

# 3ª PROVA ONLINE DE 16 DE DEZEMBRO DE 2022

- PROCESSO DE SELEÇÃO DAS EQUIPES INTERNACIONAIS DE 2023 -

1) Para calcular o campo de visão de um telescópio (FoV), utilizou-se o método de deriva (*drift method*), ou seja, mediu-se o tempo de passagem de uma estrela diametralmente pelo campo de visão aparente da ocular (AFoV), com o acompanhamento do telescópio desligado.

A estrela escolhida foi Achernar ( $\alpha$  Eri),  $\alpha = 1^{\text{h}} 38^{\text{min}}$  e  $\delta = -57^{\circ} 15'$ , e o campo de visão do telescópio foi calculado como sendo  $\text{FoV} = 2,46^{\circ}$ .

Assinale a opção que traz o tempo total, aproximado, que Achernar levou para cruzar totalmente o campo de visão da ocular.

- a) 9,8 min
- b) 11,7 min
- c) 18,1 min
- d) 19,4 min
- e) 39,8 min

2) Considere que a humanidade já tenha uma base permanente na Lua, localizada perto do Mar da Tranquilidade, onde pousou a missão Apollo 11.

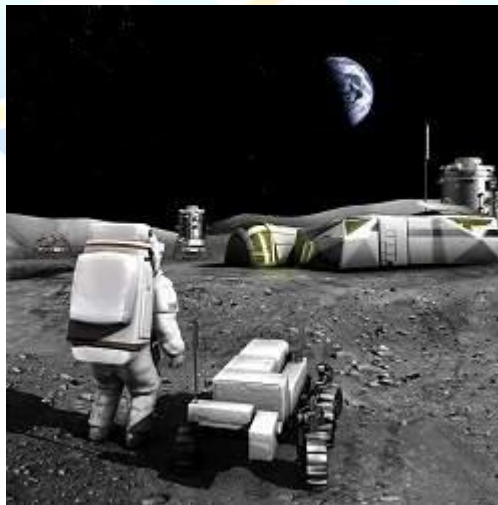


Imagem: NASA.

Marque **V** (Verdadeiro) ou **F** (Falso) na frente de cada afirmação.

- ( ) Para estes colonos as estrelas nascem no horizonte leste e se põe no horizonte oeste da Lua.
- ( ) Para estes colonos, a Terra nasce no horizonte leste e se põe no horizonte oeste da Lua.
- ( ) O céu para estes colonos é idêntico ao céu da Terra.
- ( ) Por conta da paralaxe, as constelações mais próximas se mostram com uma ligeira deformação.
- ( ) Quando na Terra a Lua estiver em Quarto Minguante, na Lua a Terra também estará em Quarto Minguante.

3) Até outubro de 2018 foram descobertos em torno de 3 mil pequenos corpos do Sistema Solar com órbitas além da órbita de Netuno, denominados Objetos Transnetunianos.

Vamos supor, em primeira aproximação, que a massa de cada um destes objetos é  $m = 10^{17}$  kg e que todos sejam formados por rochas com uma densidade média  $\rho = 3,0$  g/cm<sup>3</sup>.

Assinale a opção que traz o raio aproximado do astro se todos estes objetos estivessem agrupados formando um único corpo celeste esférico com a mesma densidade dos objetos originais.

- a) 200 km
- b) 300 km
- c) 370 km
- d) 460 km
- e) 510 km

4) A Base Scott é uma estação de pesquisa neozelandesa na Antártida, em Pram Point, na Ilha Ross, em uma reivindicação territorial da Nova Zelândia. Foi nomeada em homenagem ao capitão Robert Falcon Scott, líder de duas expedições britânicas para a área do Mar de Ross, na Antártida. A base foi criada como apoio à pesquisa de campo e ao Centro de Pesquisa sobre Ciências da Terra, e agora realiza pesquisas em muitos campos, operados pela *Antarctica New Zealand*, uma instituição governamental. Suas coordenadas geográficas são: latitude  $\phi = 77^{\circ}51' S$  e longitude  $\lambda = 166^{\circ}46' L$ .

