# GABARITO COMENTADO

(Atualizado em 13/12/19)

# Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

## 3ª PROVA ONLINE DE 1º E 2 DE DEZEMBRO DE 2019

- PROCESSO DE SELEÇÃO DAS EQUIPES INTERNACIONAIS DE 2020 –

múltipla escolha calculada (o sistema sorteia um valor diferente para cada prova)

1) Uma câmera CCD com sensor de 2048 × 3072 pixels está instalada no foco Cassegrain de um telescópio de razão focal f/10 e espelho primário de 200 mm de diâmetro.

Qual a resolução angular aproximada no CCD, sabendo que cada pixel possui 7,20 μm de lado?

A resposta está em "/pixel (segundo de arco/pixel).

Escolha uma:

- a. Em branco
- b. 0,37
- c. 1,48
- d. 2,22
- e. 0,74

Resposta: e. 0,74

A razão focal é nada mais que a distância focal da objetiva dividida pelo diâmetro da mesma. Então a distância focal ***f*** do telescópio vale:

$$f = 10 \times 200\ mm = 2000\ mm$$

A resolução ***res*** é dada por:

$$res\left(\frac{rad}{pixel}\right) = \frac{lado\ pixel\ (mm)}{distância\ focal\ (mm)}$$

Substituindo os valores:

$$res = \frac{7{,}20 \times 10^{-3}}{2000} = 3{,}60 \times 10^{-6}\ \frac{rad}{pixel}$$

Convertendo rad em segundos de arco:

$$res = 3{,}60 \times 10^{-6}\ \frac{rad}{pixel} \times 206265\,\frac{''}{rad}$$

$$res \cong 0{,}74\ ''/pixel$$

múltipla escolha calculada (o sistema sorteia um valor diferente para cada prova)

2) Uma sonda pousada em um asteroide se comunica via rádio com o centro de comando na Terra. A cada mensagem recebida da Terra, a sonda envia automaticamente e imediatamente uma mensagem de confirmação. Sabe-se que, quando o asteroide está em quadratura, o atraso entre o envio e a recepção da mensagem com centro de comando é 800,00 s mais longo que quando o asteroide está em oposição.

Qual é a distância aproximada do asteroide ao Sol, em unidades astronômicas?

Considere sua órbita como circular e restrita ao plano da eclíptica.

Escolha uma:

- a. 1,30
- b. 2,60
- c. 3,90
- d. 5,20
- e. Em branco

Resposta: b. 2,60

Na oposição a distância entre o asteroide e a Terra é de $d_{op} = r_a - r_T$, onde $r_a$ é o raio orbital do asteroide e $r_T = 1$ ua.

Na quadratura a distância é

$$d_q = \sqrt{r_a^2 - r_T^2}$$

O tempo de ida do sinal é igual ao tempo de volta, portanto $2t_q = 2t_{op} + 800{,}00$

Como o tempo de recepção dos sinais é obtido dividindo a distância percorrida pelo sinal pela velocidade da luz, obtemos:

$$t_{op} = \frac{r_a - r_T}{c} \text{ e } t_q = \frac{\sqrt{r_a^2 - r_T^2}}{c}$$

Substituindo essas igualdades na equação do tempo de viagem do sinal e resolvendo para $r_a$ obtemos:

$$\frac{2}{c}\sqrt{r_a^2 - r_T^2} = \frac{2}{c}(r_a - r_T) + 800{,}00 \rightarrow \sqrt{r_a^2 - r_T^2} = (r_a - r_T) + 400{,}00c$$

Para facilitar enormemente as contas, vamos trabalhar diretamente com unidades astronômicas e fazer as seguintes substituições:

$$r_T = 1(ua)$$

$$400{,}00c(ua) = \frac{400{,}00\ s \times 3{,}0 \times 10^8\ m/s}{1{,}50 \times 10^{11}\ m/ua} = 0{,}80(ua)$$

Substituindo:

$$\sqrt{r_a^2 - 1} = r_a - 1 + 0{,}80 = r_a - 0{,}20$$

$$\rightarrow r_a^2 - 1 = (r_a - 0{,}20)^2$$

Resolvendo a equação, temos:

$$r_a = 2{,}60\ ua$$

3) A galáxia de Andrômeda (M31, NGC224) está a aproximadamente 0,78 Mpc de distância e sua magnitude aparente vale $m_{M31} = +3{,}4$.

A que distância M31 deveria estar para que seu brilho fosse o dobro do seu brilho atual?

Suponha, em primeira aproximação, que não haja extinção interestelar na linha de visada.

Escolha uma:

- a. 0,65 Mpc
- b. 0,52 Mpc
- c. 0,35 Mpc
- d. 0,39 Mpc
- e. Em branco

Resposta: b. 0,52 Mpc

Primeiro vamos calcular a magnitude aparente de M31 para a condição imposta.

Para que M31 tivesse o dobro do seu brilho atual, seu fluxo medido aqui na Terra também deveria ser o dobro.

Da Equação de Pogson, temos:

$$m_2 - m_1 = -2{,}5 \log\left(\frac{F_2}{F_1}\right)$$

Como $F_2 = 2F_1$:

$$m_2 - 3{,}4 = -2{,}5 \log(2) \rightarrow m_2 \cong 2{,}6$$

Agora, devemos calcular a magnitude absoluta de M31 usando o módulo de distância e depois aplicá-lo novamente para descobrir sua "nova" distância, em parsec:

$$m - M = 5 \log r - 5$$

Substituindo-se os valores:

$$3{,}4 - M = 5 \log(0{,}78 \times 10^6) - 5 \rightarrow M = 3{,}4 + 5 - 5 \log(0{,}78 \times 10^6) \rightarrow M \cong -21{,}0$$

Para m = +2,6:

$$2{,}6 - (-21{,}0) = 5 \log r - 5 \rightarrow \log r = \frac{2{,}6 + 21{,}0 + 5}{5} \rightarrow r \cong 5{,}2 \times 10^5\ pc = 0{,}52\ Mpc$$

4) A orientação dos planos das órbitas dos satélites de Júpiter permite que diversos fenômenos como Trânsito (TR), Ocultação (OC), Eclipse (EC) e Sombra (SO) possam ser vistos da Terra. A figura esquemática destes fenômenos pode ser vista a seguir, com o ângulo entre as direções dos raios solares e de visada da Terra fora de escala para melhor compreensão da figura.

