

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 $132,2 \pm 1,5$ UA ($19,78 \pm 0,22$ 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: $L_{\text{Sol}} = 3,8 \times 10^{26}$ W; 1 UA = $149,6 \times 10^9$ m; 1 Parsec (pc) = 206.265 UA ou 3,26 anos-luz.

- a) $\Delta m \cong -5,6$
- b) $\Delta m \cong -4,3$
- c) $\Delta m \cong -3,4$
- d) $\Delta m \cong -2,2$

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 $T \approx 20.000$ K. Admita que os ventos se originam nas vizinhanças da superfície da estrela, onde $r = 2R$ e a densidade média do vento estelar é de $\rho \approx 10^{-11}$ 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:

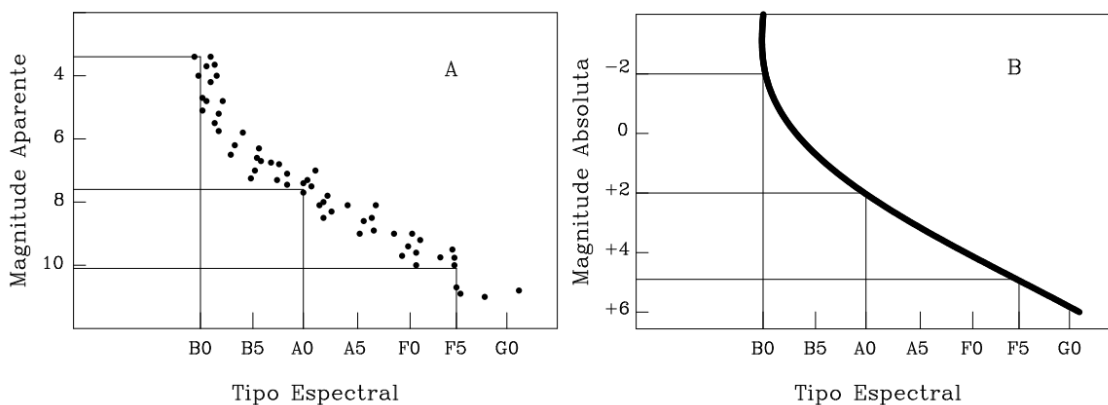
Adote: Constante de Stefan-Boltzmann $\sigma = 5,67 \times 10^{-8}$ W.m⁻².K⁻⁴.

- a) $3,3 \times 10^6$ kg/s
- b) $3,3 \times 10^{10}$ kg/s
- c) $3,3 \times 10^{17}$ kg/s
- d) $3,3 \times 10^{23}$ kg/s

3) A estrela de Barnard tem movimento próprio de $\mu = 10,39''$ /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) 90 anos
- b) 135 anos
- c) 180 anos
- d) 225 anos

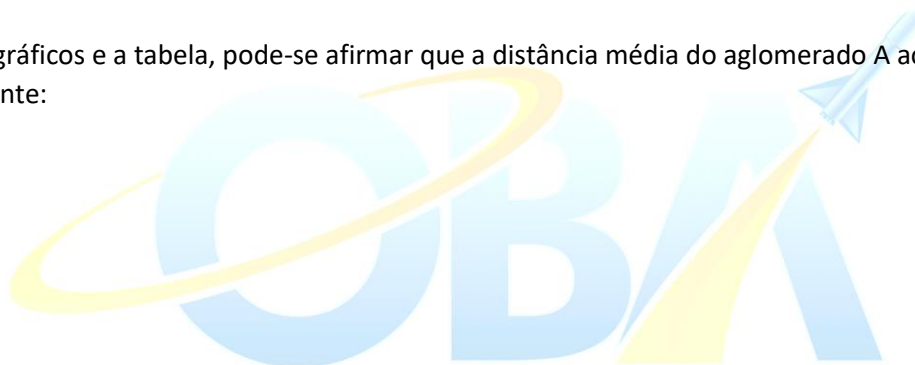
4) Um aglomerado A tem um diagrama Hertzsprung-Russell (HR) observado dado no lado esquerdo da figura abaixo. Por outro lado, um diagrama HR calibrado de outro aglomerado B está mostrado no lado direito da figura.



