



Escreva aqui a sua identificação:

Instruções

1. Escreva a sua identificação em **TODAS** as folhas de respostas;
2. A duração da prova é de 4 (quatro) horas;
3. Essa prova vale 10 pontos e tem peso 3 para a média final;
4. A prova é individual e sem consultas;
5. O uso de calculadoras é permitido, desde que não sejam programáveis/gráficas;
6. Não é permitido o uso de celulares ou similares, nem calculadoras de celulares;
7. Uma tabela de constantes com informações relevantes para a Prova Teórica está disponibilizada;
8. Todo o desenvolvimento, cálculos e respostas das questões devem ser feitos nas folhas de respostas;
9. Folhas de rascunho serão disponibilizadas e não precisam ser entregues junto com a prova e as folhas de respostas;
10. Os cálculos na solução de cada questão são obrigatórios! Inclusive para as questões de múltipla escolha. Eles podem ser feitos a lápis, mas a resposta final deverá ser a caneta. Faça um retângulo ao redor da resposta de cada item. Às respostas ainda que corretas, mas sem o desenvolvimento, serão associadas à nota zero.
11. Ao final da prova devolva esse caderno de questões e as folhas de respostas.

Questão	Nota	Questão	Nota	Questão	Nota
1		6		11	
2		7		12	
3		8		13	
4		9			
5		10			
TOTAL					

1) Gamma Crucis, também conhecida como Gacrux e Rubídea, é a terceira estrela mais brilhante da constelação do Cruzeiro do Sul e a 24ª mais brilhante do céu noturno, com uma magnitude aparente $m = +1,63$.

Assinale a alternativa que apresenta os valores de: quantas vezes menos brilhante ela ficaria se estivesse quatro vezes mais distante e qual seria, então, a sua magnitude aparente.

- a) 1/4 e +3,14
- b) 1/16 e +4,64
- c) 1/16 e -1,38
- d) 1/4 e +0,12
- e) 1/16 e +8,56

Resposta certa: b) 1/16 e +4,64

a) Como o Fluxo é proporcional a $1/r^2$, então: $\frac{F_{4r}}{F_r} = \frac{1/(4r)^2}{1/r^2} = \frac{1}{16}$

Portanto o Fluxo ficaria 16 vezes menor.

b) $m_{4r} - m_r = -2,5 \log\left(\frac{F_{4r}}{F_r}\right) \rightarrow m_{4r} = 1,63 - 2,5 \log\frac{1}{16} \cong 4,64$

Sua magnitude aparente seria **$m = +4,64$**

2) O asteroide **1036 Ganymed** foi descoberto pelo astrônomo alemão Walter Baade em 23 de outubro de 1924. Com 32 quilômetros de diâmetro, este é o maior asteroide do grupo Amor (qualquer um dos asteroides que têm uma órbita entre Marte e a Terra).

Ele possui uma órbita elíptica cujo afélio está a 4,08 Unidades Astronômicas do Sol (U.A.), e periélio está a 1,24 U.A.

a) Assinale a alternativa que apresenta os valores do semi-eixo maior e da excentricidade da órbita de 1036 Ganymed.

- a) 5,32 U.A. e 0,77
- b) 2,66 U.A. e 0,35
- c) 2,84 U.A. e 0,44
- d) 2,66 U.A. e 0,53
- e) 5,32 U.A. e 0,23

Resposta: d) 2,66 U.A. e 0,53

$$r_{\text{periélio}} + r_{\text{afélio}} = 2a \rightarrow a = \frac{1,24 + 4,08}{2} = \frac{5,32}{2} \rightarrow a = 2,66 \text{ U.A.}$$

Do formulário temos a equação da elipse em coordenadas polares: $r = \frac{a(1-e^2)}{1+e \cos \theta}$

Então, no periélio ($\theta = 0^\circ$) temos $r_p = a(1 - e)$

Substituindo: $1,24 = 2,66(1 - e) \rightarrow e = 1 - \frac{1,24}{2,66} \cong 0,53$

b) Assinale a alternativa que apresenta os valores do período sideral e do período sinódico, em relação à Terra, de 1036 Ganymed.