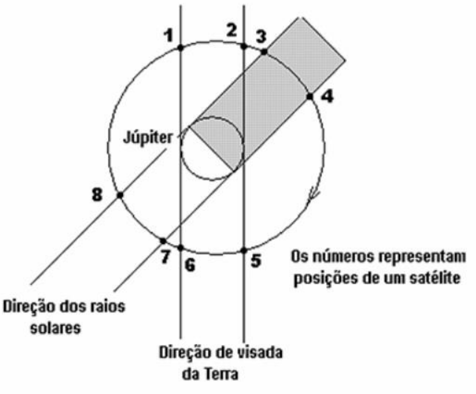


Figura esquemática dos fenômenos dos satélites de Júpiter

Na figura, um satélite em sua órbita é representado por pontos de 1 a 8, correspondentes aos vários fenômenos usualmente observados na Terra através de telescópios.

Avalie as afirmações a seguir e marque a resposta certa:

I – Entre os pontos 1 e 2 temos o Trânsito (TR) do satélite;

II – Ente os pontos 3 e 4 o satélite não pode ser visto da Terra, pois ele estará atrás de Júpiter;

III – Ente os pontos 5 e 6 temos a Ocultação (OC) do satélite;

IV - Entre os pontos 7 e 8 poderemos ver ao mesmo tempo o satélite e sua Sombra (SO).

Escolha uma:

- a. As afirmações I e III estão corretas
- b. Apenas a afirmação II está correta
- c. As afirmações II e IV estão corretas
- d. Em branco
- e. Apenas a afirmação IV está correta

Resposta: e. Apenas a afirmação IV está correta

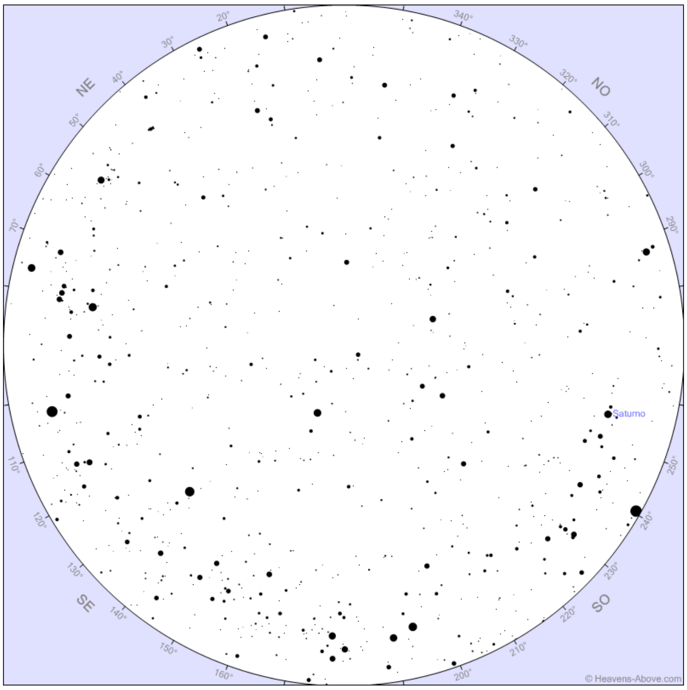
A afirmação I está incorreta, pois trata-se de uma Ocultação (OC).

A afirmação II está incorreta, pois o satélite não pode ser visto da Terra por estar eclipsado (EC).

A Afirmação III está incorreta, pois trata-se de um Trânsito (TR).

A afirmação IV está correta, pois no ponto 6 se encerra o Trânsito (TR), ou seja, o satélite sai da frente de Júpiter e no ponto 7 se inicia a passagem da Sombra (SO) do satélite pelo disco do planeta.

5) Observe o mapa celeste abaixo e avalie as afirmações a seguir.




I – Trata-se de um mapa do céu para um observador no Hemisfério Sul;

II – Não é possível traçar a eclíptica neste mapa;

III – A Constelação da Lira aparece neste mapa;

IV – Podemos ver algumas constelações do Hemisfério Celeste Norte.

Escolha uma:

- a. As afirmações I e IV estão corretas
- b. Apenas a afirmação III está incorreta
- c. Todas as afirmações estão corretas
- d. Em branco
- e. Apenas a afirmação II está incorreta

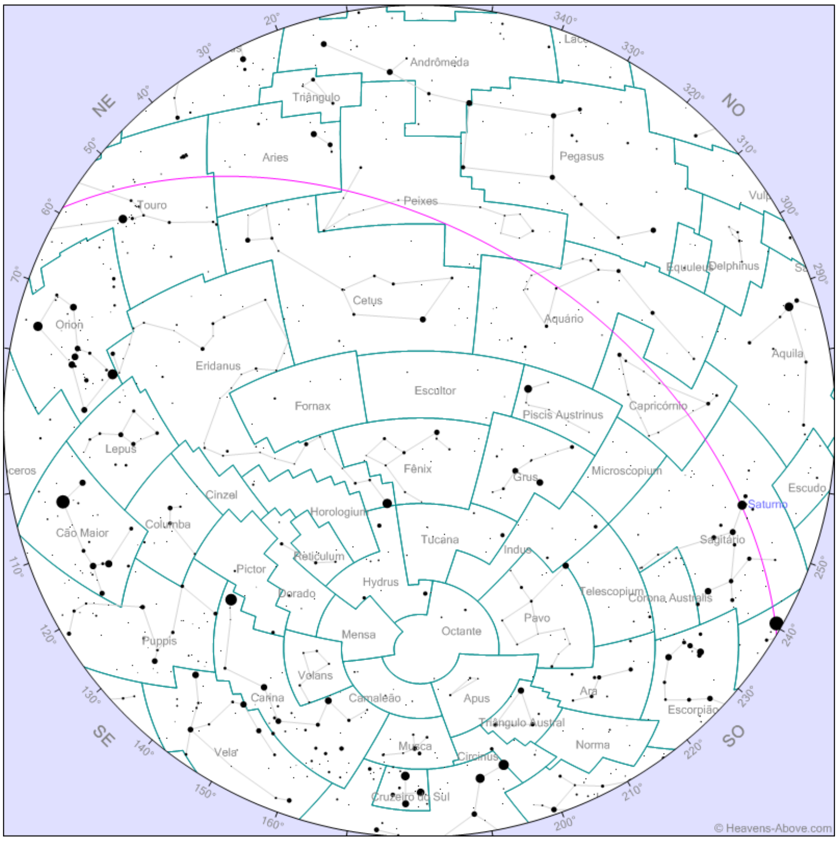
Resposta: a. As afirmações I e IV estão corretas

A afirmação I está correta, pois o Polo Celeste Sul pode ser indicado no mapa.

