GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

3ª PROVA ONLINE DE 26 DE FEVEREIRO DE 2021

- PROCESSO DE SELEÇÃO DAS EQUIPES INTERNACIONAIS DE 2021 -

1) **FarFarOut** (Muito Muito Longe) é um objeto transnetuniano extremo que foi descoberto a 132,2 ± 1,5 UA (19,78 ± 0,22 bilhões de km) do Sol, mais longe do que qualquer outro objeto conhecido atualmente observável no Sistema Solar. As observações revelaram que o caminho do Farfarout em torno do Sol é uma longa elipse. No seu ponto mais próximo ao Sol (periélio), Farfarout mergulha a apenas 24,0 UA do Sol, mais perto do Sol do que as órbitas de Plutão e Netuno. Em seu ponto mais distante (afélio), chega a 175,0 UA do Sol.

Calcule a variação de magnitude aparente do Sol, Δm, do ponto de vista do Farfarout, do seu afélio ao seu periélio, ou seja, $m_p - m_a$.

Dados: Magnitude absoluta do Sol: M =+ 4,8; Magnitude aparente do Sol: m = -26,7; Luminosidade do Sol: $L_{Sol} = 3,8 \times 10^{26}$ W; 1 UA = $149,6 \times 10^9$ m; 1 Parsec (pc) = 206.265 UA ou 3,26 anos-luz.

a) $\Delta m \cong -4,3$

b) $\Delta m \cong -3,4$

c) $\Delta m \cong -2,2$

d) $\Delta m \cong -5,6$

Resposta: a) $\Delta m \cong -4,3$

$$m_{24} - m_{175} = \Delta m = -2,5\log\left(\frac{F_{24}}{F_{175}}\right)$$

$$F = \frac{L}{4\pi d^2}$$

Substituindo-se os valores:

$$\Delta m = -2,5\log\left(\frac{1/24^2}{1/175^2}\right) = -2,5\log\left(\frac{175}{24}\right)^2 \rightarrow \Delta m \cong -4,3$$

2) Estrelas quentes, como as supergigantes de tipo espectral B, apresentam ventos estelares rápidos, com velocidades tipicamente da ordem de 2.000 km/s. Essas estrelas têm luminosidades da ordem de $3{,}8 \times 10^{31}$ W e temperaturas efetivas típicas de $T \simeq 20.000$ K. Admita que os ventos se originam nas vizinhanças da superfície da estrela, onde $r = 2$ R e a densidade média do vento estelar é de $\rho \simeq 10^{-11}$ kg/m³. O raio da estrela é R e r é a distância entre o centro da estrela e o local de origem do vento estelar. Pode-se afirmar que a taxa de perda de massa dessas estrelas causado pelos ventos é de:
Adote: Constante de Stefan-Boltzmann $\sigma = 5{,}67 \times 10^{-8}$ W.m^{-2}.K^{-4}.

a) $3{,}3 \times 10^{17}$ kg/s

b) $3{,}3 \times 10^{10}$ kg/s

c) $3{,}3 \times 10^{6}$ kg/s

d) $3{,}3 \times 10^{23}$ kg/s

Resposta: a) $3{,}3 \times 10^{17}$ kg/s

Da equação de Stefan-Boltzmann, temos que o raio da estrela é:

$$L = 4\pi R^2.\sigma.T^4 \Rightarrow 3{,}8 \times 10^{31} = 4.3{,}14.R^2.5{,}67 \times 10^{-8}.(2.10^4)^4 \Rightarrow R = 1{,}8 \times 10^{10} m$$

Portanto, a taxa de perda de massa φ, causado pelos ventos a uma distância r = 2R vale:

$$\left|\begin{array}{l} \varphi = \dfrac{\Delta m}{\Delta t} \\ \Delta m = \rho.\Delta V \\ \Delta V = 4\pi r^2.\Delta r \end{array}\right. \Rightarrow \varphi = \rho.4\pi r^2.\frac{\Delta r}{\Delta t} = \rho.4\pi r^2.v$$

Onde ΔV é o elemento de volume de uma coroa esférica de raio Δr e Δm é a massa contida nesta coroa esférica.

$$\varphi = 10^{-11}.4.3{,}14.(2.1{,}8 \times 10^{10})^2.2 \times 10^6 \Rightarrow$$
$$\varphi = 3{,}3 \times 10^{17} kg/s$$

3) A estrela de Barnard tem movimento próprio de μ = 10,39"/ano. A Lua tem um raio de 1.740 km e está a uma distância de 384.000 km da Terra. Quanto tempo, aproximadamente, seria necessário para a estrela de Barnard cobrir uma distância no plano do céu equivalente a uma Lua Cheia?

