

GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

2ª PROVA ONLINE DE 25 DE NOVEMBRO DE 2022

- PROCESSO DE SELEÇÃO DAS EQUIPES INTERNACIONAIS DE 2023 -

1) O raio vetor que conecta o Sol a um asteroide varre um quatorze avos da área total delimitada pela órbita de um asteroide em 6 meses.

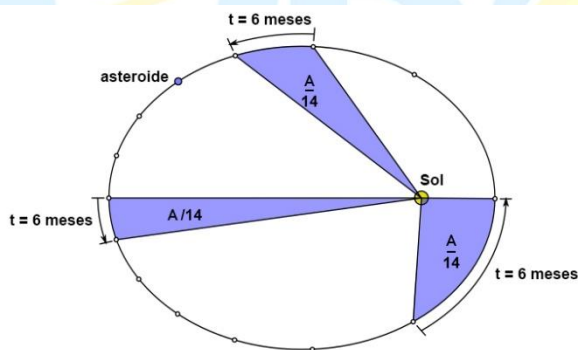
Assinale a opção que traz o período **P** orbital deste asteroide.

- a) 0,5 ano
- b) 6,2 anos
- c) 7,0 anos
- d) 10,0 anos
- e) 14,0 anos

Resposta: c) 7,0 anos

A lei 2ª Lei de Kepler afirma que "o raio vetor que une o centro do Sol com o centro de um planeta (e qualquer corpo do Sistema Solar) varre áreas iguais em tempos iguais".

Se o raio vetor demora 6 meses para varrer 1/14 da área total A , como podemos ver na figura fora de escala, então para varrer a área total o período será:



$$\frac{A/14}{6 \text{ meses}} = \frac{A}{P} \rightarrow P = \frac{A \times 6 \text{ meses}}{A/14} \rightarrow P = 14 \times 6 \text{ meses} = 84 \text{ meses} = 7 \text{ anos}$$

GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

2) O remanescente de supernova da Vela é uma consequência da explosão de uma supernova há, aproximadamente, 11.000 anos, na Constelação da Vela. A associação deste remanescente com o Pulsar de Vela, feito por astrônomos da Universidade de Sidney, em 1999, foi uma prova direta de que supernovas geram estrelas de nêutrons.

Suponha que este remanescente está a uma distância $D = 250$ pc de nós e que sua onda de choque se expandiu esfericamente desde então até chegar a um raio $R = 4,4$ pc, observado atualmente.

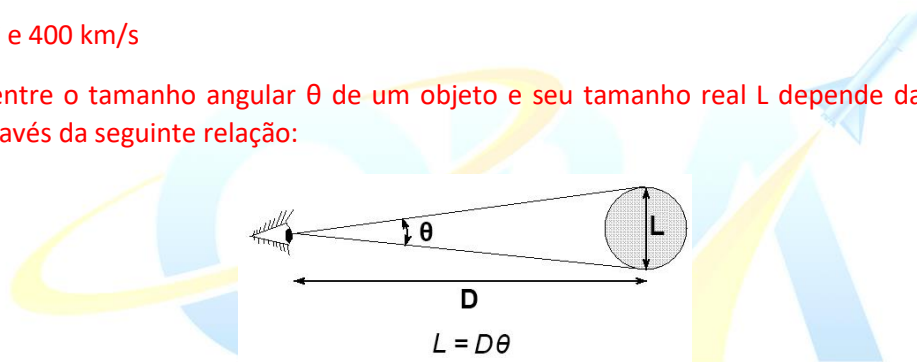
Assinale a opção que traz (1) o valor do diâmetro angular aproximado, em graus, com o qual este remanescente é observado e (2) sua velocidade de expansão média, em km/s, supondo-a, em primeira aproximação, como constante desde a explosão.

Dados: $1 \text{ pc} \approx 3,1 \times 10^{16} \text{ m}$, $1 \text{ ano} \approx 3,1 \times 10^7 \text{ s}$.

- a) $0,5^\circ$ e 800 km/s
- b) 1° e 400 km/s
- c) 1° e 4.000 km/s
- d) 2° e 400 km/s
- e) 2° e 4.000 km/s

Resposta: d) 2° e 400 km/s

(1) A relação entre o tamanho angular θ de um objeto e seu tamanho real L depende da distância D do observador através da seguinte relação:



onde θ é medido em radianos.

