ocorrem no Sol a cada segundo? A luminosidade do Sol é 3.9×10^{26} W, a massa de um próton é 1.00728 amu, a massa da partícula α é 4.001514 amu ($1 \text{ amu} = 1.6604 \times 10^{-27} \text{ kg}$).

Fórmulas e constantes

Constante de Boltzmann: $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$

Constante de Gravitação: $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$

Constante de Stefan-Boltzmann: $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$

Massa do proton: $m_p = 1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$

Massa do eletron: $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$

Massa do Sol: $M_{\odot} = 1.99 \times 10^{30} \text{ kg}$

Parsec: $pc = 3.08 \times 10^{16} \text{ m}$

Unidade astronomica: $UA = 1.49 \times 10^{11} \text{ m}$

Velocidade da luz: $c = 3.0 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

Lei de Stefan-Boltzmann: $F = \sigma T^4$

Lei de Wien: $\lambda_{\text{max}} T = b = 0.0028978 \text{ K m}$

Magnitude aparente: $m = -2.5 \log_{10} [F(r)] + C$

Magnitude absoluta: $m - M = -2.5 \log_{10} [F(r)/F(10 \text{ pc})]$

Massa de Jeans:

$$M_J \sim \left(\frac{kT}{\mu m_H G} \right)^{3/2} \left(\frac{1}{\rho} \right)^{1/2} \quad (1)$$



Universidade de São Paulo
Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas

NOME PROVA III - GABARITO N.º USP _____

CURSO _____

DISCIPLINA _____

DATA ____/____/____

NOTA	EXAMINADORES

Q1

(A) F

(H) V

(B) F

(I) F

(C) F

(J) F

(D) F

(K) F

(E) F

(L) V

(F) V

(M) F

(G) F

(N) V

Q2

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{1000 M_{\odot}}{\frac{4}{3} \pi R^3} = \frac{10^3 \times 1.99 \times 10^{30} \text{ Kg}}{\frac{4}{3} \pi \times (8 \times 3.08 \times 10^{16} \text{ m})^3}$$

$$= \frac{1.99 \times 10^{33}}{4.18 \times 1.49 \times 10^{52}} \text{ Kg m}^{-3}$$

$$\Rightarrow \rho = 3.19 \times 10^{-20} \text{ Kg m}^{-3}$$

$$M_J \sim \left(\frac{KT}{\mu m_H G} \right)^{3/2} \left(\frac{1}{\rho} \right)^{1/2}$$

$$= \left[\frac{1.38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1} \times 8 \text{ K}}{2 \times 1.67 \times 10^{-27} \text{ Kg} \times 6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ Kg}^{-1} \text{ s}^{-2}} \right]^{3/2} \left[\frac{1}{3.19 \times 10^{-20} \text{ Kg m}^{-3}} \right]^{1/2}$$

$$= \left[\frac{1.10 \times 10^{-22} \text{ Kg m}^{-1}}{2.22 \times 10^{-37}} \right]^{3/2} \left[\frac{1}{3.19 \times 10^{-20} \text{ Kg m}^{-3}} \right]^{1/2}$$

$$= \left\{ 4.95 \times 10^{14} \text{ kg m}^{-1} \right\}^{\frac{3}{2}} \times \left\{ \frac{1}{3.19 \times 10^{-20} \text{ kg m}^{-3}} \right\}^{\frac{1}{2}}$$

$$= \frac{1.10 \times 10^{22}}{1.78 \times 10^{-10}} \text{ kg} = 6.17 \times 10^{31} \text{ kg}$$

$$\Rightarrow M_J \sim 31 M_{\odot}$$

R: ENTRE (A) (8 $M_{\odot}$) E (D) (560 $M_{\odot}$)