A afirmação II está incorreta, pois sempre se pode traçar a Eclíptica num mapa de céu inteiro.

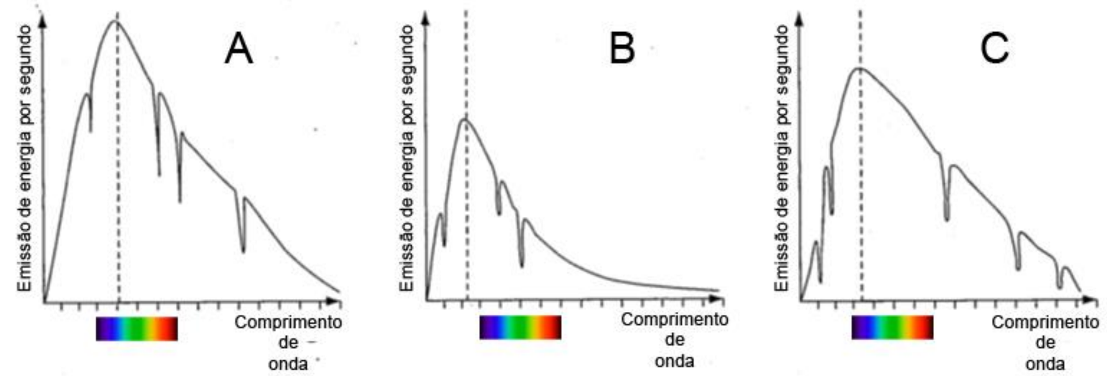
A Afirmação III está incorreta, pois a Constelação da Lira não aparece neste mapa.

A afirmação IV está correta, pois podemos identificar entre outras a Constelação de Pégaso, que é uma constelação do Hemisfério Celeste Norte.



NE
NO
SE
SO
Andrômeda
Triângulo
Aries
Pegasus
Touro
Peixes
Orion
Cetus
Aquário
Equuleus
Delphinus
Aquila
Eridanus
Fornax
Escultor
Piscis Austrinus
Capricórnio
Lepus
Fênix
Grus
Microscopium
Escudo
Saturno
Cinzel
Horologium
Tucana
Indus
Sagitário
Cão Maior
Columba
Reticulum
Pictor
Hydrus
Telescopium
Corona Australis
Dorado
Pavo
Mensa
Octante
Puppis
Volans
Ara
Carina
Camaleão
Apus
Triângulo Austral
Escorpião
Vela
Musca
Circinus
Norma
Cruzeiro do Sul
© Heavens-Above.com

6) Os gráficos a seguir ilustram a emissão de energia *versus* o comprimento de onda de três objetos desconhecidos A, B e C.




Qual deles possui a temperatura mais alta?

Escolha uma:

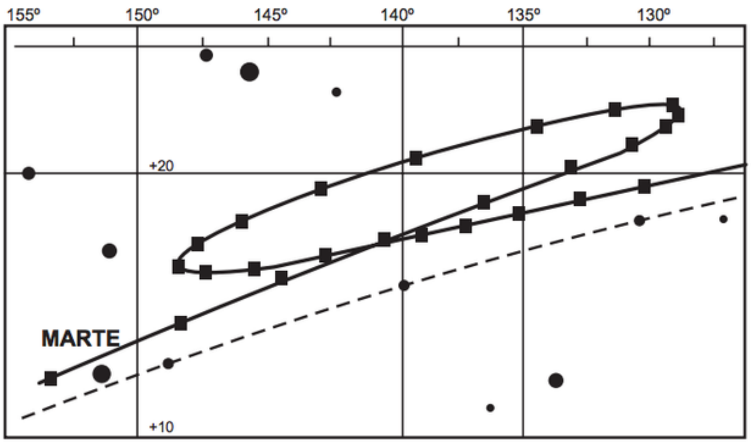
- a. Em branco
- b. A
- c. Impossível de responder, pois faltam informações
- d. C
- e. B

Resposta: e. B

A Lei de Wien (ou lei do deslocamento de Wien) é a lei da física que relaciona o comprimento de onda onde se situa a máxima emissão de radiação eletromagnética de corpo negro e sua temperatura. Conforme a lei de Wien, quanto maior for a temperatura de um corpo negro, menor será o comprimento de onda para o qual a emissão é máxima.

Vemos que o corpo B apresenta o máximo da sua emissão no menor comprimento de onda entre os três objetos.

7) Uma característica que permite identificar um planeta no céu é o seu movimento relativo às estrelas fixas. Se observarmos a posição de um planeta por vários dias, verificaremos que sua posição em relação às estrelas fixas se modifica regularmente. A figura destaca o movimento de Marte observado em intervalos de 10 dias, registrado da Terra.




Qual a causa da forma da trajetória do planeta Marte registrada na figura?

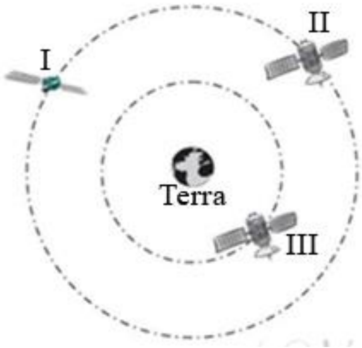
Escolha uma:

- a. Em branco
- b. A maior velocidade orbital da Terra faz com que, em certas épocas, ela ultrapasse Marte
- c. A órbita de Marte, em torno do Sol, possui uma forma elíptica mais acentuada que a dos demais planetas
- d. A presença de outras estrelas faz com que sua trajetória seja desviada por meio da atração gravitacional
- e. A atração gravitacional entre a Terra e Marte faz com que este planeta apresente uma órbita irregular em torno do Sol

Resposta: b. A maior velocidade orbital da Terra faz com que, em certas épocas, ela ultrapasse Marte

Como a Terra está mais próxima do Sol, ela apresenta maior velocidade orbital. A figura mostra o movimento de Marte em relação a Terra. Devido a maior velocidade orbital da Terra e a menor distância ao Sol a Terra “ultrapassa” Marte em certas épocas, formando o laço representado na figura.