Substituindo-se os valores, temos:

$$\theta = \frac{L}{D} = \frac{2 \times 4,4 \text{ pc}}{250,0 \text{ pc}} = 0,0352 \text{ rad}$$

Se π radianos corresponde a 180° , então $0,0352$ radianos corresponderá a:

$$\theta = \frac{0,0352 \times 180^\circ}{\pi} \cong 2,0^\circ$$

(2) A velocidade média v_m de expansão será:

$$v_m = \frac{\text{Raio}}{\text{tempo}} = \frac{4,4 \text{ pc}}{11.000 \text{ anos}} = 4,0 \times 10^{-4} \text{ pc/ano}$$

Substituindo-se os valores, temos:

$$v_m = 4,0 \times 10^{-4} \frac{3,1 \times 10^{13} \text{ km}}{3,1 \times 10^7 \text{ s}} = 400 \text{ km/s}$$

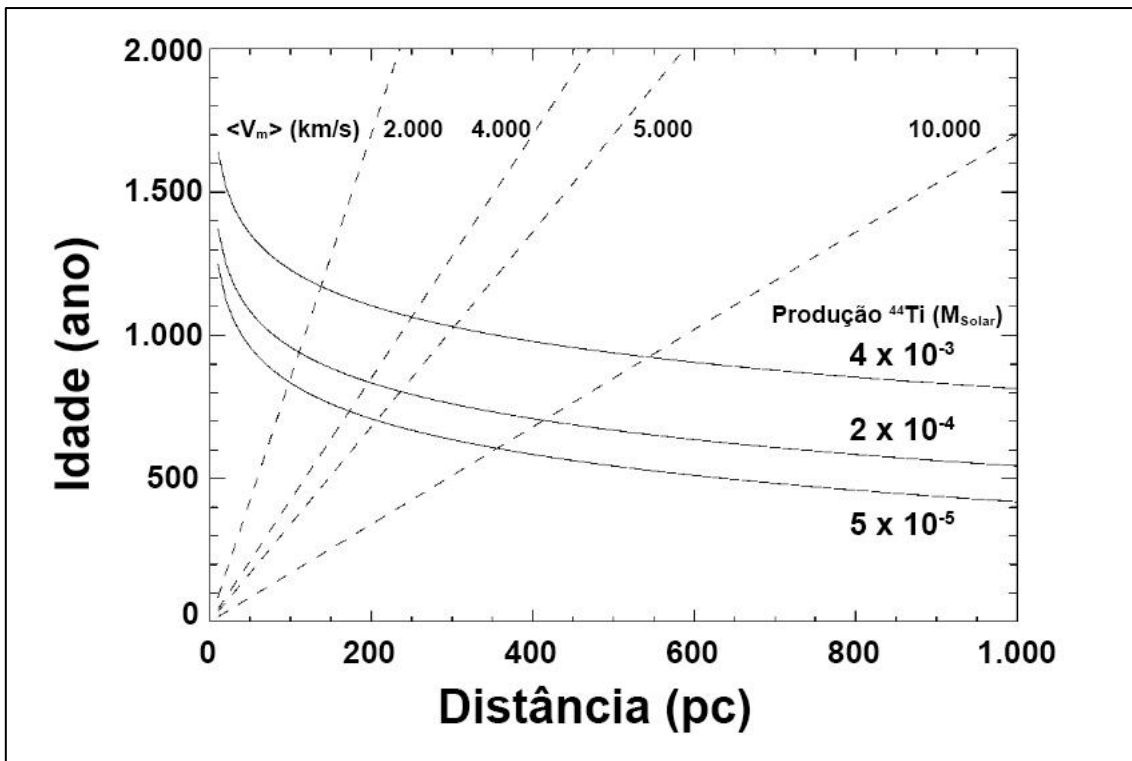
GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

3) Cassiopeia A (Cas A) é um dos remanescentes de supernova mais jovens conhecido. Ele está localizado na constelação de Cassiopeia. A descoberta da emissão de raios gama provenientes do decaimento radiativo de núcleos de titânio-44 (^{44}Ti) associados à Cassiopeia A revelou uma nova maneira para os astrofísicos procurarem por remanescentes de outras supernovas relativamente recentes (com ~ 1.000 anos de idade).

A produção de ^{44}Ti de uma explosão de supernova pode ser inferida pela medida da intensidade da emissão da respectiva linha espectral, em 1,16 MeV (megaelétron-Volts), nos dias de hoje.

O gráfico a seguir nos traz dois modelos teóricos: a distância até nós *versus* a idade da explosão de supernova que originou o remanescente em função da velocidade média $\langle v_m \rangle$ de expansão do remanescente (linha reta tracejada) e da produção de ^{44}Ti , em termos de massas solares (linha curva contínua). Os dois modelos estão superpostos no mesmo gráfico.



Fonte: Chen, W. and Gehrels, N., 1999, ApJ. (adaptado).

Baseado neste gráfico, marque **V** (Verdadeiro) ou **F** (Falso) na frente de cada afirmação.

(**V**) Se a velocidade média de expansão de um remanescente de supernova é de 5.000 km/s e a produção de ^{44}Ti foi de $5 \times 10^{-5} M_{\text{Sol}}$, então este remanescente de supernova deve estar a cerca de 200 pc de nós e a explosão deve ter ocorrido há cerca de 700 anos.