- a) 12,27 anos e 1,08 ano
- b) 3,04 anos e 1,49 ano
- c) 1,91 ano e 2,10 anos
- d) 4,79 anos e 1,26 ano
- e) 4,34 anos e 1,30 ano

Resposta: e) 4,34 anos e 1,30 anos

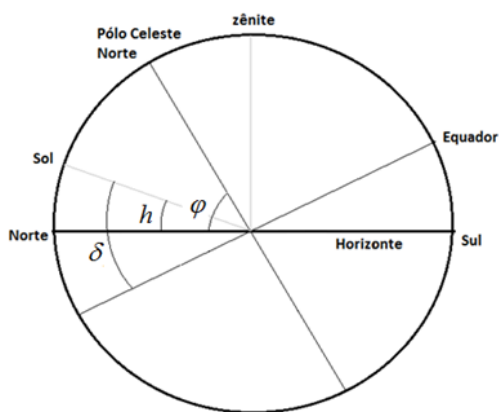
$$P^2 = a^3 \rightarrow P = \sqrt{(2,66)^3} \cong 4,34 \text{ anos}$$

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{P_{Terra}} - \frac{1}{P_{Ganymed}} = 1 - \frac{1}{4,34} \rightarrow S \cong 1,30 \text{ anos}$$

3) Ao cruzar o meridiano local à meia-noite, o Sol foi observado a uma altura de $+4^\circ 11'$. Determine a latitude do local de observação sabendo que a declinação do Sol neste dia era $+22^\circ 08'$.

Resolução:

Representando a situação descrita, temos:



Logo:

$$\varphi = (90^\circ - \delta) + h \Rightarrow \varphi = (90^\circ - 22^\circ 08') + 4^\circ 11' \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \varphi = 72^\circ 03' N$$

4) Sirius (α CMA) tem uma paralaxe heliocêntrica de ~ 380 mas (milissegundos de arco).

Assinale a alternativa que apresenta o valor da paralaxe de Sirius quando ela for observada por um telescópio numa futura colônia em Marte

- a) $0,38''$
- b) $0,57''$
- c) $0,25''$
- d) $0,85''$
- e) $0,46''$

Resposta: b) $0,57''$

Como a distância da estrela a Marte pode ser considerada igual à distância da estrela à Terra, a variação da paralaxe só vai depender da variação do tamanho da linha de base, que é 1 U.A. no caso da Terra e 1,5 U.A. no caso de Marte. Como a paralaxe é diretamente proporcional ao tamanho da linha de base, temos:

$$\frac{\pi_{Marte}}{\pi_{Terra}} = \frac{1,5}{1,0} \rightarrow \pi_{Marte} = 1,5 \times 0,38'' = 0,57''$$

5) O tempo de vida de uma estrela é a razão entre a energia que ela tem disponível e a taxa com que ela gasta essa energia, ou seja, sua luminosidade. A fase mais longa da vida de uma estrela é quando ela está na sequência principal, gerando energia através de fusão termonuclear. No caso do Sol a principal reação transforma 4 prótons em 1 núcleo de Hélio, 2 pósitrons e 2 neutrinos, com uma pequena diferença negativa de massa, que se transforma em energia pela equação de Einstein: $E = mc^2$, liberando $4,28 \times 10^{-12}$ J.