8) Na figura a seguir, fora de escala, está representada a posição de três satélites (I, II e III), que se movem em órbitas circulares ao redor da Terra. O satélite **I** tem massa **m** e os satélites **II** e **III** têm, cada um, massa **2m**. Os satélites **I** e **II** estão na mesma órbita de raio **r** e o raio da órbita do satélite **III** vale **r/2**.




Avalie as afirmações a seguir e marque a resposta certa:

I – Por ter o dobro da massa, a velocidade orbital do satélite **II** é o dobro da do satélite **I**;

II – Por ter a metade do raio orbital; a velocidade orbital do satélite **III** é o dobro da do satélite **II;**

III – Por estarem na mesma órbita, o período orbital do satélite **I** é o mesmo do satélite **II**;

IV – Se $F_1$, $F_2$ e $F_3$ forem os módulos da força gravitacional da Terra sobre os respectivos satélites, então $F_1 < F_2 < F_3$.

Escolha uma:

- a. Apenas as afirmações III e IV são verdadeiras
- b. Todas as afirmações são verdadeiras
- c. Em branco
- d. Apenas a afirmação I não é verdadeira
- e. Apenas a afirmação II não é verdadeira

Resposta: a. Apenas as afirmações III e IV são verdadeiras

A afirmação I não é verdadeira, pois a velocidade orbital dos satélites não depende da sua massa, mas, sim, do seu raio orbital.

A afirmação II não é verdadeira, pois com metade do raio orbital a velocidade orbital do satélite III é $\sqrt{2}$ vezes a velocidade orbital do satélite II.

A afirmação III é verdadeira, pois quando a massa é desprezível, o período orbital depende somente da distância até corpo central.

A afirmação IV é verdadeira. Os satélites II e III têm a mesma massa, mas III está mais perto da Terra, então $F_3 > F_2$. Os satélites I e II estão na mesma órbita, mas II tem mais massa, então $F_2 > F_1$. Portanto, $F_3 > F_2 > F_1$.

9) Estima-se que existem 800 mil asteroides com diâmetros maiores que 1 km orbitando o Sol entre 2,1 e 3,3 unidades astronômicas, região conhecida como Cinturão Principal dos Asteroides.

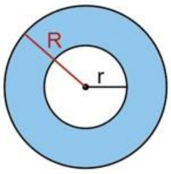
Assumindo, em primeira aproximação, que todos estejam confinados ao plano da eclíptica, qual a ordem de grandeza das distâncias médias entre os asteroides nessa região?

Escolha uma:

- a. $10^6$ km
- b. Em branco
- c. $10^4$ km
- d. $10^5$ km
- e. $10^7$ km

Resposta: a. $10^6$ km

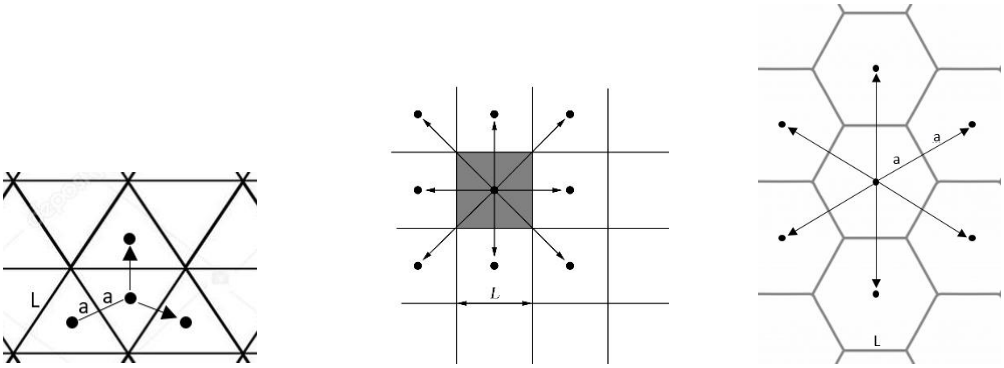
Para termos a noção das distâncias médias entre os asteroides do Cinturão Principal devemos dividi-los uniformemente pela área correspondente à coroa circular compreendida entre 2,10 ua e 3,30 ua.




$$área = \pi(R^2 - r^2) = \pi(3{,}30^2 - 2{,}10^2)(149{,}6 \times 10^6\ km)^2 \rightarrow área \cong 4{,}56 \times 10^{17}\ km^2$$

A área total tem que ser dividida em áreas menores de forma regular. Existem três figuras que podem ocupar o espaço que circunda um ponto, de forma regular: o triângulo equilátero, o quadrado e o hexágono regular.

A figura a seguir traz a geometria do problema. Em cada caso, o asteroide foi colocado no centro da área e as distâncias até os seus vizinhos mais próximos estão indicadas por setas.




Distribuindo uniformemente cada asteroide pela área total, cada um estará centrado numa área de:

$$\frac{800.000\ asteroides}{4{,}56 \times 10^{17}\ km^2} \cong \frac{1\ asteroide}{5{,}70 \times 10^{11}\ km^2}$$

Examinaremos cada uma das geometrias, fazendo a hipótese de que a ordem de grandeza da distância média entre os asteroides deverá ser a mesma nos três casos.

**Caso 1: o triângulo equilátero**

$$área = \frac{\sqrt{3}}{4}L^2 \qquad altura(h) = \frac{\sqrt{3}}{2}L \qquad apótema\ (a_T) = \frac{h}{3}$$

Da geometria do problema, vemos que a distância média será o dobro do valor do apótema.

Calculando o lado $L$ do triângulo equilátero:

$$\frac{\sqrt{3}}{4}L^2 = 5{,}70 \times 10^{11}\ km^2 \rightarrow L \cong 1{,}15 \times 10^6\ km$$

A altura $h$ e o apótema $a_T$ valem, então:

$$h = \frac{\sqrt{3}}{2}(1{,}15 \times 10^6\ km) \rightarrow h \cong 9{,}94 \times 10^5\ km \qquad a_T = \frac{(9{,}94 \times 10^5\ km)}{3} \rightarrow a \cong 3{,}31 \times 10^5\ km$$

A ordem de grandeza da distância média no caso 1 será:

$$\overline{d_T} = 2a_T = 6{,}62 \times 10^5\ km \rightarrow \overline{d_T} \approx 10^6\ km$$

**Caso 2: o quadrado**

Da geometria do problema, vemos que cada asteroide estará cercado por 8 asteroides, cuja distância média até eles será:

$$\overline{d_Q} = \frac{L + L\sqrt{2}}{2} = \frac{L(1+\sqrt{2})}{2}$$

A ordem de grandeza da distância média no caso 2 será:

$$\overline{d_Q} = \frac{\sqrt{5{,}70 \times 10^{11}\ km^2}(1+\sqrt{2})}{2} \cong 9{,}1 \times 10^5\ km \rightarrow \overline{d_Q} \approx 10^6\ km$$

**Caso 3: o hexágono regular**

$$área = \frac{3\sqrt{3}}{2}L^2 \qquad apótema\ (a_H) = \frac{\sqrt{3}}{2}L$$

Da geometria do problema, vemos que a distância média será o dobro do valor do apótema.