Tipo	$m_v(A)$	$M_v(B)$	$m_v - M_v$
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) 100 pc
- b) 120 pc
- c) 140 pc
- d) 160 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), $E1, \dots, E6, E7$ (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

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).

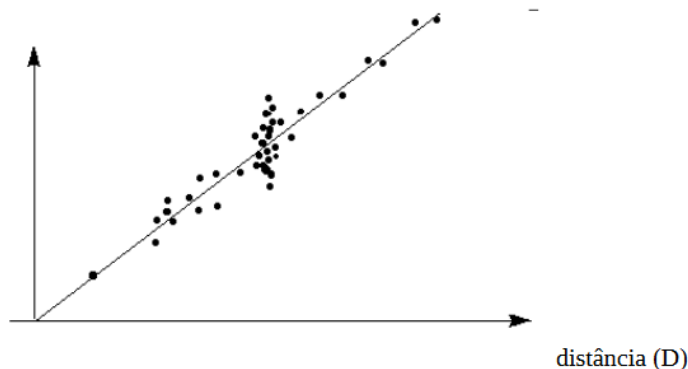
No início de operação, uma dada luneta meridiana está voltada para o Sul em uma posição a 55° do zênite. No entanto, foi recebida a informação de que um astro com ângulo horário $H = 21\text{ h } 05\text{ min}$ deve ser mensurado quando este atingir sua culminação superior em $h = 40^\circ$ na direção 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) $1,15 \times 10^{-4}$ rad/s
- b) $1,57 \times 10^{-4}$ rad/s
- c) $1,75 \times 10^{-4}$ rad/s
- d) $2,50 \times 10^{-4}$ rad/s

OLIMPIÁDA BRASILEIRA DE

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.

Velocidade de recessão (V)



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 idade das galáxias
- b) A metalicidade das galáxias
- c) A excentricidade das galáxias
- d) A atração gravitacional entre galáxias próximas

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 Terra está no periélio
- b) Quando a Lua está no perigeu
- c) Quando a Terra está no afélio
- d) Quando a Lua está no apogeu

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:

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

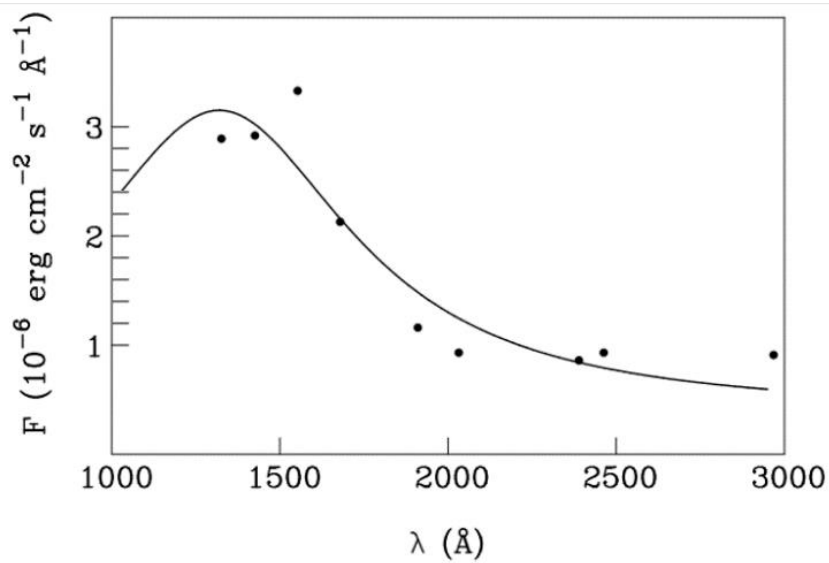
Onde r é a distância entre as galáxias, em kpc, v é a velocidade da galáxia secundária em relação à principal, em km/s, e M é a massa da galáxia secundária, em massas solares ($M_{\text{Sol}} = 1,98 \times 10^{30}$ kg).