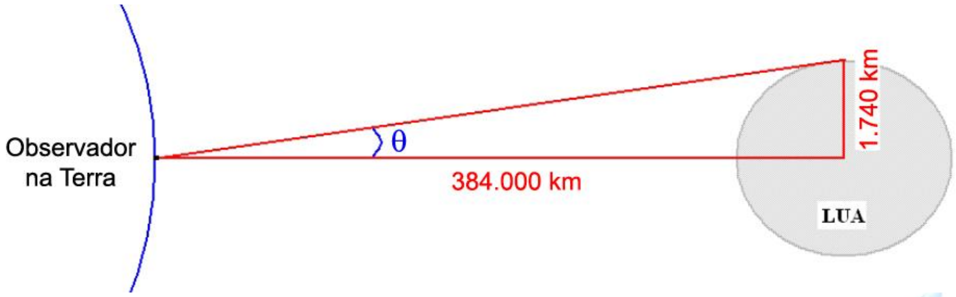
a) 180 anos

b) 225 anos

c) 90 anos

d) 135 anos

Resposta: a) 180 anos



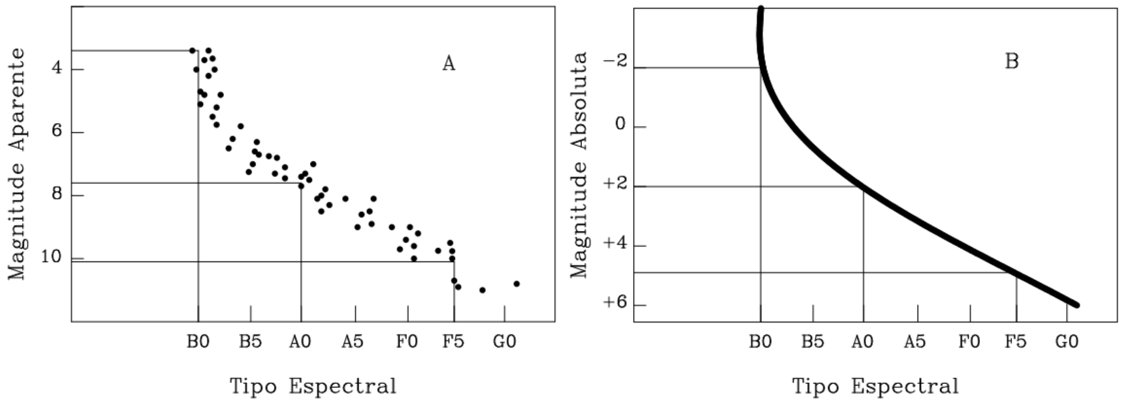
O diâmetro angular aparente da Lua Cheia é:

$$tg\theta = \frac{R_{Lua}}{d} = \frac{1740}{384000} \Rightarrow \theta = 0{,}2596° \rightarrow 2\theta = 0{,}5192°$$

Logo:

$$\mu = \frac{2\theta}{\Delta t} \Rightarrow 10{,}39\ ''/ano = \frac{0{,}5192° \times 3600\ ''/°}{\Delta t} \Rightarrow \ \Delta t \cong 179{,}9\ anos \approx 180\ anos$$

4) Um aglomerado A tem um diagrama Hertzsprung-Russell (HR) observado dado no lado esquerdo da figura abaixo. Por outro lado, um diagrama HR calibrado de outro aglomerado B está mostrado no lado direito da figura.



Tipo	$m_v(\mathrm{A})$	$M_v(\mathrm{B})$	$m_v - M_v$
B0	3.4	−2.0	5.4
A0	7.6	+2.0	5.6
F5	10.1	+4.9	5.2

Analisando os gráficos e a tabela, pode-se afirmar que a distância média do aglomerado A ao Sol é, aproximadamente:

a) 120 pc

b) 100 pc

c) 140 pc

d) 160 pc

Resposta: a) 120 pc

Analisando a tabela, temos que a média entre a diferença da magnitude aparente e absoluta de estrelas de mesmo tipo espectral $\langle m_v - M_v \rangle$ é:

$$\langle m_v - M_v \rangle = \frac{5{,}4 + 5{,}6 + 5{,}2}{3} \Rightarrow \langle m_v - M_v \rangle = 5{,}4$$

Portanto, da equação de Pogson, vem:

$$\langle m_v - M_v \rangle = 5.\,log\, d - 5 \Rightarrow 5{,}4 = 5.\,log\, d - 5 \Rightarrow \quad d \cong 120{,}2\; pc \approx 120\; pc$$

Podemos também calcular a distância para cada tipo espectral e fazer a média:

$$m_v^{B0} - M_v^{B0} = 3{,}4 - (-2{,}0) = 5 \log d^{B0} - 5 \rightarrow d^{B0} \cong 120{,}2$$

$$m_v^{A0} - M_v^{A0} = 7{,}6 - 2{,}0 = 5 \log d^{A0} - 5 \rightarrow d^{A0} \cong 131{,}8$$

$$m_v^{F5} - M_v^{F5} = 10{,}1 - 4{,}9 = 5 \log d^{F5} - 5 \rightarrow d^{F5} \cong 109{,}6$$

$$d = \frac{120{,}2 + 131{,}8 + 109{,}6}{3} \rightarrow d \cong 120{,}5 \approx 120\; pc$$

5) O grau de achatamento, n, de uma galáxia elíptica é um número natural entre 0 e 7 que pode ser determinado pela seguinte expressão:

$$n = 10 \times \left(1 - \frac{b}{a}\right).$$

Sendo a e b os semieixos maior e menor de uma galáxia, respectivamente, quando analisada no visível. Desta forma, uma galáxia elíptica poderá ser classificada como $E0$ (esférica), $E1$, ... $E6$, $E7$ (mais achatada).

Caso uma galáxia elíptica apresente um perfil de excentricidade (achatamento) **e** = 0,5, como ela poderia ser classificada?

a) E1

b) E3

c) E5

d) E7

Resposta: a) E1

Do conceito de excentricidade da elipse, temos que:

$$e = \frac{c}{a} \Longrightarrow c = 0{,}5\ a$$

Da relação pitagórica entre os semieixos de uma elipse e a distância focal, vem:

$$a^2 = b^2 + c^2 \Rightarrow a^2 = b^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2 \Rightarrow b = \frac{\sqrt{3}}{2}a$$

Aplicando na expressão do enunciado,

$$n = 10 \times \left(1 - \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}a}{a} \right) \therefore n \approx 1{,}3$$

Como n deve ser um número natural, o valor mais próximo seria 1. Portanto, teríamos uma galáxia do tipo E1.

6) A luneta meridiana é um instrumento astronômico usado para determinar a hora ou a longitude local. Este instrumento se movimenta em apenas um plano, sendo que seu eixo de rotação está orientado na direção Leste-Oeste, de modo a mover-se somente no plano meridiano local, permitindo a medida com precisão de coordenadas horizontais de um objeto astronômico.

No Brasil, o Museu de Astronomia e Ciências Afins (MAST, no Rio de Janeiro/RJ) e o Observatório Abrahão de Moraes (OAM, em Valinhos/SP) são exemplos de locais que contam com este equipamento.

Imagens: à esquerda, a Luneta Meridiana de Bamberg (foto de Ricardo Marroquim) e à direita o Círculo Meridiano de Valinhos (acervo do OAM).