Q3 A

Q4 D

Q5 C

Q6 E

Q7 D

Q8 B

Q9 $\frac{\Delta x}{\underbrace{\quad}_\text{TAMANHO DA FONTE}} \leq c \frac{\Delta t}{\underbrace{\quad}_\text{ESCALA DE TEMPO DA VARIABILIDADE}}$

$$\Rightarrow \Delta x \leq 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1} \times 7 \times 24 \times 3600 \text{ s}$$

$$= 1.8 \times 10^{14} \text{ m} = 1200 \text{ UA}$$

$$\Rightarrow \Delta x \leq 1.8 \times 10^{14} \text{ m ou } 1200 \text{ UA}$$

Q9 (CONT.)

$$m - M = 5 \log_{10} \left(\frac{D}{10 \text{ pc}} \right)$$

$$\Rightarrow M = m - 5 \log_{10} \left(\frac{D}{10 \text{ pc}} \right) = 18 - 5 \log_{10} \left(\frac{2 \times 10^9 \text{ pc}}{10 \text{ pc}} \right)$$

$$= 18 - 5 \log_{10} (2 \times 10^8) = 18 - 40 - 5 \log_{10} 2$$

$$= 18 - 40 - 1.50 = -23.5$$

$$\Rightarrow M = -23.5$$

$$M = -2.5 \log_{10} \{ F(10 \text{ pc}) \} + C$$

$$M_{\odot} = -2.5 \log_{10} \{ F_{\odot}(10 \text{ pc}) \} + C$$

$$\Rightarrow M - M_{\odot} = -2.5 \log_{10} \left\{ \frac{F(10 \text{ pc})}{F_{\odot}(10 \text{ pc})} \right\} = -2.5 \log_{10} \left(\frac{L}{L_{\odot}} \right)$$

$$\Rightarrow -23.5 - 4.8 = -2.5 \log_{10} \left(\frac{L}{L_{\odot}} \right)$$

$$\Rightarrow \log_{10} \left(\frac{L}{L_{\odot}} \right) = \frac{28.3}{2.5} = 11.3$$

$$\Rightarrow \frac{L}{L_{\odot}} = 10^{0.3} \times 10^{11} = 1.99 \times 10^{11}$$

$$\Rightarrow \boxed{L = 2 \times 10^{11} L_{\odot}}$$

Q10 $\alpha = \frac{d_1}{r_1}, \quad 3\alpha = \frac{d_2}{r_2}, \quad d_1 = d_2$

$$\Rightarrow \frac{1}{3} = \frac{r_2}{r_1} \quad \text{or} \quad r_1 = 3r_2$$

$$\begin{cases} r_1 = 3r_2 \\ 16 = m_1 - M_1 = 5 \log_{10} (r_1/10 \text{ pc}) + ar_1 \\ 11 = m_2 - M_2 = 5 \log_{10} (r_2/10 \text{ pc}) + ar_2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} r_1 = 3r_2 \\ 16 = 5 \log_{10} (3r_2/10 \text{ pc}) + 3ar_2 \\ 11 = 5 \log_{10} (r_2/10 \text{ pc}) + ar_2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} r_1 = 3r_2 \\ 5 = 5 \log_{10} 3 + 2ar_2 \\ 11 = 5 \log_{10} (r_2/10 \text{ pc}) + ar_2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} r_1 = 3r_2 \\ ar_2 = 2.5 (1 - \log_{10} 3) = 1.30 \\ 11 = 5 \log_{10} (r_2/10 \text{ pc}) + ar_2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} r_1 = 3r_2 \\ ar_2 = 1.30 \\ 5 \log_{10} (r_2/10 \text{ pc}) = 11 - 1.30 = 9.70 \Rightarrow \log_{10} (r_2/10 \text{ pc}) = 1.94 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} r_2 = 870 \text{ pc} \\ r_1 = 2610 \text{ pc} \\ a = 1.49 \text{ mag/kpc} \end{cases}$$



Universidade de São Paulo
Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas