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) 0,020
- b) 0,605
- c) 1,210
- d) 7,260

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

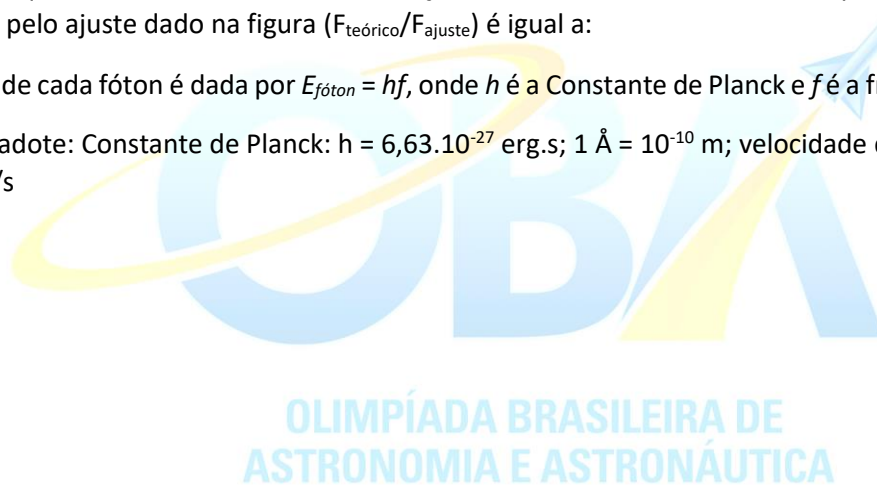


Pode-se afirmar que a razão entre o fluxo de radiação interestelar teórico, neste comprimento de onda, e o valor estimado pelo ajuste dado na figura ($F_{\text{teórico}}/F_{\text{ajuste}}$) é igual a:

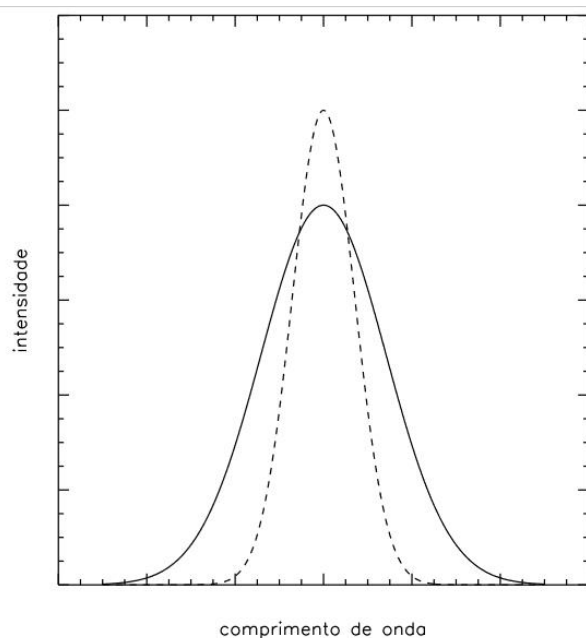
Dica: a energia de cada fóton é dada por $E_{\text{fóton}} = hf$, onde h é a Constante de Planck e f é a frequência do fóton.

Se necessário, adote: Constante de Planck: $h = 6,63 \cdot 10^{-27} \text{ erg.s}$; $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$; velocidade da luz no vácuo: $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$

- a) 0,20
- b) 0,57
- c) 1,50
- d) 2,80



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**.