No início de operação, uma dada luneta meridiana está voltada para o Sul em uma posição a 55° do zênite. No entanto, foi recebida a informação de que um astro com ângulo horário $H = 21\,h\ 05\,min$ deve ser mensurado quando este atingir sua culminação superior em $h\ = 40°$ na direção Norte. Qual é a mínima velocidade angular, em rad/s, com que devemos mover esta luneta para ela ser movida entre as duas direções para observar o astro a tempo?

a) $1{,}75 \times 10^{-4}$ rad/s

b) $1{,}15 \times 10^{-4}$ rad/s

c) $1{,}57 \times 10^{-4}$ rad/s

d) $2{,}50 \times 10^{-4}$ rad/s

Resposta: a) $1{,}75 \times 10^{-4}$ rad/s

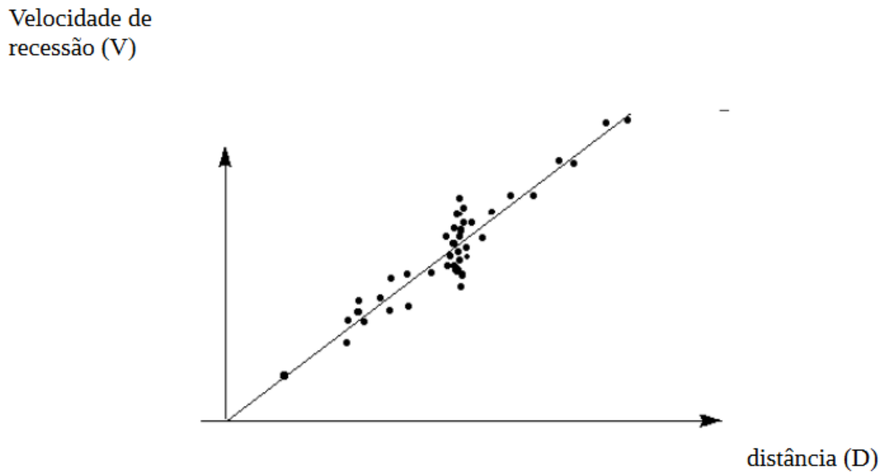
A distância angular entre a posição da luneta e o astro em sua culminação superior é de:

$$\Delta\theta = (90° - 40°) + 55° = 105°$$

Pela coordenada horária informada, sabemos que o astro irá levar 2 horas e 55 minutos até atingir o meridiano local, isto é, 10.500 s até atingir sua culminação superior. Portanto, a velocidade angular mínima deve ser de:

$$\omega_{min} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{105}{10500} \therefore \boxed{\omega_{min} = 1 \times 10^{-2}\,deg/s \approx 1{,}75 \times 10^{-4} rad/s}$$

7) O gráfico abaixo mostra a velocidade de recessão V, de um conjunto de galáxias, em função da distância D à Terra. Este é o famoso gráfico que deu origem à Lei de Hubble: existe uma relação linear entre a distância em que está a galáxia e a velocidade com que esta se afasta do observador. No entanto, são relativamente poucos os pontos que estão exatamente alinhados ao longo da reta.



Sabendo que a dispersão dos pontos é real, e não é consequência de incertezas observacionais, marque a opção que traz a possível razão para esta dispersão.

a) A atração gravitacional entre galáxias próximas

b) A metalicidade das galáxias

c) A excentricidade das galáxias

d) A idade das galáxias

Resposta: a) A atração gravitacional entre galáxias próximas

As demais opções não influenciariam as velocidades das galáxias.

8) Os eclipses do Sol ocorrem quando o Sol, a Lua e a Terra estão alinhados. Nessas circunstâncias, quando é que os eclipses são anulares com certeza?

a) Quando a Lua está no apogeu

b) Quando a Lua está no perigeu

c) Quando a Terra está no afélio

d) Quando a Terra está no periélio

Resposta: a) Quando a Lua está no apogeu

A excentricidade da órbita da Terra em torno do Sol é de 0,0167 e o diâmetro angular do Sol varia 1,67% em torno de sua média, de 31'59". A órbita da Lua em torno da Terra tem uma excentricidade de 0,05 e, portanto, seu diâmetro angular varia 5% em torno de sua média, de 31'5". Portanto, se a Lua está no seu apogeu (ponto mais distante de sua órbita), o diâmetro da Lua será sempre menor que o do Sol, e ocorre um eclipse anular.

9) PARAMETRIZADA

A maioria das galáxias conhecidas já sofreu algum tipo de interação com outra galáxia em alguma época.

O tempo T que duas galáxias demoram para se fundirem, em Ganos (1 Giga-ano = 1×10^9 anos), pode ser calculado através de:

$$T = (2{,}64 \times 10^5)\ r^2\ v / 2M$$

Onde **r** é a distância entre as galáxias, em kpc, **v** é a velocidade da galáxia secundária em relação à principal, em km/s, e **M** é a massa da galáxia secundária, em massas solares ($M_{Sol} = 1{,}98 \times 10^{30}$ kg).

Considere que a galáxia secundária tenha massa $M = 1{,}40 \times 10^{41}$ kg, está a r = 30 kpc da galáxia principal e viaja na sua direção com velocidade v = 360 km/s.

O tempo T, em Ganos, para que as duas galáxias se fundam será de, aproximadamente:

a) 0,605

b) 0,020

c) 1,210

d) 7,260

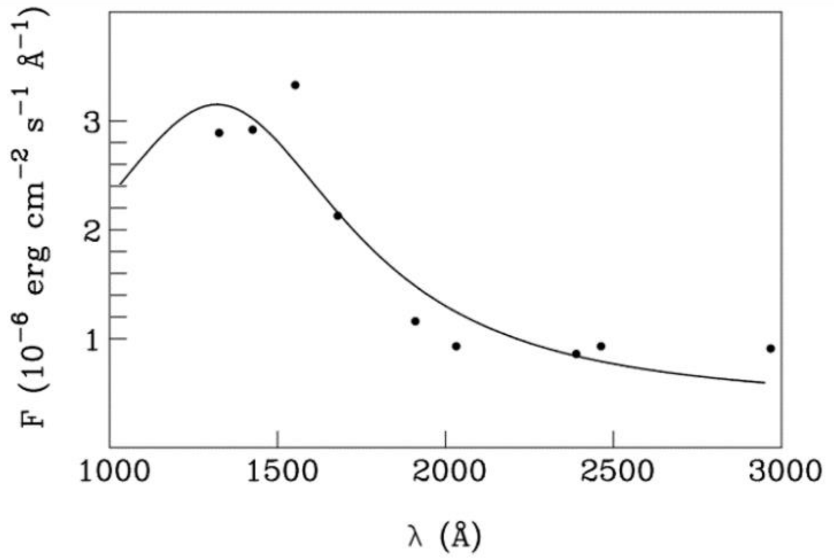
Resposta: a) 0,605 Gano

$$M = \frac{1{,}40 \times 10^{41}}{1{,}98 \times 10^{30}} \cong 7{,}07 \times 10^{10}\ M_{Sol}$$