Em um determinado dia, um pesquisador neozelandês desta base mediu a altura mínima que o Sol atingiu acima do horizonte e anotou como  $h_{\min} = 3^{\circ}15'$ .

Assinale a alternativa que traz (1) a declinação aproximada do Sol neste dia e, baseado na tabela a seguir, (2) em que dia do ano foi feita esta medida. Para o item (2) arredonde para o dia inteiro mais próximo.

Dia do Mês	NDA	Declinação solar	
15/jan	15	-21,27	
15/fev	46	-13,29	
15/mar	74	-2,82	
21/mar	80	0,00	Equinócio de outono (HS)
15/abr	105	9,41	
15/mai	135	18,79	
15/jun	166	23,31	
21/jun	172	23,45	Solstício de Inverno (HS)
15/jul	196	21,52	
15/ago	227	13,78	
15/set	258	2,22	
20/set	263	0,00	Equinócio de Primavera (HS)
15/out	288	-9,60	
15/nov	319	-19,15	
15/dez	349	-23,34	
20/dez	354	-23,45	Solstício de Verão (HS)
NDA é o número de dia do ano.			

Considere o Sol como uma fonte puntiforme e ignore a refração atmosférica.

- a)  $-15^{\circ}24'$  e 7 de fevereiro
- b)  $-12^{\circ}30'$  e 16 de fevereiro
- c)  $+12^{\circ}30'$  e 23 de abril
- d)  $+15^{\circ}24'$  e 2 de maio
- e)  $-15^{\circ}24'$  e 9 de novembro

5) M89 é uma das oito galáxias do aglomerado de Virgem que Charles Messier descobriu em 1781. Esta galáxia é elíptica do tipo E0, ou seja, M89 é praticamente esférica. Está localizado a cerca de 50 milhões de anos-luz de distância na constelação de Virgem.

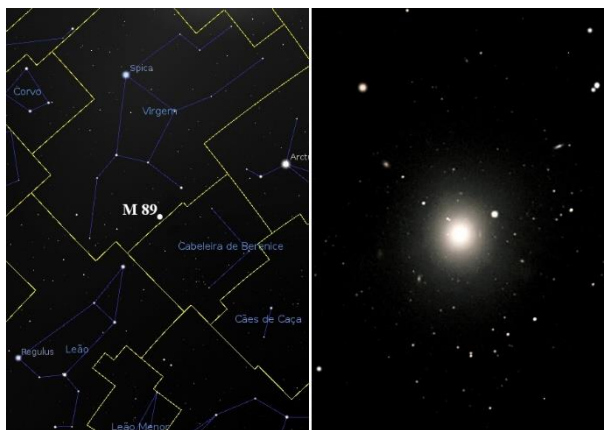
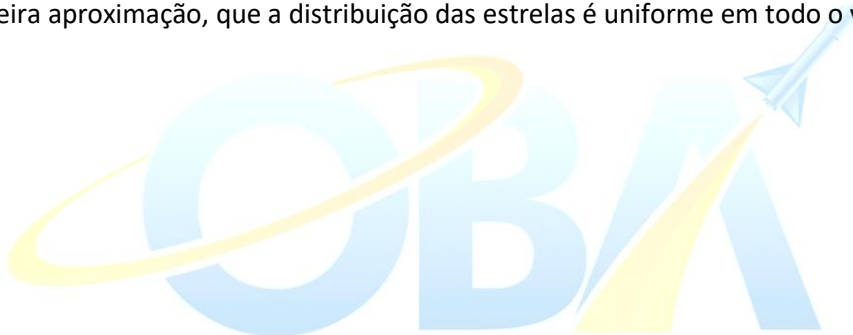


Imagem: Stellarium.

Seu diâmetro aparente de  $4'$  (minutos de arco) corresponde a um diâmetro real de  $D = 70.000,0$  anos-luz. M89 contém aproximadamente  $N = 100$  bilhões de estrelas e sua magnitude aparente vale  $m = 9,8$ .

Assinale a opção que corresponde, aproximadamente, à distância média  $\langle d \rangle$  entre duas estrelas de M89. Assuma, em primeira aproximação, que a distribuição das estrelas é uniforme em todo o volume.