Calculando o lado $L$ do hexágono regular:

$$\frac{3\sqrt{3}}{2}L^2 = 5{,}70 \times 10^{11}\ km^2 \rightarrow L \cong 4{,}68 \times 10^5\ km$$

O apótema $a_H$ vale, então:

$$a_H = \frac{\sqrt{3}}{2}(4{,}68 \times 10^5\ km) \rightarrow a_H \cong 4{,}06 \times 10^5\ km$$

A ordem de grandeza da distância média no caso 3 será:

$$\overline{d_H} = 2a_H = 8{,}12 \times 10^5\ km \rightarrow \overline{d_H} \approx 10^6\ km$$

Nossa hipótese inicial se mostrou verdadeira. Dependendo da geometria escolhida, as distâncias médias têm valores diferentes, mas suas ordens de grandeza são iguais.

$$\overline{d_T} \approx \overline{d_Q} \approx \overline{d_H} \approx \overline{d} = 10^6\ km$$

10) Duas estrelas têm a mesma magnitude aparente e são do mesmo tipo espectral. A estrela 2 está duas vezes mais distante do que a estrela 1.

Qual é a razão entre os raios destas duas estrelas?

Escolha uma:

- a. $R_2/R_1 = \log(4)$
- b. Em branco
- c. $R_2/R_1 = 4$
- d. $R_2/R_1 = \log(2)$
- e. $R_2/R_1 = 2$

Resposta: e. $R_2/R_1 = 2$

Comecemos pela equação de Pogson:

$$m_2 - m_1 = -2{,}5 \log\left(\frac{F_2}{F_1}\right)$$

O fluxo a uma distância r de uma estrela será:

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

Substituindo na equação de Pogson e lembrando que $m_1 = m_2$ e que $r_2 = 2r_1$

$$0 = -2{,}5 \log\left(\frac{\frac{L_2}{4\pi(2r)^2}}{\frac{L_1}{4\pi r^2}}\right) \rightarrow \log\left(\frac{L_2}{4L_1}\right) = 0 \rightarrow \frac{L_2}{4L_1} = 1 \leftrightarrow L_2 = 4L_1$$

Para uma estrela de raio R e temperatura efetiva $T_{ef}$, sua Luminosidade pode ser calculada como:

$$L = 4\pi R^2 \sigma T_{ef}^4$$

Como é dito que as estrelas são do mesmo tipo espectral, elas têm a mesma temperatura efetiva:

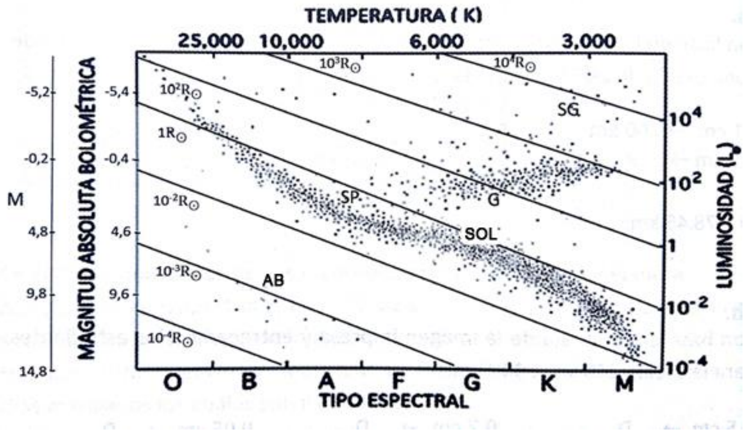
$$4\pi(R_2)^2\sigma T_{ef}^4 = 4 \times 4\pi(R_1)^2\sigma T_{ef}^4$$

$$\frac{(R_2)^2}{(R_1)^2} = 4 \rightarrow \frac{R_2}{R_1} = 2$$

A estrela duas vezes mais distante (estrela 2) tem o dobro do raio da outra (estrela 1).

11) Utilize o Diagrama HR abaixo para classificar as estrelas segundo suas características: Anãs Brancas (AB), Sequência Principal (SP), Gigantes (G) e Supergigantes (SG).

Atenção: A luminosidade no diagrama é dada em função da Luminosidade do Sol ($L_{Sol}$)



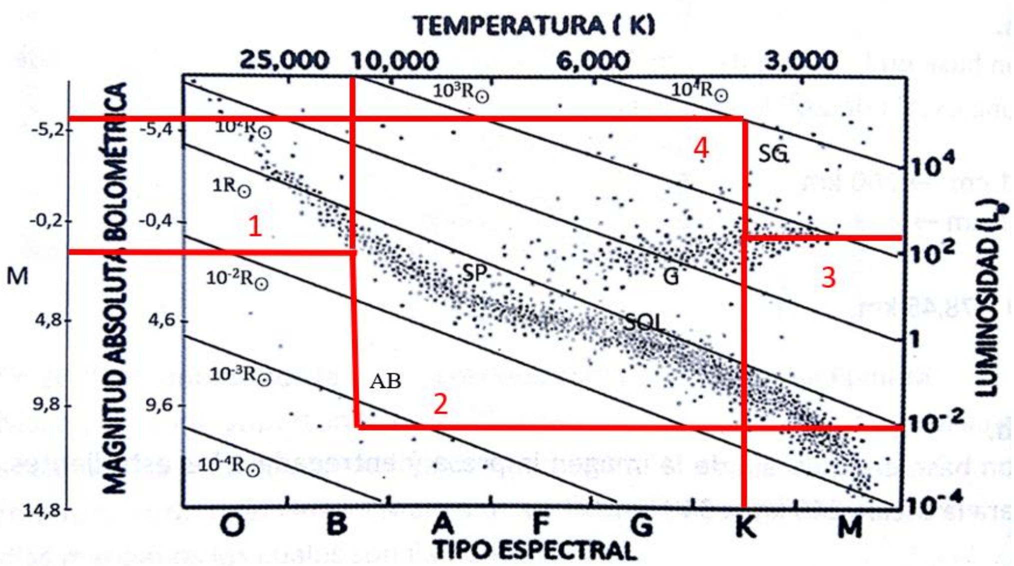

- Estrela 1: temperatura 20.000 K e magnitude absoluta M = 0
- Estrela 2: temperatura 20.000 K e luminosidade 0,01 $L_{Sol}$
- Estrela 3: tipo espectral K e luminosidade 200 $L_{Sol}$
- Estrela 4: tipo espectral K e magnitude absoluta M = -6

Assinale a opção que traz a ordem correta de classificação das estrelas acima (na ordem em que as estrelas foram apresentadas).