Substituindo-se os valores:

$$T = \frac{2{,}64 \times 10^5 \times 30^2 \times 360}{2 \times 7{,}07 \times 10^{10}} \rightarrow T \cong 0{,}605$$

10) Na determinação do campo de radiação ultravioleta interestelar, medidas da Apollo 17, indicam um fluxo n = 1,2 × 10^5 fótons.cm^{-2}.s^{-1}.$Å^{-1}$ para λ = 1.500 Å.



Pode-se afirmar que a razão entre o fluxo de radiação interestelar teórico, neste comprimento de onda, e o valor estimado pelo ajuste dado na figura ($F_{teórico}/F_{ajuste}$) é igual a:

Dica: a energia de cada fóton é dada por $E_{fóton} = hf$, onde h é a Constante de Planck e f é a frequência do fóton.

Se necessário, adote: Constante de Planck: h = 6,63.10^{-27} erg.s; 1 Å = 10^{-10} m; velocidade da luz no vácuo: c = 3,0 × 10^8m/s

a) 0,57

b) 0,20

c) 1,50

d) 2,80

Resposta: a) 0,57

$$E_{fóton} = hf = h\frac{c}{\lambda} \rightarrow F_{teórico} = n \times h\frac{c}{\lambda}$$

O valor teórico do fluxo de radiação para λ = 1500 Å é:

$$F_{teórico} = 1{,}2 \times 10^5 \times \frac{6{,}63 \times 10^{-27} \times 3{,}0 \times 10^8}{1500 \times 10^{-10}} \rightarrow F_{teórico} \cong 1{,}6 \times 10^{-6}\ erg.cm^{-2}.s^{-1}.Å^{-1}$$

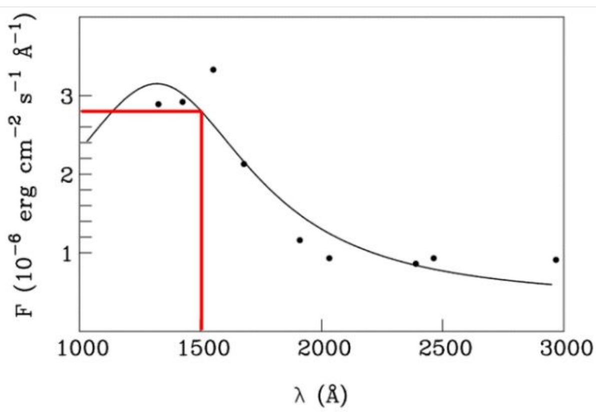
O valor estimado pelo ajuste, pode ser obtido diretamente do gráfico.

Para λ = 1500 Å

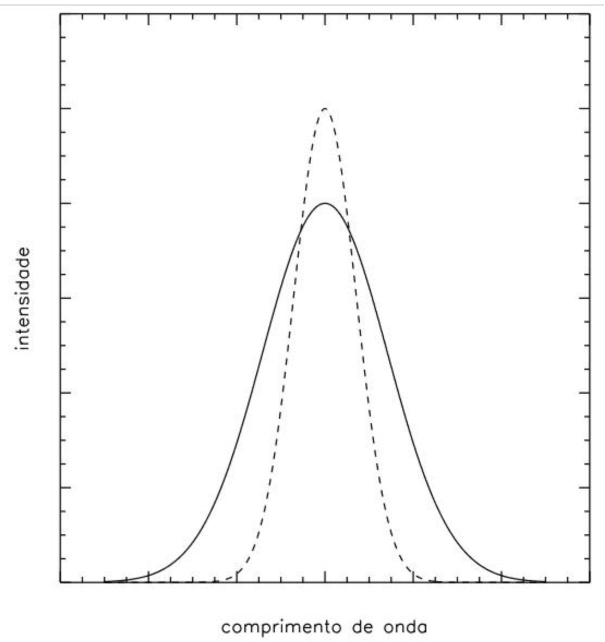
temos: $F_{ajuste} = 2{,}8 \times 10^{-6}\ erg.cm^{-2}.s^{-1}.Å^{-1}$

Logo:

$$\frac{F_{teórico}}{F_{ajuste}} = \frac{1{,}6 \times 10^{-6}}{2{,}8 \times 10^{-6}} \cong 0{,}57$$



11) O radiotelescópio James Clerk Maxwell, no Havaí, foi utilizado para observar duas nuvens moleculares **A** e **B**, com o objetivo de detectar a emissão de uma linha espectral associada com a molécula de monóxido de carbono (CO). As linhas observadas estão representadas na figura. A linha tracejada corresponde à emissão de CO da nuvem molecular **A** e a linha contínua corresponde à emissão de CO da nuvem molecular **B**.



Considere que as nuvens moleculares não têm rotação própria e ignore os efeitos de turbulência.