- a) 4,0 anos-luz
- b) 7,0 anos-luz
- c) 9,8 anos-luz
- d) 12,2 anos-luz
- e) 17,5 anos-luz



6) A Lua Cheia, nas melhores condições de observação, tem uma magnitude aparente média de  $m = -12,74$ .



Imagem: Stellarium.

Sob as mesmas condições observacionais, qual é a magnitude aparente da Lua quando ela está em Quarto Crescente?

- a) -6,37
- b) -9,18
- c) -10,45
- d) -11,99
- e) -13,49

7) No dia 7 de março de 2022, a Equação do Tempo, definida como Tempo Solar Verdadeiro (TSV) menos Tempo Solar Médio (TSM) era de  $ET = -11$  minutos. Neste dia, um morador de uma cidade brasileira observou

que o relógio de Sol instalado na praça marcava exatamente 10h00, enquanto o seu relógio de pulso, perfeitamente sincronizado com a hora legal brasileira (Hora de Brasília), marcava 10h20min.

Sabendo que o meridiano central do fuso horário relativo à Hora de Brasília tem longitude  $\lambda_{\text{central}} = 45^\circ \text{ O}$ , assinale a opção que traz a cidade onde mora este observador.

- a) Bom Conselho/PE ( $\lambda = 36^\circ 45' \text{ O}$ )
- b) Teixeira de Freitas/BA ( $\lambda = 40^\circ \text{ O}$ )
- c) Limeira/SP ( $\lambda = 47^\circ 15' \text{ O}$ )
- d) Marília/SP ( $\lambda = 50^\circ \text{ O}$ )
- e) Nova Aurora/PR ( $\lambda = 53^\circ 15' \text{ O}$ )

8) Considere que para estrelas da Sequência Principal (SP), com massas próximas à do Sol, a relação entre a luminosidade e a massa segue a seguinte lei de potência:  $L = kM^4$ , onde  $k$  é uma constante. Considere, também, que toda a energia liberada ao longo da vida de uma estrela é proporcional à massa dessa estrela. No caso do Sol, o seu tempo de vida na SP é avaliado em de cerca de **10 bilhões de anos**.

Para uma estrela da SP, consideramos seu tempo de vida como o seu tempo de permanência na SP  $t_{SP}$ , que pode ser calculado em termos do tempo de vida do Sol na mesma fase através da seguinte relação:

$$t_{SP} = \frac{E_{SP}^*/E_{SP}^{Sol}}{L_*/L_{Sol}} \times 10^{10} \text{ anos},$$

onde  $E_{SP}^*$  é a energia total liberada durante sua fase na Sequência Principal e  $L_*$  é a sua luminosidade.

Na tabela a seguir são indicadas as massas das estrelas para tipos específicos de classe espectral. Cada classe de letra é subdividida usando um dígito numérico com 0 (zero) sendo o mais quente e 9 (nove) sendo o mais frio (por exemplo, A8, A9, F0 e F1 formam uma sequência do mais quente para o mais frio).

Para facilitar as contas, suponha que as subclasses espectrais variam linearmente com  $M$ , dentro de cada classe.

Classe Espectral	O5	B0	A0	F0	G0	K0	M0
Massa ( $M_{Sol}$ )	60,00	17,50	2,90	1,61	1,06	0,79	0,51

Se considerarmos que a vida inteligente na Terra demorou, aproximadamente,  $4,6 \times 10^9$  anos para evoluir, assinale a opção que traz a classe espectral da estrela mais massiva possível, com precisão até ao nível da subclasse, em torno da qual os astrônomos podem procurar por vida inteligente, como nós a conhecemos.

- Dicas:
- Equacione a relação entre energia e massa;
  - Equacione a relação entre  $E_{SP}$  e  $t_{SP}$ ;
  - Utilize a relação luminosidade-massa para achar a relação entre  $t_{SP}$  e a massa da estrela.

- a) F8
- b) F6
- c) F4
- d) F2
- e) A0

9) Duas estrelas **A** e **B** têm, respectivamente, magnitudes absolutas  $M_A = 3,0$  e  $M_B = 5,0$ . Porém elas são observadas com o mesmo brilho (magnitude aparente).