Suponha que 0,7% da massa que entra na reação termonuclear é transformada em energia e que apenas 10% da massa da estrela contribui para a geração de energia nesta fase.

a) Calcule o tempo de vida do Sol na sequência principal.

$$\text{Tempo}_{sp}^{Sol} = \frac{\text{Energia}_{sp}^{Sol}}{\text{Luminosidade}^{Sol}} = \frac{0,007 \times 0,1 \times 2,00 \times 10^{30} \text{ kg} \times (3 \times 10^8 \text{ m/s})^2}{3,86 \times 10^{26} \text{ J/s}} = 3,21 \times 10^{17} \text{ s} \cong 10^{10} \text{ anos}$$

b) Calcule a razão dos tempos de vida do Sol e Spica (α Vir) na sequência principal, sabendo que esta gigante azul tem 11 vezes mais massa do que o Sol, seu raio 7,6 vezes maior e é cerca de 13000 vezes mais luminosa.

$$\text{Tempo}_{sp}^{Spica} = \text{Tempo}_{sp}^{Sol} \times \frac{11}{13000} = 8,5 \times 10^6 \text{ anos}$$

$$\frac{\text{Tempo}_{sp}^{Sol}}{\text{Tempo}_{sp}^{Spica}} = \frac{10^{10} \text{ anos}}{8,5 \times 10^6 \text{ anos}} = 1200 \rightarrow \text{Comparando com Spica, o Sol ficará na sequência principal por um}$$

tempo cerca de 1200 vezes mais longo.

c) Com estes dados, estime a temperatura efetiva de Spica.

Da Lei de Stefan-Boltzmann e das relações entre o raio e a luminosidade de Spica e do Sol:

$$L_{Spica} = \frac{13000L_{Sol}}{4.\pi.(7,6R_{Sol})^2\sigma} =$$

$$(7,6)^2 \left(\frac{T_{Spica}}{5600 K} \right)^4 \rightarrow \frac{T_{Spica}}{5600 K} \cong 3,87 \rightarrow T_{Spica} \approx 21600 K$$

$$\frac{L_{Spica}}{L_{Sol}} = \frac{(7,6R_{Sol})^2 T_{Spica}^4}{R_{Sol}^2 T_{Sol}^4} \rightarrow 13000 = (7,6)^2 \left(\frac{T_{Spica}}{5600 K} \right)^4 \rightarrow \frac{T_{Spica}}{5600 K} \cong 3,87 \rightarrow T_{Spica} \approx 21600 K$$

d) Utilize a luminosidade do Sol para estimar o número de neutrinos que atravessam cada cm^2 da sala onde você está a cada segundo. Suponha que sua distância ao Sol seja de 1 U.A. e que 35% dos neutrinos são transformados em outras partículas ao atravessar este espaço.

$$L_{Sol} = 3,86 \times 10^{26} W \cong 3,86 \times 10^{26} J s^{-1}$$

A liberação de $4,28 \times 10^{-12} J$ vem acompanhada de 2 neutrinos, portanto:

$$\begin{cases} 4,28 \times 10^{-12} J \rightarrow 2\nu_e \\ 3,86 \times 10^{26} J s^{-1} \rightarrow 1,80 \times 10^{38} \nu_e s^{-1} (\text{espalhados em todas as direções}) \end{cases}$$

O ângulo sólido que corresponde à 1 cm^2 à 1 U.A. vale:

$$\Omega = \frac{1 \text{ cm}^2}{(1 \text{ U.A.})^2} = \frac{(0,01)^2}{(1,50 \times 10^{11})^2} \cong 4,44 \times 10^{-27} sr$$

Então, levando em consideração que teremos 65% dos neutrinos a 1UA:

$$\begin{cases} 4\pi sr \rightarrow 1,80 \times 10^{38} \nu_e s^{-1} \times 0,65 \\ 4,44 \times 10^{-27} sr \rightarrow \approx \boxed{4,13 \times 10^{10} \nu_e s^{-1}} \end{cases}$$

6) No dia 14 de março de 2016, às 21h, Júpiter e Regulus terão, respectivamente, as seguintes coordenadas equatoriais: Júpiter ($\alpha = 11^h 16^m 09^s$, $\delta = +6^\circ 19' 09''$) e Regulus ($\alpha = 10^h 09^m 14^s$, $\delta = +11^\circ 53' 16''$). Calcule a separação angular entre eles.