Analisando o gráfico, marque **V** (verdadeiro) ou **F** (falso) nas afirmações abaixo:

(   ) A largura das linhas está relacionada com a dispersão de velocidades das moléculas de CO

(   ) Uma maior dispersão de velocidades está associada a uma maior temperatura da nuvem molecular

(   ) O efeito responsável pela alteração do comprimento de onda da linha devido à velocidade das moléculas é o efeito de Doppler

(   ) A nuvem molecular com uma temperatura média mais elevada é a nuvem A

Resposta:

(V) A largura das linhas está relacionada com a dispersão de velocidades das moléculas de CO

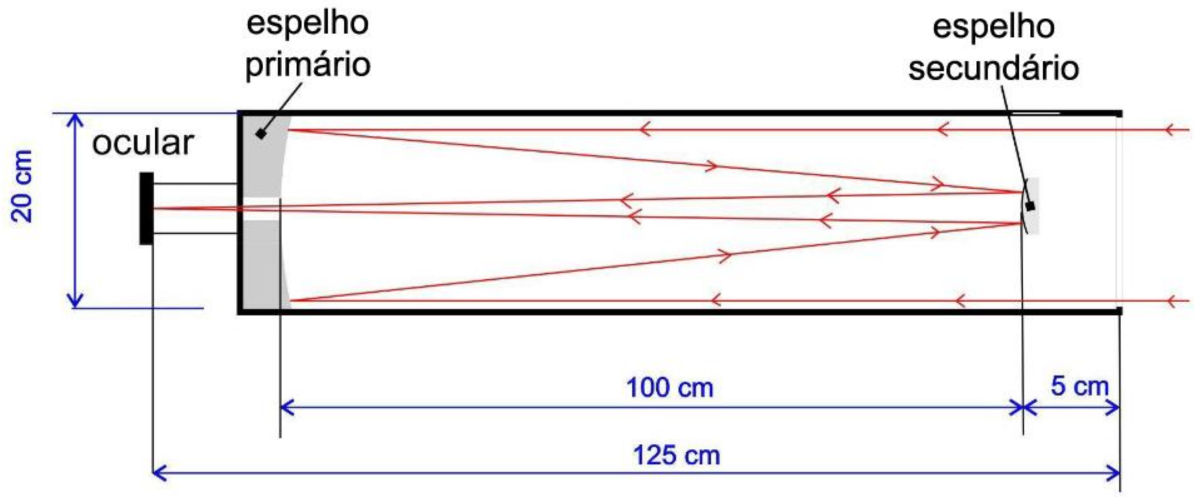
(V) Uma maior dispersão de velocidades está associada a uma maior temperatura da nuvem molecular

(V) O efeito responsável pela alteração do comprimento de onda da linha devido à velocidade das moléculas é o efeito de Doppler

(F) A nuvem molecular com uma temperatura média mais elevada é a nuvem A

12) PARAMETRIZADA

A figura a seguir esquematiza o caminho que a luz faz dentro de um telescópio Cassegrain.



Se uma ocular de distância focal df = 40 mm for usada, a ampliação deste telescópio será de:

a) 55,0 x

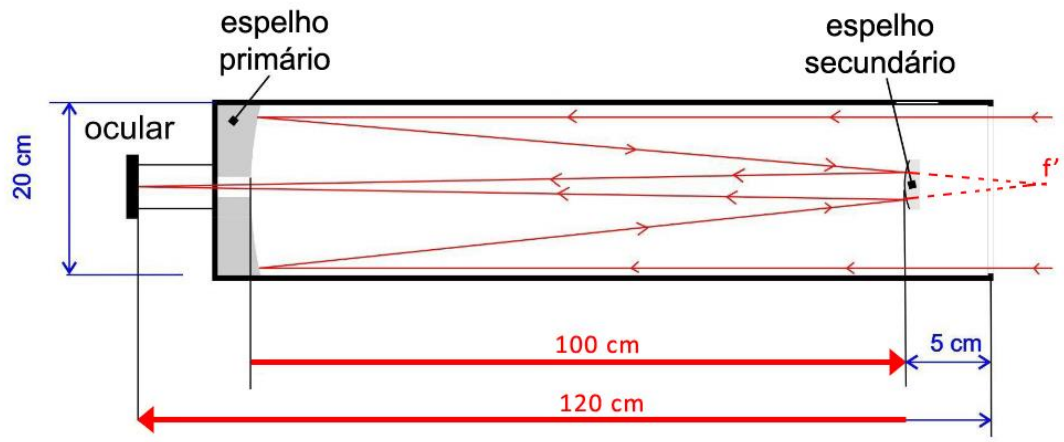
b) 56,3 x

c) 57,5 x

d) 36,7 x

Resposta: a) 55,0 x

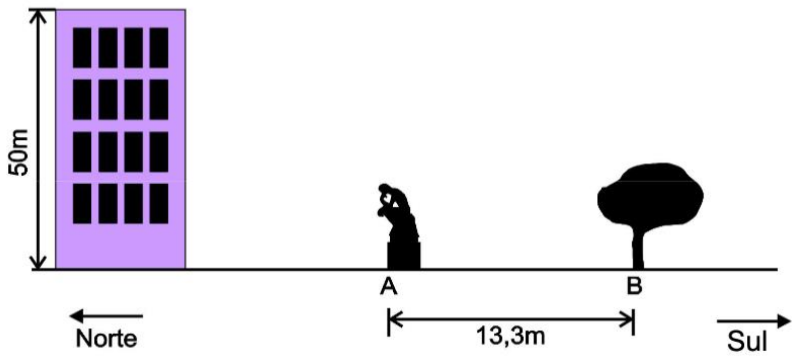
Como não foi dada nenhuma característica dos espelhos primário e secundário, basta medirmos a trajetória da luz, desde a sua primeira reflexão até o ponto onde os raios efetivamente convergem para termos a distância focal do telescópio.



A ampliação do telescópio será A = Distância focal do telescópio/distância focal da ocular:

$$A = \frac{100\ cm + 125\ cm\ -\ 5\ cm}{4\ cm} = 55$$

13) Um observador está em uma cidade cujas coordenadas de latitude e longitude, são, respectivamente, $\phi = 31°\ 08'$ S e $\lambda = 8h\ 35m$. Ele observa que, em certo dia do ano, quando o Sol se encontra na sua culminação superior a uma altura h = 58° 52', a sombra de um edifício atinge a base de uma estátua (A). Então, com o passar dos dias, a cada culminação superior a sombra fica cada vez mais longa, até que um dia atinge a base de uma árvore (B). O diagrama a seguir, fora de escala, descreve a situação:



Cerca de quantos dias se passam desde a primeira observação até que a sombra atinja a base da árvore?