Escolha uma:

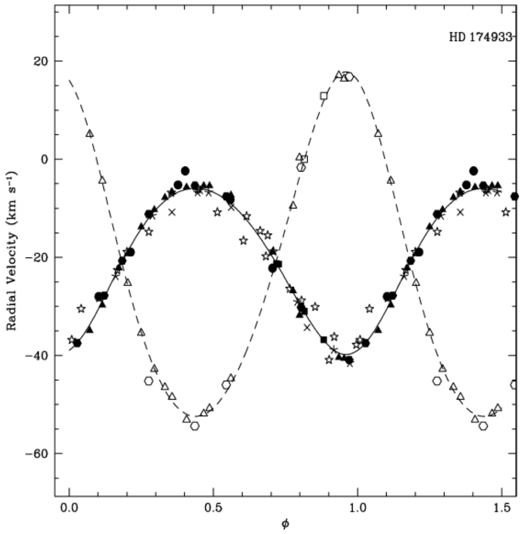
- a. AB, SP, G, SG
- b. SP, AB, SG, G
- c. Em branco
- d. SP, AB, G, SG
- e. AB, SP, SG, G

Resposta: d. SP, AB, G, SG



12) A figura a seguir apresenta as curvas de velocidades radiais de um sistema binário (estrelas **A** e **B**), em função da fase orbital do sistema (da fase 0 à fase 1 as estrelas dão uma volta completa em torno do centro de massa do sistema).

Marque a afirmação verdadeira no que diz respeito às propriedades das velocidades radiais ($V_A$, $V_B$), dos períodos orbitais ($P_A$, $P_B$) e das massas ($M_A$, $M_B$) do sistema binário.

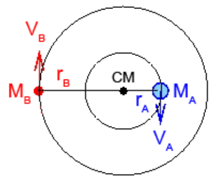



Escolha uma:

- a. $V_A < V_B$, $P_A < P_B$ e $M_A < M_B$
- b. $V_A < V_B$, $P_A = P_B$ e $M_A > M_B$
- c. Em branco
- d. $V_A > V_B$, $P_A = P_B$ e $M_A < M_B$
- e. $V_A > V_B$, $P_A > P_B$ e $M_A > M_B$

Resposta: b. $V_A < V_B$, $P_A = P_B$ e $M_A > M_B$

Seja $r_A$ e $r_B$ a separação da componente A e B ao centro de massa (CM), respectivamente, e seja $V_A$ e $V_B$ as suas velocidades orbitais.




Os períodos orbitais das componentes A e B são iguais: $P_A = P_B = P$

Então, podemos escrever:

$$2\pi r_A = V_A P \text{ e } 2\pi r_B = V_B P$$

Por definição de centro de massa: $M_A r_A = M_B r_B$

De modo que: $\frac{r_A}{r_B} = \frac{M_B}{M_A} = \frac{V_A}{V_B}$

Da análise do gráfico, temos que: $V_A < V_B$

O que, pela relação anterior, implica em: $M_A > M_B$

13) Considere um observador instalado em uma base numa lua de Júpiter (~5,2 ua do Sol).

Usando o método da paralaxe trigonométrica, seria possível estimar a distância de quantas estrelas?

Escolha uma:

a. Mais do que na Terra, pois a linha-base seria maior

b. O mesmo que na Terra, já que as dimensões do Sistema Solar são desprezíveis com relação às distâncias até as estrelas

c. Em branco

d. Menos do que na Terra, pois a distância ao Sol seria maior, deixando mais incerto o uso do método

e. Mais do que na Terra, pois a distância às estrelas seria menor

Resposta: a. Mais do que na Terra, pois a linha-base seria maior

O que importa no método é o tamanho da linha de base usada. Se a distância ao Sol aumentou aproximadamente cinco vezes, os ângulos de paralaxe também aumentaram também de 5 vezes.

Isso aumenta a precisão da medida e faz com que estrelas cujos os ângulos de paralaxe que antes não podiam ser medidos na Terra, passem a ser mensuráveis de Júpiter.

14) A foto a seguir traz a imagem de um relógio de Sol vertical (de parede), com seu mostrador voltado para o Ponto Cardeal Sul, já com correção de longitude e horário de verão.

Avalie as afirmações a seguir e marque é a afirmação correta.

I – O relógio se encontra no Hemisfério Norte e está a oeste do meridiano central do fuso horário;

II – O relógio se encontra no Hemisfério Norte e está a leste do meridiano central do fuso horário;

III – O relógio se encontra no Hemisfério Sul e está a oeste do meridiano central do fuso horário;

IV – O relógio se encontra no Hemisfério Sul e está a leste do meridiano central do fuso horário.

Escolha uma:

a. I

b. Em branco

c. III

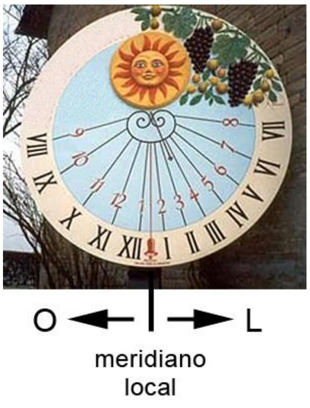
d. II

e. IV

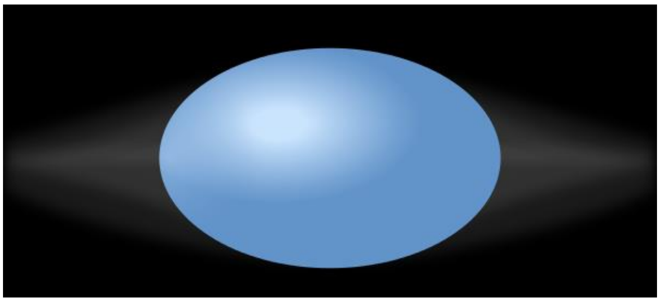
Resposta: I – O relógio se encontra no Hemisfério Norte e está a Oeste do meridiano central do fuso horário

Se o mostrador do relógio está voltado para o Sul, seu gnomon está apontando para o Polo Elevado, que é o Norte, portanto o relógio se encontra no Hemisfério Norte.