Resposta:

A separação angular entre dois astros é a distância medida ao longo do círculo máximo passando pelos dois astros. O triângulo esférico é construído da seguinte forma:

- lado: a separação angular que queremos calcular = D
- lado: distância de Regulus ao pólo Norte celeste ao longo do meridiano de Regulus ($90 - \delta_R$)
- lado: distância de Júpiter ao pólo Norte celeste ao longo do meridiano de Júpiter ($90 - \delta_J$)
- ângulo: entre o meridiano de Júpiter e o meridiano de Regulus ($\alpha_J - \alpha_R$)

Vamos usar a lei dos cossenos para os lados, conforme o formulário:

$$\cos D = \cos(90 - \delta_J) \cos(90 - \delta_R) + \sin(90 - \delta_J) \sin(90 - \delta_R) \cos(\alpha_J - \alpha_R)$$

Agora é só substituir os valores:

$\alpha_J - \alpha_R$	$1^h 06^m 55^s$	$(55/3600+06/60+1).15$	$16,72917^\circ$	$16^\circ 43' 45''$
$90 - \delta_R$	$78^\circ 06' 44''$	$(44/3600+06/60+78)$	$78,11222^\circ$	
$90 - \delta_J$	$83^\circ 40' 51''$	$(51/3600+40/60+83)$	$83,68083^\circ$	

$$\cos D = \cos(83,68083) \cos(78,11222) + \sin(83,68083) \sin(78,11222) \cos(16,72917)$$

$$D = 17,42378^\circ = 17^\circ 25' 26''$$

Observações:

1. Número de algarismos significativos: Os dados tem precisão de segundo de arco. É preciso considerar o número de casas decimais necessárias para expressar 1" em fração de grau.
2. Também foram consideradas como corretas as aproximações usando o Teorema de Pitágoras, tanto no caso plano quanto no caso esférico, conforme resoluções abaixo explicitadas.
 - a. Aproximação usando Teorema de Pitágoras no triângulo esférico

Nesse caso o triângulo esférico seria construído com os lados sendo $\alpha_J - \alpha_R$ e $\delta_J - \delta_R$, o ângulo seria 90° e o lado desejado seria a hipotenusa, a separação angular D . A aproximação está no fato do arco sobre o qual está se medindo $\alpha_J - \alpha_R$ não ser um círculo máximo. Nesse caso, a lei dos cossenos para os lados ficaria:

$$\cos D = \cos(\alpha_J - \alpha_R) \cos(\delta_J - \delta_R)$$

E, sendo $(\delta_J - \delta_R) = 11,88778 - 6,31917 = 5,56861$

$$\cos D = \cos(16,72917) \cos(5,56861)$$

$$D = 17,60647 = 17^\circ 36' 23''$$

b. Aproximação usando Teorema de Pitágoras no plano

O triângulo seria o mesmo do item anterior, sendo que considerado no plano.

$$D^2 = (\alpha_J - \alpha_R)^2 + (\delta_J - \delta_R)^2$$

$$D^2 = (16,72917)^2 + (5,56861)^2$$

$$D = 17,63163 = 17^\circ 37' 54''$$

7) Dentro de um meio material, o livre caminho médio de um fóton ($d_{fóton}$) é dado por:

$$d_{fóton} = \frac{1}{\kappa\rho}$$

onde κ e ρ são, respectivamente, o coeficiente de absorção de massa do fóton e a densidade do meio.

a) Sabendo que o coeficiente de absorção de massa do fóton no interior do Sol é $\kappa = 10 \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$, faça uma estimativa do livre caminho médio do fóton dentro do Sol.