NOME PROVA III - GABARITO

N.º USP

CURSO

DISCIPLINA

DATA / /

NOTA	EXAMINADORES

$$\boxed{Q11} \quad \textcircled{A} \quad m_{\text{MAX}} = -2.5 \log_{10} F_{\text{MAX}} + C$$
$$m_{\text{MIN}} = -2.5 \log_{10} F_{\text{MIN}} + C$$

$$\Rightarrow -1 = m_{\text{MAX}} - m_{\text{MIN}} = -2.5 \log_{10} \left(\frac{F_{\text{MAX}}}{F_{\text{MIN}}} \right)$$

$$= -2.5 \log_{10} \left(\frac{L_{\text{MAX}}}{L_{\text{MIN}}} \right)$$

$$= -2.5 \log_{10} \left\{ \frac{R_{\text{MAX}}^2 T_{\text{MAX}}^4}{R_{\text{MIN}}^2 T_{\text{MIN}}^4} \right\}$$

$$= -2.5 \log_{10} \left\{ \left(\frac{T_{\text{MAX}}}{T_{\text{MIN}}} \right)^4 \right\} = 10 \log_{10} \left(\frac{T_{\text{MIN}}}{T_{\text{MAX}}} \right)$$

$$\Rightarrow \log_{10} \left(\frac{T_{\text{MIN}}}{T_{\text{MAX}}} \right) = -0.1$$

$$\Rightarrow \frac{T_{\text{MIN}}}{T_{\text{MAX}}} = 0.79 \Rightarrow T_{\text{MIN}} = 0.79 \times 4500 \text{ K}$$

$$\boxed{\Rightarrow T_{\text{MIN}} = 3555 \text{ K}}$$

$$\textcircled{B} \quad -1 = m_{\text{MAX}} - m_{\text{MIN}} = -2.5 \log_{10} \left\{ \left(\frac{R_{\text{MAX}}}{R_{\text{MIN}}} \right)^2 \left(\frac{T_{\text{MAX}}}{T_{\text{MIN}}} \right)^4 \right\}$$

$$= -2.5 \log_{10} \left\{ \left(\frac{R_{\text{MAX}}}{R_{\text{MIN}}} \right)^2 \right\} = 5 \log_{10} \left(\frac{R_{\text{MIN}}}{R_{\text{MAX}}} \right)$$

$$\Rightarrow \log_{10} \left(\frac{R_{\text{MIN}}}{R_{\text{MAX}}} \right) = -0.2 \quad \boxed{\Rightarrow \frac{R_{\text{MIN}}}{R_{\text{MAX}}} = 0.63}$$

Q12

$$T_{SP} \propto \frac{0.1 M_H}{L_{SP}}, \quad T_{GV} \propto \frac{0.9 M_H}{L_{GV}}$$

$$\Rightarrow \frac{T_{GV}}{T_{SP}} = \frac{0.9 M_H}{L_{GV}} \times \frac{L_{SP}}{0.1 M_H} = 9 \frac{L_{SP}}{L_{GV}} = \frac{9}{100}$$

$$\Rightarrow T_{GV} = 9 \times 10^{-2} T_{SP} = 9 \times 10^7 \text{ ANOS}$$

Q13

$$L_0 = n_{pp} \times E_{pp}$$

NÚMERO DE
REAÇÕES pp POR SEGUNDO

ENERGIA LIBERADA EM
1 REAÇÃO PP

$$E_{pp} = (4 m_p - m_\alpha) c^2$$

$$= (4 \times 1.00728 - 4.001514) \times 1.6604 \times 10^{-27} \text{ kg} \times$$

$$\times (3 \times 10^8)^2 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$$

$$= 4.125 \times 10^{-12} \text{ J}$$

$$\Rightarrow n_{pp} = \frac{L_0}{E_{pp}} = \frac{3.9 \times 10^{26} \text{ W}}{4.125 \times 10^{-12} \text{ J}} = 9.45 \times 10^{37} \text{ s}^{-1}$$