Note que quando o Sol estiver cruzando o meridiano local o relógio estará marcando cerca de 12h30. Ou, de outra maneira, quando o relógio marcar 12h, o Sol ainda estará a leste do local do relógio, portanto o relógio se encontra a oeste do meridiano central do fuso horário.



15) Alpha Eridani, conhecida como Achernar, é uma estrela curiosa. Sua velocidade de rotação é tão alta que ela não possui um formato esférico, mas sim, oblato (veja sua concepção artística na figura).



Seu raio equatorial ($R_e$) é 50% maior do que seu raio polar ($R_p$), e a estrela tende a lançar parte de sua massa pelo seu equador, formando um disco de gás ao redor de si mesma. Para que a massa seja lançada, ela deve atingir uma velocidade de rotação crítica ($v_c$), que é expressa como é $v_c = \frac{v_e}{\sqrt{2}}$, sendo $v_e$, a velocidade de escape da estrela.

Sabendo destas informações, qual das fórmulas abaixo corresponde ao valor da velocidade crítica?

Considere que a estrela tenha massa M e G é a Constante gravitacional universal.

Escolha uma:

- a. $v_c = \sqrt{\frac{GM}{R_p}}$
- b. $v_c = \sqrt{\frac{2GM}{3R_p}}$
- c. Em branco
- d. $v_c = \sqrt{\frac{2GM}{R_e}}$
- e. $v_c = \sqrt{\frac{3GM}{2R_e}}$

Resposta: b. $v_c = \sqrt{\frac{2GM}{3R_p}}$

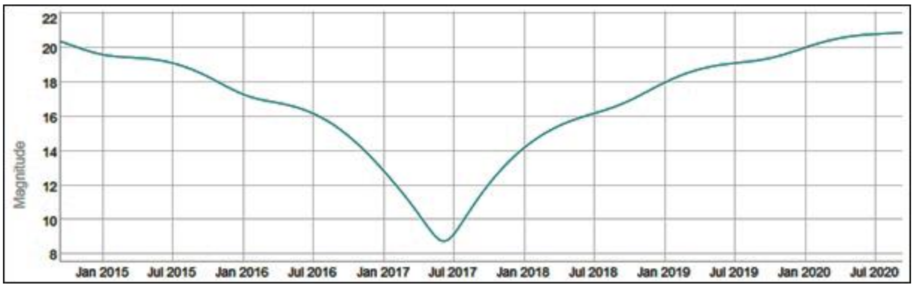
$R_e$ 50% maior que $R_p$ é equivalente a dizer que $R_e = \frac{3}{2}R_p$

$$v_{esc} = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

Como $v_c = \frac{v_e}{\sqrt{2}} \rightarrow v_{crit} = \frac{1}{\sqrt{2}}\sqrt{\frac{2GM}{R_e}} = \sqrt{\frac{GM}{R_e}}$

Ou substituindo $R_e$ por $R_p$: $v_c = \sqrt{\frac{GM}{\frac{3}{2}R_p}} \rightarrow v_c = \sqrt{\frac{2GM}{3R_p}}$

16) O gráfico abaixo traz a curva de luz (magnitude visual em função do tempo) do Cometa C/2015 V2 (Johnson), de janeiro de 2015 a julho de 2020, de acordo com os dados mais recentes das efemérides astronômicas.




Quando os olhos estão completamente adaptados ao escuro, nossa pupila fica com aproximadamente 7 mm de diâmetro. O que faz com que a magnitude limite da vista humana seja igual a +6. Portanto, mesmo em sua maior aproximação, este cometa só foi visível por binóculos e telescópios.

Em janeiro de 2018 era possível observar o cometa com um telescópio de, no mínimo, 280 mm de abertura ($D_1$).

Para observar este cometa em julho de 2018, já foi preciso usar um telescópio com abertura mínima maior ($D_2$), naturalmente.

Desconsiderando a turbulência atmosférica, qual a razão entre as aberturas destes dois telescópios ($D_2/D_1$)?

Escolha uma:

- a. 10/3
- b. Em branco
- c. 2/1
- d. 15/4
- e. 5/2

Resposta: e. 5/2

Vamos calcular o diâmetro mínimo de um telescópio para vermos, no limite da sensibilidade do olho, um objeto de magnitude m = +16 (valor tirado do gráfico).

O fluxo observado é proporcional à área coletora ($\pi 7^2$, para a pupila e $\pi D^2$, para o telescópio). Então podemos reescrever a equação de Pogson como:

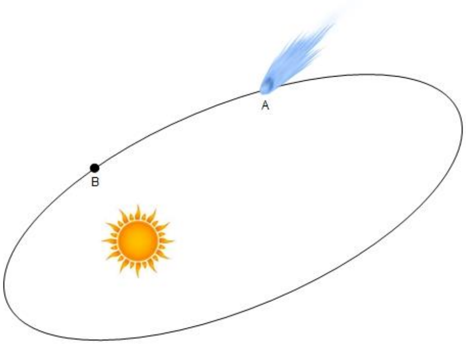
$$(+6) - (+16) = -2{,}5 \log \left[\frac{(D)^2}{(7)^2}\right]$$

$$-10 = -2{,}5 \log \left(\frac{D^2}{49}\right) \rightarrow 4 = \log \left(\frac{D^2}{49}\right) \rightarrow 10^4 = \frac{D^2}{49} \rightarrow D^2 = 490000 \rightarrow D_2 = 700\ mm$$

Se $D_1$ = 280 mm, então:

$$\frac{D_2}{D_1} = \frac{700\ mm}{280\ mm} = \frac{5}{2}$$

17) Um cometa descreve uma órbita elíptica ao redor do Sol, como mostra a figura a seguir, fora de escala.