$$a) \langle \rho_{\odot} \rangle = \frac{\text{massa}_{\odot}}{\text{volume}_{\odot}} = \frac{2,0 \times 10^{30} \text{ kg}}{\frac{4}{3}\pi(6,96 \times 10^8 \text{ m})^3} \cong 1,42 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$$

$$\text{Então: } d_{fóton} = \frac{1}{10 \times 1,42 \times 10^3} \cong 7,04 \times 10^{-5} \text{ m} \quad \text{ou } (10^{-4} \text{ m})$$

b) É possível demonstrar que o caminho total s percorrido por um fóton dentro do Sol é dado por:

$$s_{fóton} = \frac{(\text{Raio}_{\text{Sol}})^2}{d_{fóton}}$$

Com esta informação, calcule quanto tempo leva para um fóton gerado no centro do Sol atingir sua superfície.

$$b) \text{Então: } s_{fóton} = \frac{(6,96 \times 10^8)^2}{7,04 \times 10^{-5}} \cong 6,88 \times 10^{21} \text{ m} \quad \text{ou } (10^{22} \text{ m})$$

$$\text{O tempo de viagem do fóton será: } \frac{s_{fóton}}{c} = \frac{6,88 \times 10^{21}}{3 \times 10^8} \cong 2,29 \times 10^{13} \text{ s} \quad \text{ou } (10^{13} \text{ s})$$

$$\text{Que é igual a: } \frac{2,29 \times 10^{13}}{3600 \times 24 \times 365} \cong 7,26 \times 10^5 \text{ anos} \quad \text{ou } (10^6 \text{ anos} - \text{ordem de grandeza de } 1 \text{ milhão de anos})$$

c) Em quanto tempo um neutrino faria o percurso do item anterior?

c) Como a viagem é em linha reta: $\frac{R_{\odot}}{c} = \frac{6,96 \times 10^8}{3 \times 10^8} = 2,3 \text{ s}$

8) A estrela de Barnard tem uma velocidade radial v_r de -108 km/s , movimento próprio (μ) de $10,34''/\text{ano}$ e paralaxe de $0,546''$.

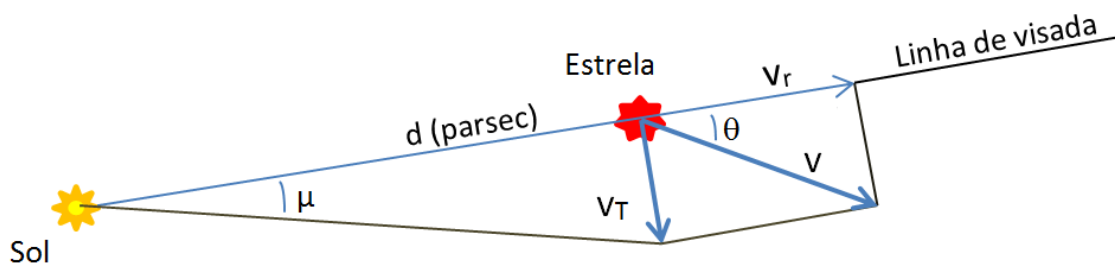
a) Qual é a velocidade tangencial v_T da estrela de Barnard?

b) Qual é a velocidade v espacial da estrela de Barnard?

c) Qual o ângulo θ que essa velocidade faz com a linha de visada?

Respostas:

a)



Se μ for expresso em radianos, então a seguinte relação é válida: $v_T = \mu d$

Como $d(\text{pc}) = \frac{1}{\pi(\prime\prime)}$, temos: $v_T = \frac{\mu}{\pi} \text{ pc/ano}$

$$\frac{\text{rad} \times \text{pc}}{\text{ano}} \equiv \frac{3,1 \times 10^{13} \text{ km}}{(206265) \times (365 \times 24 \times 3600) \text{ s}} \cong 4,77 \text{ km/s}$$

($1 \text{ rad} = 206265''$)