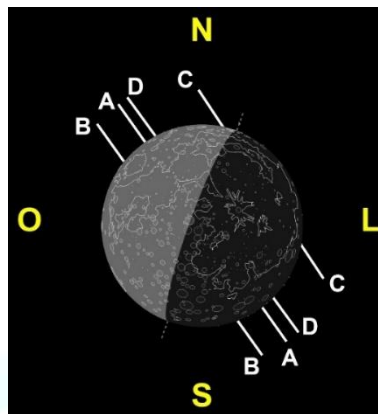
Assinale a opção que traz a razão aproximada entre as distâncias,  $r_A$  e  $r_B$ , destas estrelas até nós.

- a)  $r_A = 2,0r_B$

- b)  $r_A = 2,5r_B$
- c)  $r_A = 3,0r_B$
- d)  $r_B = 2,0r_A$
- e)  $r_B = 2,5r_A$

10) Ocução é o fenômeno de desaparecimento temporário de um astro, devido à passagem de outro com maior diâmetro aparente à sua frente, a partir de um determinado ponto de vista. A Lua, em sua trajetória aparente pelo céu, passa ocasionalmente em frente a uma estrela brilhante, ocultando-a da nossa vista.

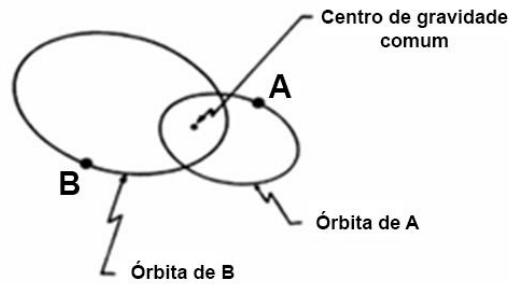
A imagem a seguir traz a ocução de *Eta Leonis*, de maio de 2023. As linhas brancas indicam as trajetórias de *Eta Leonis*, em relação à Lua, do ponto de vista de quatro capitais brasileiras: A, B, C e D.



Assinale a opção que traz a identificação correta destas cidades.

- a) A/São Paulo, B/Palmas, C/Florianópolis e D/Rio de Janeiro
- b) A/Rio de Janeiro, B/Florianópolis, C/Palmas e D/São Paulo
- c) A/Rio de Janeiro, B/Palmas, C/Florianópolis e D/São Paulo
- d) A/Florianópolis, B/São Paulo, C/Palmas e D/Rio de Janeiro
- e) A/São Paulo, B/Florianópolis, C/Palmas e D/Rio de Janeiro

11) Suponha duas estrelas constituindo um sistema duplo, cada uma delas orbitando em torno do centro de massa comum do sistema. Por observações astronômicas, sabe-se que o tamanho angular do semi-eixo maior da órbita relativa verdadeira vale  $\alpha = 10,0''$  (segundos de arco), que a distância do binário ao Sol vale  $r = 2,0$  pc e que o período orbital do sistema vale  $P = 28,2$  anos.



Sabendo que uma das estrelas está 4 vezes mais distante do centro de massa comum do que a outra, assinale a opção que traz a massa de cada uma destas estrelas.

Dado:  $1 \text{ pc} = 206.265 \text{ UA}$

- a)  $M_A = 7,0 M_{\text{Sol}}$  e  $M_B = 3,0 M_{\text{Sol}}$
- b)  $M_A = 8,0 M_{\text{Sol}}$  e  $M_B = 2,0 M_{\text{Sol}}$
- c)  $M_A = 8,9 M_{\text{Sol}}$  e  $M_B = 1,1 M_{\text{Sol}}$
- d)  $M_A = 10,0 M_{\text{Sol}}$  e  $M_B = 2,5 M_{\text{Sol}}$
- e)  $M_A = 22,4 M_{\text{Sol}}$  e  $M_B = 5,6 M_{\text{Sol}}$

12) Um telescópio com um espelho de 3,80 metros de diâmetro tem um detetor na faixa do infravermelho, entre os 20 e os 640 micrômetros. Este telescópio foi capaz de detectar, no seu limite de resolução, um disco protoplanetário com um raio de 12 UA em torno de uma estrela.