Dica 1. As estações do ano têm as seguintes durações, em dias: Verão (89), Outono (93), Inverno (93) e Primavera (90).

Dica 2. Como não é permitido consultar uma tabela com a variação da declinação solar, utilize uma interpolação linear (regra de três simples) para estimar Δt.

a) 39 dias

b) 37 dias

c) 43 dias

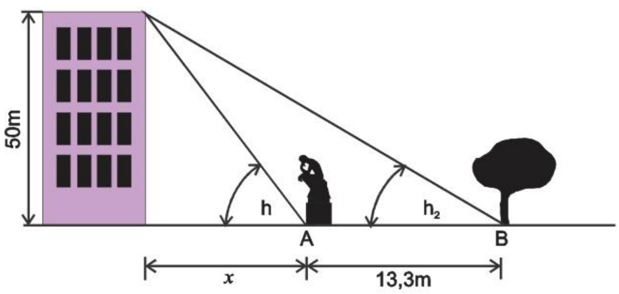
d) 41 dias

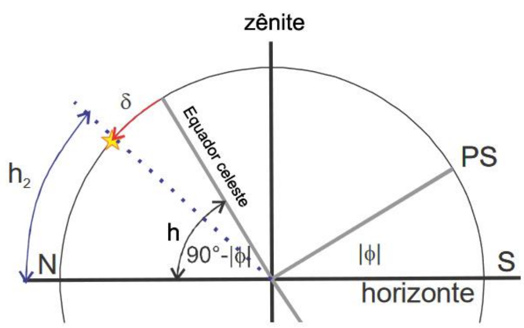
Resposta: a) 39 dias

A altura do Equador Celeste vale $90° - |\phi| \rightarrow h_{eq} = 90° - 31°\ 08' = 58°\ 52' = h$

A altura do Sol é igual à altura do Equador Celeste → O Sol se encontra no Equador Celeste → $\delta = 0°$

Como nos dias seguintes a sombra cresce, a data da 1ª observação corresponde ao Equinócio de março (20 de março).





$$\tan h = \frac{50\ m}{x} \rightarrow x \cong 30{,}2\ m$$

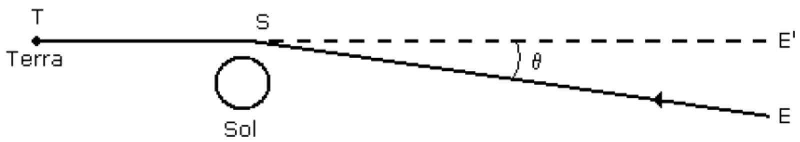
$$\tan h_2 = \frac{50\ m}{x + 13{,}3\ m} \rightarrow h_2 \cong 48{,}977°$$

$h_2 + \delta = 90° - |\phi| \rightarrow \delta \cong 9{,}890°$

Para estimar Δt, pode-se aplicar o critério de interpolação entre dois valores conhecidos, sabendo que de 20 de março ($\delta = 0°$) a 21 de junho ($\delta = 23{,}5°$) há um intervalo de 93 dias, podemos estimar a data usando uma interpolação linear:

$$\Delta t = \frac{93\ dias \times 9{,}890°}{23{,}5°} \rightarrow \Delta t \cong 39{,}14\ dias \approx 39\ dias$$

14) O efeito de deflexão de raios luminosos por campos gravitacionais, foi uma das predições da Teoria da Relatividade Geral. Essa deflexão, para o caso da luz proveniente de estrelas e passando pela proximidade do Sol (ver figura fora de escala), foi observada pela primeira vez durante o eclipse total do Sol de 1919.



De acordo com a Teoria, a deflexão é dada por:

$$\theta = \frac{4GM}{c^2 R}$$

Na equação, a Constante Gravitacional Universal **G** = $6{,}67 \times 10^{-11}$ N.m^2.kg^{-2}; a massa do Sol **M** = $1{,}98 \times 10^{30}$ kg; a velocidade da luz no vácuo: **c** = $3{,}0 \times 10^8$ m/s e o raio do Sol **R** = $6{,}96 \times 10^8$ m

Para o caso da luz de uma estrela distante passando tangente à superfície solar, produz uma deflexão de $\theta \cong 1{,}74''$.

Se, hipoteticamente, o Sol fosse um buraco negro (com 1 massa solar), qual seria o valor dessa deflexão, aproximadamente? Considere, para este cálculo, que o Sol tem o raio mínimo para isso e o raio de luz é tangente ao seu raio.

a) 114,59°

b) 57,30°

c) 171,89°

d) 76,39°

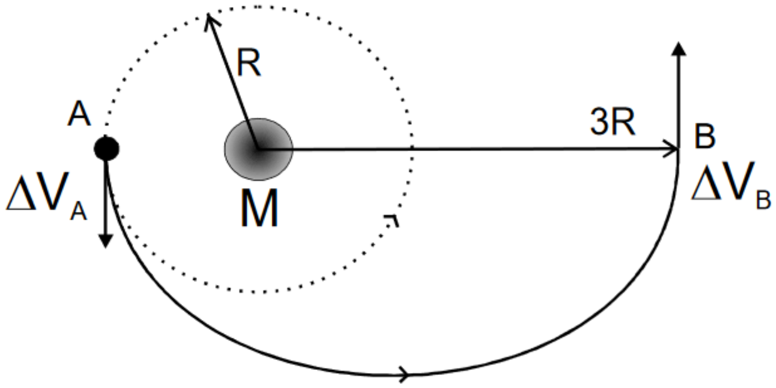
Resposta: a) 114,59°

O raio mínimo do Sol será o raio de Schwarzschild, que pode ser encontrado colocando-se a velocidade de escape do Sol igual à velocidade da luz:

$$v_e = \sqrt{\frac{2GM}{r}} = c \rightarrow R_{Sch}^{Sol} = \frac{2GM_{Sol}}{c^2}$$

$$\theta = \frac{4GM_{Sol}}{c^2 \frac{2GM_{Sol}}{c^2}} = 2\ rad \rightarrow \theta \cong 114{,}59°$$

15) Uma espaçonave está orbitando um planeta de massa **M** em uma órbita circular de raio **R**. Para deixar este planeta, os engenheiros espaciais decidem aplicar dois impulsos. O primeiro impulso ΔV_A será aplicado no ponto A, na mesma direção do movimento para que a nave faça uma transferência elíptica e alcance o ponto B. Uma vez em B, um segundo impulso ΔV_B será aplicado novamente na mesma direção de movimento para a espaçonave escapar do sistema.