Então: $v_T = 4,77 \frac{\mu''}{\pi''} \text{ km/s}$

Substituindo os valores: $v_T = 4,77 \frac{10,34}{0,546} \cong 90,33 \text{ km/s}$

Obs.: o estudante poderá fazer com pc/ano e encontrará $v_T = 9,17 \times 10^{-5} \text{ pc/ano}$, mas terá que fazer a conversão para km/s para resolver o próximo item.

b) $v^2 = v_T^2 + v_r^2 = (90,33)^2 + (-108)^2 \rightarrow v = \sqrt{19.823,51} \cong 140,80 \text{ km/s}$

c) $\theta = \arccos\left(\frac{v}{v_r}\right) = \arccos\left(\frac{-108}{140,80}\right) \rightarrow \theta \cong 140^\circ$

9) Aqui no Hotel Fazenda Ribeirão foi instalado um Relógio de Sol cujo mostrador indica a hora solar verdadeira com a precisão de 1 min.

Assinale a alternativa que apresenta o valor da correção que foi aplicada à hora indicada no mostrador para o dia 11 de março de 2016, sabendo que pela Equação do Tempo, para este dia, o Sol estava “atrasado” cerca de 10 min em relação à Hora Oficial Brasileira.

Dado: O Relógio tem as seguintes coordenadas: Latitude = $-22^{\circ} 24' 40''$ e Longitude = $-43^{\circ} 46' 15''$.

- a) - 10 min
- b) - 5 min
- c) +5 min
- d) +10 min
- e) nenhuma

Resposta: c) +5 min

A correção a ser aplicada é:

$$\Delta t = (\text{fuso horário}) - (\text{diferença de longitude em horas}) + (\text{Equação do tempo})$$

i) Diferença de longitude em horas: $-43^{\circ}46'15'' \cong -43,7708^{\circ}$

Então, se 15° correspondem a 1h, $-43^{\circ}46'15''$ correspondem a $-2,918\text{h}$

ii) $\Delta t = \left(-3\text{h} \times 60 \frac{\text{min}}{\text{h}}\right) - \left(-2,918\text{h} \times 60 \frac{\text{min}}{\text{h}}\right) + (+10 \text{ min}) \rightarrow \Delta t \cong +5 \text{ min}$

Neste dia o relógio estava atrasado em 5 min.

10) O desvio para o vermelho (*redshift*) observado do Objeto Quasi-Estelar (QSO) LBQS 0042-2550 é $z = 0,13$.

a) Estime sua distância, em parsecs, e quanto anos sua luz demorou para chegar até nós.

Utilize $H_0 = 67,80 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$

Obs: A relação usual de redshift é $z = v/c$ (onde v é a velocidade relativa do objeto e c é a velocidade da luz),

porém para $z > 0,1$ temos que usar a relação com correção relativística $z = \sqrt{\frac{c+v}{c-v}} - 1$

Resposta:

Para $z > 0,1$ devemos usar a fórmula:

$$z = \sqrt{\frac{c+v}{c-v}} - 1$$

Desenvolvendo:

$$(z + 1)^2 = \frac{1 + \frac{v}{c}}{1 - \frac{v}{c}} \rightarrow \frac{v}{c} = \frac{(z + 1)^2 - 1}{(z + 1)^2 + 1}$$

Substituindo:

$$\frac{v}{c} = \frac{(1,13)^2 - 1}{(1,13)^2 + 1} \cong \frac{0,28}{2,28} \cong 0,12$$

A velocidade de recessão é dada por:

$$v = H_0 D \leftrightarrow D = \frac{v}{H_0}$$

Substituindo:

$$D = \frac{0,12 \times 3,00 \times 10^5}{67,80} \approx 531 \text{ Mpc}$$

Como $1 \text{ pc} \approx 3,26 \text{ anos-luz}$, então $531 \times 10^6 \text{ pc} \approx 1,73 \times 10^9 \text{ anos-luz}$.