Assinale a alternativa que traz a distância máxima aproximada a que essa estrela pode se encontrar da Terra.

Dado:  $1 \text{ pc} = 3,086 \times 10^{16} \text{ m}$

- a) 0,56 pc
- b) 1,12 pc
- c) 6,84 pc
- d) 9,10 pc
- e) 18,20 pc

OLIMPIADA BRASILEIRA DE  
ASTRONOMIA E ASTRONÁUTICA

13) Considere uma estrela variável do tipo RR Lyrae. Os astrônomos determinaram que o seu período de pulsações é de 12 horas, a sua magnitude aparente tem uma variação de  $\Delta m = 0,7$  e a razão entre a temperatura no máximo de brilho  $T_1$  e no mínimo de brilho  $T_2$  é  $T_1/T_2 = 1,3$ .

Assinale a opção que traz a razão ( $R_1/R_2$ ) aproximada entre os raios da estrela no brilho máximo e no brilho mínimo, respectivamente.

- a) 0,436
- b) 0,818
- c) 0,873
- d) 1,300
- e) 1,746

14) Considere uma estrela cuja paralaxe mede  $p = 0,317''$  (segundos de arco) e que, apesar da sua proximidade, só pode ser vista ao telescópio, pois é 300 vezes menos brilhante que o limite de nossa percepção visual a olho nu, que corresponde à magnitude 6,0.

Assinale a opção que traz a que distância, aproximadamente, deveria estar essa estrela para ser percebida visualmente sem um telescópio, supondo as melhores condições de observação.

Dado:  $1 \text{ pc} = 3,086 \times 10^{16} \text{ m}$ ;  $1 \text{ ano-luz} = 9,461 \times 10^{15} \text{ m}$

- a) 0,58 anos-luz
- b) 1,89 anos-luz
- c) 3,15 anos-luz
- d) 6,00 anos-luz
- e) 10,27 anos-luz



15) Artemis 1 é o primeiro estágio de uma série de missões projetadas para enviar humanos à Lua como parte do programa Artemis. A NASA lançou com sucesso o Artemis 1 em 16 de novembro, do *Kennedy Space Center*, na Flórida/USA.

A cápsula não tripulada Orion do Artemis 1 tem transmitido muitas fotos da Terra e de seu satélite natural e no dia 28 de novembro de 2022 ela capturou esta foto da passagem da Lua na frente da Terra, quando ela se encontrava a uma distância recorde, para uma espaçonave projetada para transportar seres humanos, de 432.210 km.



Crédito da imagem: NASA.

Assinale a opção que traz quantos quilômetros a mais a cápsula Orion deveria chegar da Terra para capturar uma imagem da Lua e do nosso planeta com o mesmo tamanho aparente.

Dados: - raio da Terra  $R_T = 6.378,1$  km  
- raio da Lua  $R_L = 1.737,4$  km  
- distância centro a centro Terra-Lua  $d_{TL} = 384.400$  km

- a) 24.146,4 km
- b) 96.102,9 km
- c) 143.912,9 km
- d) 240.015,8 km
- e) 528.312,9 km



OLIMPIADA BRASILEIRA DE  
ASTRONOMIA E ASTRONÁUTICA

16) As estrelas variáveis pulsantes radiais são estrelas cuja luminosidade varia com o tempo, devido a variações no seu tamanho. Elas podem ser reconhecidas facilmente, observando a sua variação em luminosidade, que se dá de maneira muito regular. Dois tipos de variáveis são importantes como indicadores de distância: as Cefeidas e as RR Lyrae.

A magnitude absoluta  $M$  de uma Cefeida de período  $P$  (em dias) pode ser calculada pela seguinte fórmula:

$$M = -1,40 - 2,76 \log(P)$$

Se as Cefeidas podem apresentar períodos de pulsação entre 1,2 e 100 dias, com amplitudes de pulsação entre 0,3 e 3,5 magnitudes, e assumindo que um determinado telescópio possa fazer observações profundas e precisas até magnitude 23, assinale a alternativa que traz a distância máxima que podemos inferir com esta técnica e este telescópio.