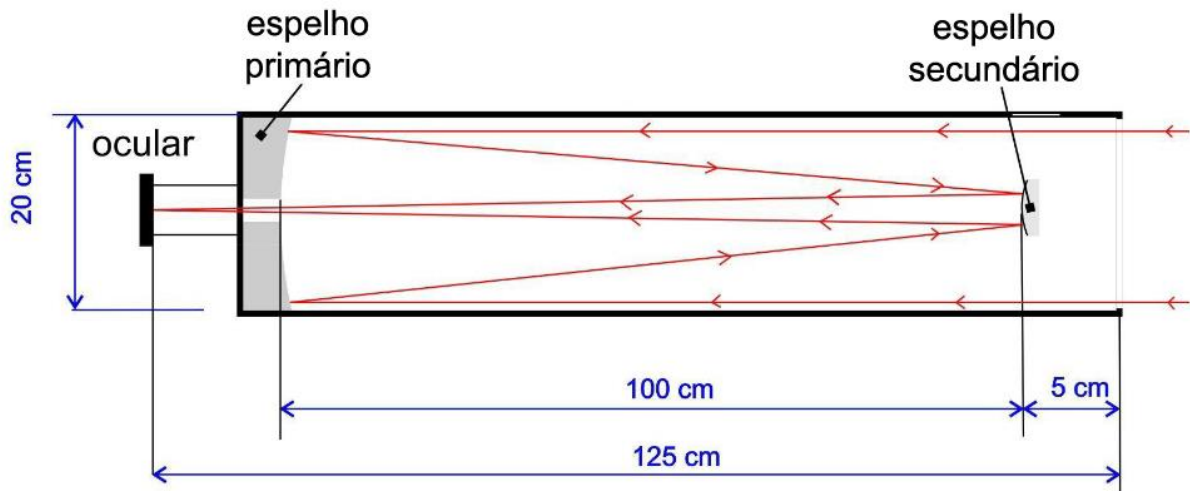
Considere que as nuvens moleculares não têm rotação própria e ignore os efeitos de turbulência.

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

12) PARAMETRIZADA

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

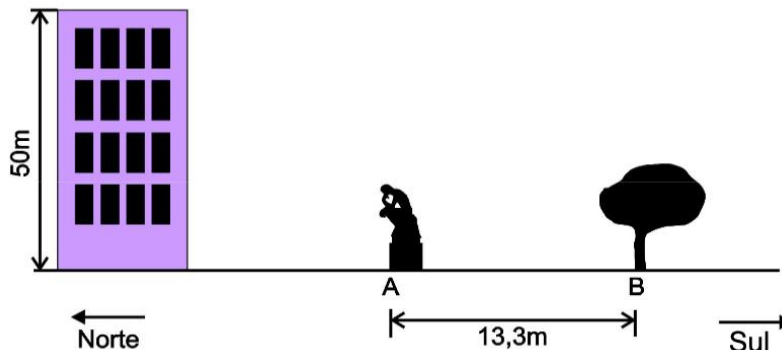


Se uma ocular de distância focal $df = 40 \text{ mm}$ for usada, a ampliação deste telescópio será de:

- a) 36,7 x
- b) 55,0 x
- c) 56,3 x
- d) 57,5 x



13) Um observador está em uma cidade cujas coordenadas de latitude e longitude, são, respectivamente, $\phi = 31^\circ 08' S$ e $\lambda = 8h 35m$. Ele observa que, em certo dia do ano, quando o Sol se encontra na sua culminação superior a uma altura $h = 58^\circ 52'$, 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:

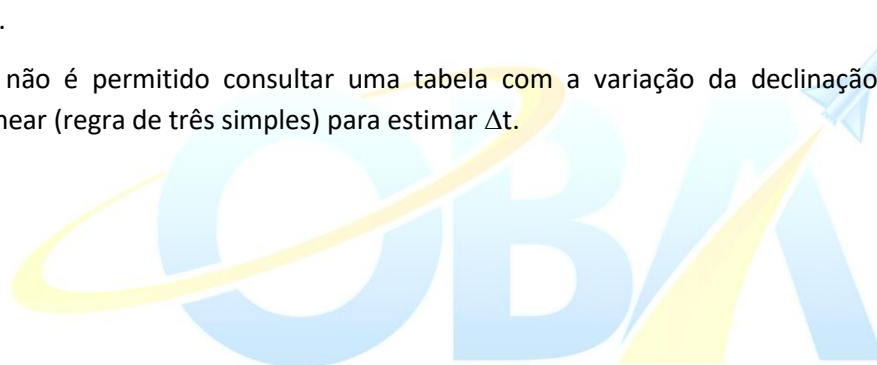


Cerca de quantos dias se passam desde a primeira observação até que a sombra atinja a base da árvore?