Assinale a opção que traz a fórmula para a determinação do tempo que levará a nave para ir do ponto **A** ao ponto **B**, em função de M, R e G (Constante Gravitacional Universal).

a) $2\sqrt{2}\frac{\pi R^{\frac{3}{2}}}{\sqrt{GM}}$

b) $4\sqrt{2}\frac{\pi R^{\frac{3}{2}}}{\sqrt{GM}}$

c) $2\sqrt{2}\frac{\pi^2 R^{\frac{3}{2}}}{\sqrt{GM}}$

d) $8\frac{\pi R^{\frac{3}{2}}}{\sqrt{GM}}$

Resposta: a) $2\sqrt{2}\frac{\pi R^{\frac{3}{2}}}{\sqrt{GM}}$

Pela Lei de Kepler generalizada, temos:

$$P^2 = \frac{4\pi^2}{GM}a^3$$

Após o impulso, a nave seguirá uma trajetória elíptica com um semieixo maior a = 2R

Fazendo a substituição:

$$P^2 = \frac{4\pi^2}{GM}(2R)^3 \rightarrow P = 4\sqrt{2}\frac{\pi R^{\frac{3}{2}}}{\sqrt{GM}}$$

A transferência de A até B será metade do período:

$$\Delta t = \frac{P}{2} = 2\sqrt{2}\frac{\pi R^{\frac{3}{2}}}{\sqrt{GM}}$$

16) A estrela Rigel (β Orionis) está localizada a 860 anos-luz do Sol. Tem uma temperatura efetiva de 11.500 K e um raio 74 vezes maior que o raio do Sol.

Levando em consideração que a magnitude bolométrica absoluta do Sol é $M_{bol} = 4,74$ e que sua temperatura efetiva é $T_{Sol} = 5.800$ K, assinale a alternativa que traz a magnitude bolométrica aparente m_{bol} de Rigel.

Utilize: 1 parsec = 3,262 anos-luz

a) -0,47

b) 2,09

c) 1,01

d) 0,12

Resposta: a) -0,47

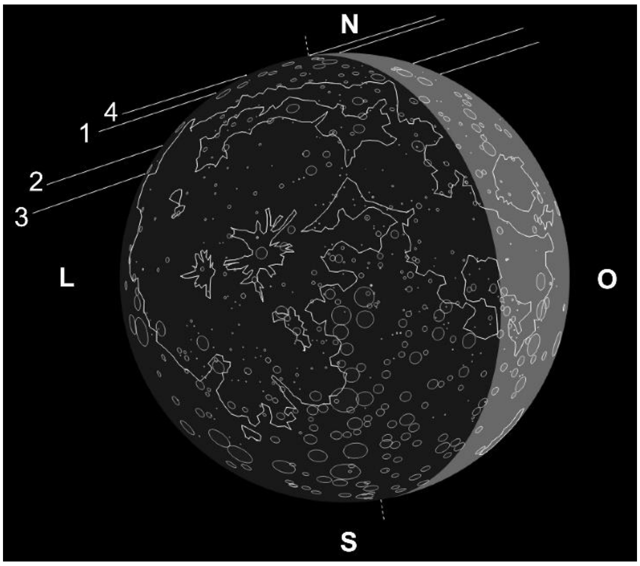
$$M_{bol,R} - M_{bol,Sol} = -2,5\log\left(\frac{L_R}{L_{Sol}}\right) = -2,5\log\left(\frac{4\pi R_R^2 \sigma T_R^4}{4\pi R_{Sol}^2 \sigma T_{Sol}^4}\right) = -2,5\log\left[(74)^2\left(\frac{11500}{5800}\right)^4\right] \cong -12,3189$$

$$M_{bol,R} = M_{bol,Sol} - 12,3189 \rightarrow M_{bol,R} = -7,5789$$

Aplicando o módulo de distância:

$$m_{bol,R} - M_{bol,R} = 5\log d - 5 \rightarrow m_{bol,R} = -7,5789 + 5\log\left(\frac{860}{3,262}\right) - 5 \rightarrow m_{bol,R} \cong -0,47$$

17) Em 2021 a Lua ocultou a estrela **ω1 Sco**, da constelação do Escorpião. Na imagem, as linhas numeradas representam a trajetória de **ω1 Sco** para quatro cidades brasileiras neste dia: Rio de Janeiro/RJ, Curitiba/PR, Florianópolis/SC e Porto Alegre/RS.



Analisando a imagem, assinale V (verdadeiro) ou F (falso) nas seguintes afirmações:

(   ) A linha n° 1 corresponde à cidade do Rio de Janeiro/RJ

(   ) A ocultação será mais longa para a cidade de Florianópolis/SC

(   ) ω1 Sco desaparecerá no lado iluminado da Lua e reaparecerá no seu lado escuro

(   ) A ocultação também poderá ser vista do Hemisfério Norte

Resposta:

(F) A linha n° 1 corresponde à cidade do Rio de Janeiro/RJ

(F) A ocultação será mais longa para a cidade de Florianópolis/SC

(F) ω1 Sco desaparecerá no lado iluminado da Lua e reaparecerá no seu lado escuro

(F) A ocultação também poderá ser vista do Hemisfério Norte, mas em outro horário

A primeira afirmação é falsa, pois é o Rio de Janeiro (linha n°4) a cidade mais ao norte entre elas. Portanto a linha n°1 corresponde à cidade de Curitiba.

A segunda afirmação é falsa, pois o comprimento mais longo da trajetória ocultada pela Lua corresponde à cidade mais ao Sul (Porto Alegre/RS – linha n°3).

A terceira afirmação é falsa, pois a Lua se move no céu de oeste para leste e, portanto, ω1 Sco desaparecerá no lado escuro da Lua e reaparecerá no seu lado iluminado.