Considere os pontos **A** e **B** desta órbita, sendo que o ponto **A** está mais afastado do Sol do que o ponto **B** e marque a resposta correta.

Escolha uma:

a. Em branco

b. Em **A** e **B** o cometa possui a mesma energia mecânica total apesar de experimentar forças de atração diferentes

c. Em **A** e **B** a energia mecânica total é diferente, porque **A** está mais afastado do Sol do que **B**

d. A velocidade em ambos os pontos é a mesma, porque a lei de conservação da energia estabelece que assim seja

e. No ponto **B** o cometa possui maior energia potencial

Resposta: b. Em A e B o cometa possui a mesma energia mecânica total apesar de experimentar forças de atração diferentes

Como não existe a ação de forças externas a energia mecânica total é conservada em todos os pontos da órbita e como os pontos estão a distâncias diferentes do Sol a atração gravitacional também será diferente, pois é inversamente proporcional ao quadrado da distância.

18) Cientistas da Academia Chinesa de Ciências anunciaram recentemente a descoberta de um buraco negro "impossível". Segundo eles, esse objeto que encontraram não poderia existir de acordo com os modelos astronômicos atuais. Este monstruoso objeto, que recebeu o nome de LB-1, está localizado a 15 mil anos-luz da Terra.

Após a descoberta inicial, os maiores telescópios ópticos do mundo – o Gran Telescopio Canarias de 10,4 m, na Espanha, e o telescópio Keck I de 10 m, nos Estados Unidos – foram usados para determinar os parâmetros físicos do sistema. Os resultados foram fantásticos: há uma estrela 8 vezes mais pesada que o Sol orbitando um buraco negro de 70 massas solares a cada 79 dias, em uma órbita quase circular.

Esta estrela está orbitando este “impossível” buraco negro a uma distância comparável à distância ao Sol de qual planeta do Sistema Solar?

Dados: Massa do Sol $m_{Sol} = 2{,}0\times10^{30}$ kg, distância média Terra-Sol $d = 1{,}5\times10^{11}$ m, Constante Gravitacional $G = 6{,}7\times10^{-11}$ N m$^2$ kg$^{-2}$

Escolha uma:

- a. Terra
- b. Júpiter
- c. Vênus
- d. Marte
- e. Em branco

Resposta: d. Marte

A 3ª Lei de Kepler na forma derivada por Newton pode ser escrita como:

$$M + m = \frac{4\pi^2}{G}\frac{a^3}{P^2} \rightarrow a^3 = \frac{(M+m)GP^2}{4\pi^2}$$

Substituindo-se os valores:

$$a^3 = \frac{[(70+8)\times 2{,}0\times 10^{30}](6{,}7\times 10^{-11})(79\times 24\times 3600)^2}{4\pi^2}$$

$$a^3 \cong 1{,}2\times 10^{34}\ m^3 \rightarrow a \cong 2{,}3\times 10^{11}\ m$$

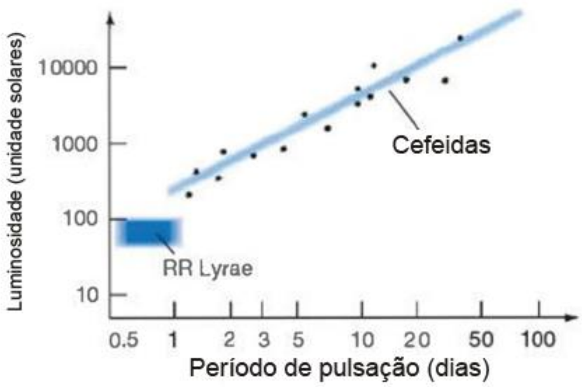
Como o problema pede a distância em unidades astronômicas temos:

$$a = \frac{2{,}3\times 10^{11}\ m}{150\times 10^{9}\ m/ua} \rightarrow a \cong 1{,}5\ ua$$

Portanto, a uma distância comparável à distância média entre Marte e o Sol.

19) As estrelas Cefeidas são estrelas variáveis de suma importância para o desenvolvimento da Astronomia. Isto porque elas possuem uma íntima relação entre sua magnitude absoluta M e seu período de pulsação P.

O gráfico abaixo relaciona a luminosidade de estrelas Cefeida, em unidades solares, ao seu período de pulsação, em dias.




Assinale a alternativa correta que completa a frase: Entre as estrelas Cefeidas

Escolha uma:

a. as que pulsam mais rapidamente possuem magnitude absoluta menor e, portanto, são estrelas mais luminosas

b. as que pulsam mais lentamente possuem magnitude absoluta maior e, portanto, são estrelas mais luminosas

c. as que pulsam mais lentamente possuem magnitude absoluta maior e, portanto, são estrelas menos luminosas

d. Em branco

e. as que pulsam mais rapidamente possuem magnitude absoluta maior e, portanto, são estrelas menos luminosas

Resposta: e. as que pulsam mais rapidamente possuem magnitude absoluta maior e, portanto, são estrelas menos luminosas

Leitura direta do gráfico, quanto menor é o período de pulsação, menor é a luminosidade de uma estrela Cefeida e vice-versa.

20) Um observador no Hemisfério Norte observa que a separação angular entre o Sol e a Lua às 10:00 da manhã (hora local) é de 40°.

Uma figura representando o sistema local nesta data e hora é mostrado abaixo.


Nestas condições, pode-se concluir que:

Escolha uma:

- a. a Lua está entre as fases Cheia e Quarto Minguante
- b. a Lua está entre as fases Nova e Quarto Crescente
- c. Em branco
- d. a Lua está entre as fases Quarto Crescente e Cheia
- e. a Lua está entre as fases Quarto Minguante e Nova

Resposta: e. a Lua está entre as fases Quarto Minguante e Nova

A Lua se move cerca de 13° para leste, por dia, em relação às estrelas. Esse movimento é um reflexo da translação da Lua em torno da Terra, completada em 27,32 dias (mês sideral). O Sol também se move cerca de 1° por dia para leste, refletindo a translação da Terra em torno do Sol, completada em 365,2564 dias (ano sideral). Portanto, a Lua se move cerca de 12° por dia em relação ao Sol, e a cada dia a Lua cruza o meridiano local aproximadamente 48 min mais tarde do que no dia anterior.

Pela figura, a Lua irá se aproximar do Sol no dia seguinte, portanto ela está indo para a sua fase de Lua Nova.