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

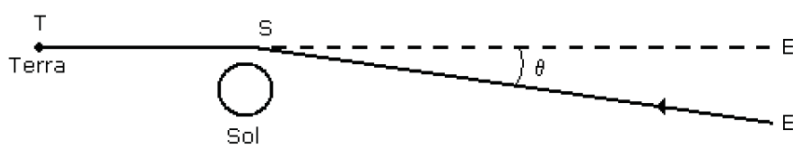
Dica 2. Como não é permitido consultar uma tabela com a variação da declinação solar, utilize uma interpolação linear (regra de três simples) para estimar Δt .

- a) 37 dias
- b) 39 dias
- c) 41 dias
- d) 43 dias



OLIMPIÁDA BRASILEIRA DE ASTRONOMIA E FÍSICA

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:

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

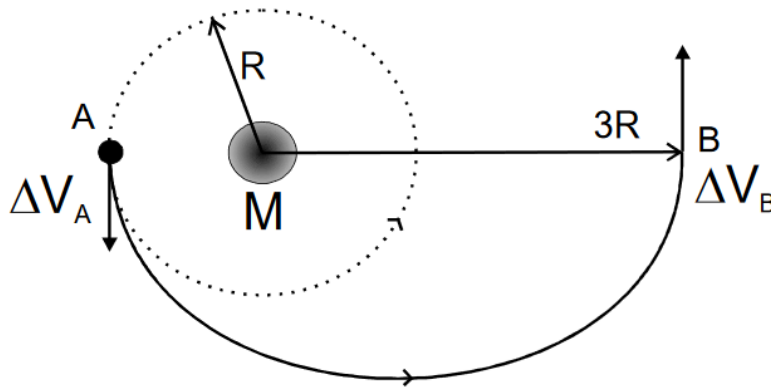
Na equação, a Constante Gravitacional Universal $G = 6,67 \times 10^{-11} N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}$; a massa do Sol $M = 1,98 \times 10^{30} kg$; a velocidade da luz no vácuo: $c = 3,0 \times 10^8 m/s$ e o raio do Sol $R = 6,96 \times 10^8 m$

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) 57,30°
- b) 76,39°
- c) 114,59°
- d) 171,89°

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) $2\sqrt{2} \frac{\pi R^3}{\sqrt{GM}}$
- b) $4\sqrt{2} \frac{\pi R^3}{\sqrt{GM}}$
- c) $2\sqrt{2} \frac{\pi^2 R^3}{\sqrt{GM}}$
- d) $8 \frac{\pi R^3}{\sqrt{GM}}$