Sua luz demorou **1,73 bilhão de anos** para chegar até nós.

b) Determine o valor do deslocamento do comprimento de onda observado para este objeto para a linha de emissão do Hidrogênio H_{β} (cujo valor medido em laboratório é $\lambda = 486,2 \text{ nm}$)

Resposta:

Do item anterior, temos $v/c \approx 0,12$ (já com a correção reletivística)

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{v}{c} = 0,12 \rightarrow \Delta\lambda = 0,12\lambda = 0,12 \times 486,2 \rightarrow \Delta\lambda = 58,3 \text{ nm}$$

11) Dispomos de um refletor cassegrain de 60cm de diâmetro, de razão $F/D=12,5$, que está colocado em uma órbita fora da atmosfera terrestre.

Selecionamos uma área de 2mm x 2mm (quadrada) de um CCD colocado no plano focal do telescópio; os píxeis do CCD têm 10 μm de lado.

Admita inicialmente no cálculo 0,55 μm como o comprimento de onda da luz.

a) Calcule a distância focal equivalente do telescópio, em metros.

b) Calcule que área do céu em segundos quadrados de grau será abrangida pela área física (geométrica) de 2 mm x 2 mm do CCD no plano focal do telescópio.

c) Sendo +20 a magnitude fotométrica no visual de 1" quadrado de céu, qual será a magnitude correspondente registrada pela área de 2 mm x 2 mm no CCD?

Respostas

a) $\frac{F}{D} = \frac{F}{60} = 12,5 \rightarrow F = 750 \text{ cm} = 7,50 \text{ m}$

b) O campo é dado por: $\frac{2 \text{ mm}}{7500 \text{ mm}} \cong 2,67 \times 10^{-4} \text{ rad} (\approx 55'')$

Então, 2 mm x 2 mm (4 mm²) no CCD equivalem a um quadrado de $2,67 \times 10^{-4} \text{ rad} \times 2,67 \times 10^{-4} \text{ rad} (\approx 7,13 \times 10^{-8} \text{ rad}^2)$ no céu ou **55" x 55" (3025 "²)**

c) $m_1 (1''^2) = 20$

$m_2 (3025 ''^2) = ?$

$m_1 - m_2 = -2,5 \log\left(\frac{F_1}{F_2}\right) \rightarrow 20 - m_2 = -2,5 \log\left(\frac{1}{3025}\right) \rightarrow m_2 = 20 - 8,70 = 11,3$

12) O Interferômetro do VeryLarge Telescope (VLTI) é um dos maiores interferômetros ópticos do mundo. É composto de quatro telescópios de 1,8 metros de diâmetro, que podem operar em conjunto com outros quatro telescópios maiores de 8,2 metros de diâmetro cada. Em sua configuração mais ampla, os telescópios que compõem o VLTI formam uma linha de base de 130 metros. O VLTI é otimizado para trabalhar na região do infravermelho. A resolução angular máxima é obtida trabalhando na banda J em $\lambda = 1,25 \mu\text{m}$.

a) Calcule a resolução angular máxima, em milissegundos de arco, obtida com o VLTI nessa configuração.

b) Betelgeuse (α Ori) é uma supergigante vermelha pulsante, cujo raio varia entre 950 e 1200 R_{\odot} . A paralaxe de Betelgeuse medida com o satélite Hipparcos é de $5,07 \pm 1,10 \text{ mas}$ (milissegundos de arco). Determine se o VLTI possui resolução angular suficiente para resolver o diâmetro de Betelgeuse.