- a) 758,58 kpc
- b) 838,89 kpc
- c) 5,06 Mpc
- d) 11,07 Mpc
- e) 9,64 Mpc

17) O Telescópio VLT do ESO consiste em quatro telescópios, cada um com um espelho primário de diâmetro  $d = 8,2$  m, que pode enviar a luz coletada por cada um deles para um foco comum.



Fonte: ESO.

Suponha que o VLT esteja observando uma estrela de magnitude  $m = 22,0$ .

Assinale a opção que traz a ordem de grandeza ( $10^n$ ) do número de fótons desta estrela que são coletados pelos quatro telescópios do VLT a cada segundo.

Considere que a energia média dos fótons seja  $E = 4,8 \times 10^{-19}$  J.

Dados: Magnitude aparente do Sol  $m = -26,74$ ; Constante Solar =  $1.366$  W/m<sup>2</sup>

- a)  $10^2$
- b)  $10^3$
- c)  $10^4$
- d)  $10^5$
- e)  $10^6$

18) Suponha um sistema binário composto por duas estrelas de nêutrons perfeitamente esféricas e idênticas, cada uma com densidade média  $\rho = 1,96 \times 10^{11}$  kg/cm<sup>3</sup> e massa  $M = 2,80 \times 10^{30}$  kg. As duas estrelas giram em uma órbita circular com um período  $P = 7,75$  horas.

Assinale a opção que traz os valores aproximados para (1) o raio  $R$  destas estrelas e (2) o semieixo maior  $a$ , em UA.

Dado: Constante da Gravitação Universal  $G = 6,67 \times 10^{-11}$  m<sup>3</sup>kg<sup>-1</sup>s<sup>-2</sup>

- a) 8 km e 0,013 UA
- b) 8 km e 0,026 UA
- c) 10 km e 0,006 UA
- d) 15 km e 0,013 UA
- e) 15 km e 0,026 UA

19) Numa futura base lunar, localizada na latitude selenográfica de  $\phi = 65^\circ \text{ N}$ , um colono resolveu registrar o nascer do Sol. Ele tem uma visão para o horizonte desimpedida, plana e horizontal

Assinale a opção que traz a duração aproximada do nascer do Sol para este observador.

Para simplificar, vamos considerar que a Lua orbita a Terra no plano da Eclíptica e que a rotação em torno do seu eixo seja perpendicular ao plano da sua órbita.

Considere o nascer do Sol como começando quando a borda do Sol começa a surgir no horizonte e termina quando o Sol está completamente acima do horizonte.

Dados: Diâmetro angular do Sol  $\varnothing_{\text{Sol}} = 32,0'$  (minutos de arco); Período Sideral da Lua  $P = 27,3$  dias; Período Sinódico da Lua  $S = 29,5$  dias.

- a) 1,1 h
- b) 1,5 h
- c) 2,0 h
- d) 2,3 h
- e) 2,5 h

20) Considere três estrelas, que vamos denominar de **A**, **B** e **C** e que têm as seguintes propriedades:

- a estrela **A**, vista da estrela **B**, está no limite da visibilidade do olho nu
- a estrela **B**, vista da estrela **C**, está no limite da visibilidade do olho nu
- a estrela **C**, vista da estrela **A**, está no limite da visibilidade do olho nu

Chamemos as distâncias entre as estrelas A e B de  $d_1$ , entre B e C de  $d_2$  e entre C e A de  $d_3$ .

Considere que as magnitudes absolutas de A e B sejam, respectivamente,  $M_A = 2,5$  e  $M_B = 3,5$  e que o limite de visibilidade de uma estrela para o olho nu seja  $m \leq 6,0$ .

Marque a opção que traz a magnitude absoluta mínima aproximada da estrela **C** que satisfaz as condições acima.

- a) 1,0
- b) 1,4
- c) 3,5
- d) 4,6
- e) 6,0

OLIMPIADA BRASILEIRA DE  
ASTRONOMIA E ASTRONÁUTICA