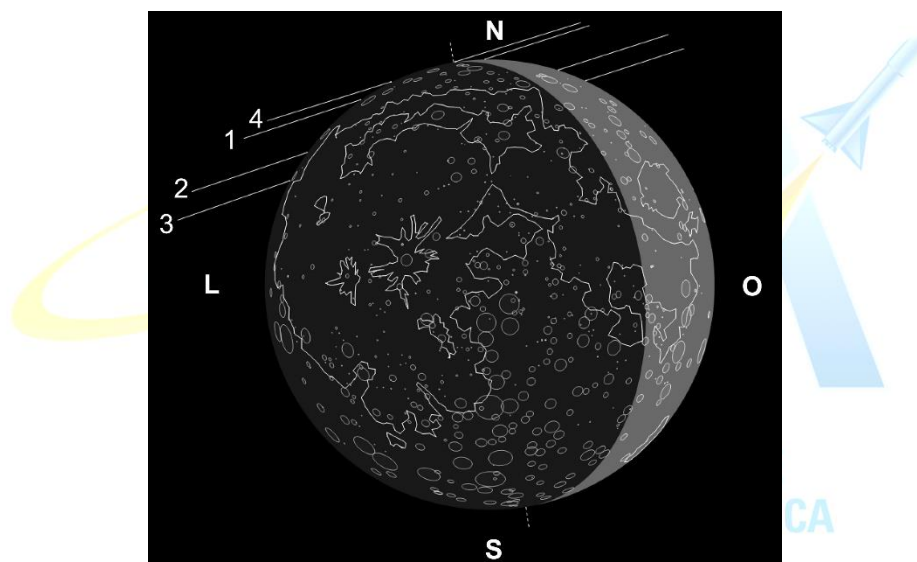
16) A estrela Rigel (β Orionis) está localizada a 860 anos-luz do Sol. Tem uma temperatura efetiva de 11.500 K e um raio 74 vezes maior que o raio do Sol.

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) 0,12
- c) 1,01
- d) 2,09

17) Em 2021 a Lua ocultou a estrela $\omega 1$ Sco, da constelação do Escorpião. Na imagem, as linhas numeradas representam a trajetória de $\omega 1$ 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 nº 1 corresponde à cidade do Rio de Janeiro/RJ
- () A ocultação será mais longa para a cidade de Florianópolis/SC
- () $\omega 1$ Sco desaparecerá no lado iluminado da Lua e reaparecerá no seu lado escuro
- () A ocultação também poderá ser vista do Hemisfério Norte

18) PARAMETRIZADA

Uma estrela se aproxima de nós com velocidade de $v = 50,00 \text{ km/s}$. Uma determinada linha espectral é observada com o comprimento de onda de $\lambda = 537,00 \text{ nm}$.

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

Considere a velocidade da luz $c = 300.000,00 \text{ km/s}$.

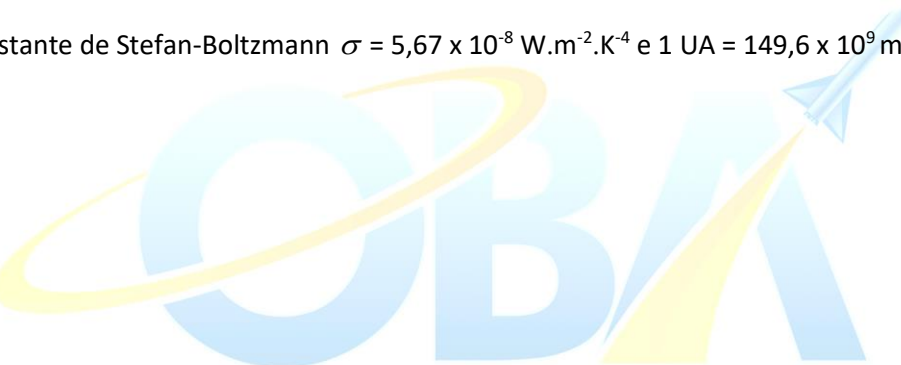
- a) 536,82 nm
- b) 536,91 nm
- c) 537,09 nm
- d) 537,18 nm

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

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

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

- a) $1,60 \times 10^{16} \text{ W}$
- b) $3,59 \times 10^{16} \text{ W}$
- c) $1,44 \times 10^{17} \text{ W}$
- d) $2,88 \times 10^{17} \text{ W}$



20) Por quanto tempo a estrela Arcturus (ascensão reta $\alpha = 14^{\text{h}}16^{\text{m}}39^{\text{s}}$ e declinação $\delta = 19^{\circ}4'11''$) fica acima do horizonte para um observador em Moscou (latitude $\phi = 55^{\circ}45'21''$, longitude $\lambda = 37^{\circ}32'2''$)?

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 :

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

- a) 5,95 h
- b) 8,05 h
- c) 11,90 h
- d) 16,10 h