Resolução:

a) A resolução angular é dada por $\theta = 1,22\lambda/D$. Usando $\lambda = 1,25 \mu\text{m}$ e $D = 130 \text{ m}$ temos:

$\theta = (1,22) \cdot (1,25 \times 10^{-6} \text{ m}) / (130 \text{ m}) \approx 1,17 \times 10^{-8} \text{ rad} \approx 2,41 \text{ mas}$.

b) Considerando a situação mais extrema (menor raio à maior distância=menor paralaxe) temos

$R_{\text{Bet}} = 950 R_{\odot} = 950 \cdot (6,96 \times 10^8 \text{ m}) \approx 6,61 \times 10^{11} \text{ m} \rightarrow D_{\text{Bet}} = 1,32 \times 10^{12} \text{ m}$

$d_{\text{Bet}} = 1/p = 1/[(5,07 - 1,10) \times 10^{-3}] = 252 \text{ pc} = 252 \cdot (3,086 \times 10^{16} \text{ m/pc}) \approx 7,77 \times 10^{18} \text{ m}$

O diâmetro angular é portanto

$\theta_{\text{Bet}} = D_{\text{Bet}}/d_{\text{Bet}} = 1,32 \times 10^{12} \text{ m} / 7,77 \times 10^{18} \text{ m} = 1,70$

$\times 10^{-7} \text{rad} \approx 35 \text{ mas}$

RESPOSTA: Sim, o VLTI consegue resolver o diâmetro de Betelgeuse porque a resolução angular é menor que o diâmetro angular.

Observações:

1 – considerou-se também cálculos feitos com o valor de paralaxe igual a 5,07

2 – atribui-se 0,1 no item b para a análise correta, ainda que baseado em números incorretos, desde que razoáveis.

13) A sonda New Horizons revelou características importantes da atmosfera de Plutão. Sabemos que na superfície do planeta-anão a temperatura varia de 40K a 60K, com uma pressão aproximada de 10 μbar . O principal componente atmosférico é o gás Nitrogênio (N_2), com traços de Metano e Monóxido de Carbono.

A presença de Metano causa efeito estufa, provocando temperaturas maiores nas camadas mais altas da atmosfera plutoniana. A 30km de altitude, a temperatura atinge 110K.

A molécula de Glicolaldeído ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$) é de especial interesse astrobiológico; trata-se da molécula de açúcar mais simples conhecida. Em 2012, radioastrônomos detectaram a presença de glicolaldeído em torno da estrela jovem IRAS 16293-2422.

Determine se Plutão é capaz de reter as moléculas de glicolaldeído em sua atmosfera, calculando sua velocidade molecular média e comparando com a velocidade de escape do planeta-anão.

Dados: Em unidades de massa atômica, C = 12 u.m.a., H \approx 1 u.m.a. e O \approx 16 u.m.a.

1 u.m.a. \equiv $1,67 \times 10^{-27}$ kg (tem que estar no formulário)

Massa de Plutão \approx $1,30 \times 10^{22}$ kg (tem que estar no formulário)

Raio de Plutão \approx $1,19 \times 10^3$ km (tem que estar no formulário)

Pergunta: As fórmulas de v_{rms} e v_{esc} estarão no formulário?

Resolução

Calculando a massa do glicolaldeído:

$$(2 \times 12) + (4 \times 1) + (2 \times 16) = 60 \text{ u.m.a.} \equiv 60 \times (1,67 \times 10^{-27} \text{kg/u.m.a.}) \approx 1,0 \times 10^{-25} \text{ kg}$$

Calculando a velocidade molecular média:

$$v_{rms} = \sqrt{\frac{3kT}{m}} = \sqrt{\frac{3(1,38 \times 10^{-23})(110)}{1,0 \times 10^{-25}}} \cong 2,13 \times 10^2 \text{ m/s}$$

Calculando a velocidade de escape de Plutão:

$$v_{esc} = \sqrt{\frac{2GM}{R}} = \sqrt{\frac{2(6,67 \times 10^{-11})(1,30 \times 10^{22})}{1,19 \times 10^6}} \cong 1,21 \times 10^3 \text{ m/s}$$

RESPOSTA: SIM, a atmosfera de Plutão é capaz de reter a molécula de glicolaldeído.