A quarta afirmação é falsa, pois é o Rio de Janeiro (linha n°4) a cidade mais ao norte desta lista, onde a ocultação acontecerá quase rasante, o que significa mais ao norte do Rio de Janeiro a ocultação de ω1 Sco pela Lua não acontecerá. No Hemisfério Norte, com certeza, não será visível em momento algum.

18) PARAMETRIZADA

Uma estrela se aproxima de nós com velocidade de v = 50,00 km/s. Uma determinada linha espectral é observada com o comprimento de onda de λ = 537,00 nm.

Levando em consideração o efeito Doppler, qual é o comprimento de onda original desta linha?

Considere a velocidade da luz c = 300.000,00 km/s.

a) 537,09 nm

b) 536,91 nm

c) 537,18 nm

d) 536,82 nm

Resposta: a) 537,09 nm

Efeito Doppler:

$$\frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} = \pm \frac{v}{c}$$

Como a fonte está se aproximando, utiliza-se o sinal negativo. Portanto:

$$\lambda = \lambda_0 \left(1 - \frac{v}{c}\right) \rightarrow \lambda_0 = \frac{\lambda}{\left(1 - \frac{v}{c}\right)}$$

Substituindo-se os valores:

$$\lambda_0 = \frac{537{,}00\ nm}{\left(1 - \frac{50{,}00}{300000{,}00}\right)} \rightarrow \lambda_0 \cong 537{,}09\ nm$$

19) Um planeta orbita uma estrela à distância d = 4,00 UA. O planeta tem raio r = 12.000 km e a estrela raio R = 700.000 km e temperatura efetiva de T = 8.000 K.

Qual é a potência emitida pela estrela que é recebida pelo planeta?

Considere a Constante de Stefan-Boltzmann σ = 5,67 x 10^{-8} W.m^{-2}.K^{-4} e 1 UA = 149,6 x 10^{9} m

a) 1,44 $\times$ 10^{17} W

b) 2,88 $\times$ 10^{17} W

c) 1,60 $\times$ 10^{16} W

d) 3,59 $\times$ 10^{16} W

Resposta: a) 1,44 $\times$ 10^{17} W

$$Potência\ = 4\pi R^2 \sigma T^4 = 4\pi(7 \times 10^8)^2(5{,}67 \times 10^{-8})(8000)^4 \rightarrow Pot \cong 1{,}43 \times 10^{27}\ W$$

A potência recebida pelo planeta será:

$$Pot_p = \frac{Pot}{4\pi d^2} \times \pi r^2 = \frac{1{,}43 \times 10^{27}}{4(4 \times 149{,}6 \times 10^9)^2} \times (12 \times 10^6)^2 \rightarrow Pot_p \cong 1{,}44 \times 10^{17}\ W$$

20) Por quanto tempo a estrela Arcturus (ascensão reta $\alpha = 14^h16^m39^s$ e declinação $\delta = 19°4'11''$) fica acima do horizonte para um observador em Moscou (latitude $\phi = 55°45'21''$, longitude $\lambda = 37°32'2''$)?

Se necessário, utilize a relação abaixo entre a altura **h**, a declinação **δ** e o ângulo horário **H** da estrela e a latitude do local ϕ:

$$\text{Sen}h = \text{sen}\delta \cdot \text{sen}\phi + \cos\delta \cdot \cos\phi \cdot \cos H$$

a) 16,10 h

b) 8,05 h

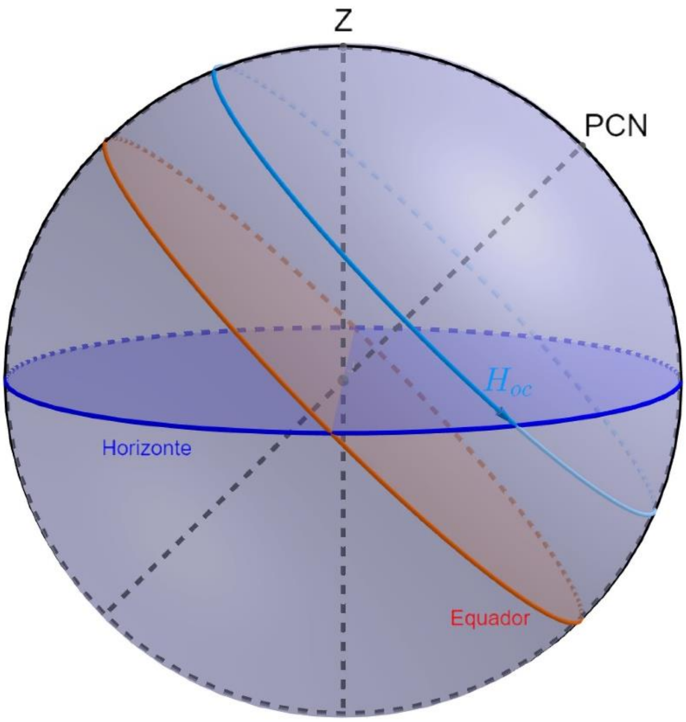
c) 11,90 h

d) 5,95 h

Resposta: a) 16,10 h

Solution:

O ângulo horário da estrela é nulo em sua culminação superior, pois ela cruza o meridiano local (origem da medição). Além disso, note que, por simetria, a estrela vai percorrer uma distância angular $2 \cdot H_{oc}$ quando ela estiver acima do horizonte, onde H_{oc} é o ângulo horário de ocaso da estrela ($h = 0$):



$$\sin\delta \cdot \sin\phi + \cos\delta \cdot \cos\phi \cdot \cos H_{oc} = 0$$

$$\cos H_{oc} = -\tan\delta \cdot \tan\phi \Longrightarrow H_{oc} = \cos^{-1}(-\tan\delta \cdot \tan\phi)$$

$$\Longrightarrow H_{oc} = 8^h 2^m 5^s$$

Assim, o Δt total pode ser calculado por:

$$\Delta t = 2 \cdot H_{oc}$$

$$\Longrightarrow \boxed{\Delta t \approx 16,1h}$$