(**F**) Para uma mesma velocidade média de expansão, quanto maior foi a produção de ^{44}Ti , mais jovem é o remanescente de supernova.

(**F**) Para uma mesma velocidade média de expansão, quanto maior foi a produção de ^{44}Ti , mais próximo estará o remanescente de supernova.

(**V**) Para uma mesma produção de ^{44}Ti , quanto maior a velocidade de expansão, mais distante de nós está o remanescente de supernova.

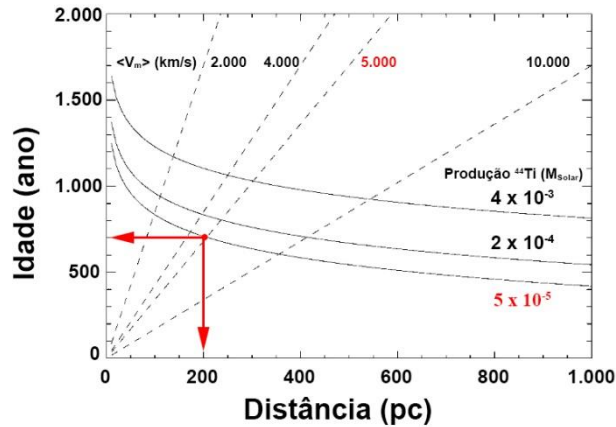
(**V**) Para uma mesma produção de ^{44}Ti , quanto maior a velocidade de expansão, mais jovem é o remanescente de supernova.

GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

Reposta:

A afirmação “Se a velocidade média de expansão de um remanescente de supernova é de 5.000 km/s e a produção de ^{44}Ti foi de $5 \times 10^{-5} M_{\text{Solar}}$, então este remanescente de supernova deve estar a cerca de 200 pc de nós e a explosão deve ter ocorrido há cerca de 700 anos.” é VERDADEIRA, pois estes são os valores dos eixos no ponto de interseção entre as curvas dos dois modelos para os valores dados.

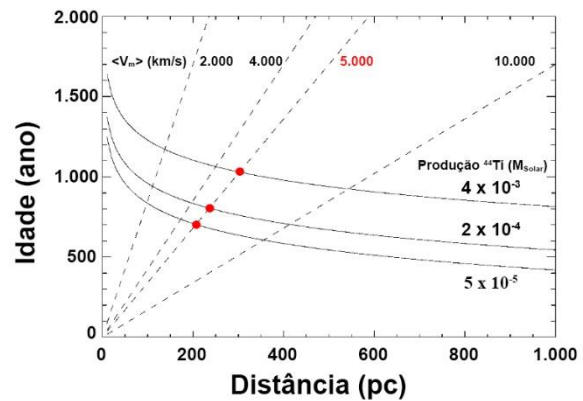
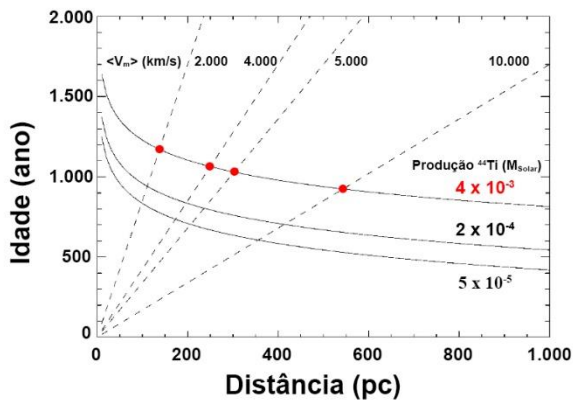


A afirmação “Para uma mesma velocidade média de expansão, quanto maior foi a produção de ^{44}Ti , mais jovem é o remanescente de supernova.” é FALSA, pois conforme a produção de ^{44}Ti aumenta, os pontos de interseção das curvas se deslocam no sentido do crescimento da idade.

A afirmação “Para uma mesma velocidade média de expansão, quanto maior foi a produção de ^{44}Ti , mais próximo estará o remanescente de supernova.” é FALSA, pois conforme a produção de ^{44}Ti aumenta, os pontos de interseção das curvas se deslocam no sentido do crescimento da distância.

A afirmação “Para uma mesma produção de ^{44}Ti , quanto maior a velocidade de expansão, mais distante de nós está o remanescente de supernova.” é VERDADEIRA, pois conforme a velocidade média ficam mais alta, os pontos de interseção das curvas se deslocam no sentido do crescimento da distância.

A afirmação “Para uma mesma produção de ^{44}Ti , quanto maior a velocidade de expansão, mais jovem é o remanescente de supernova.” é VERDADEIRA, pois conforme a velocidade média ficam mais alta, os pontos de interseção das curvas se deslocam no sentido da diminuição da idade.



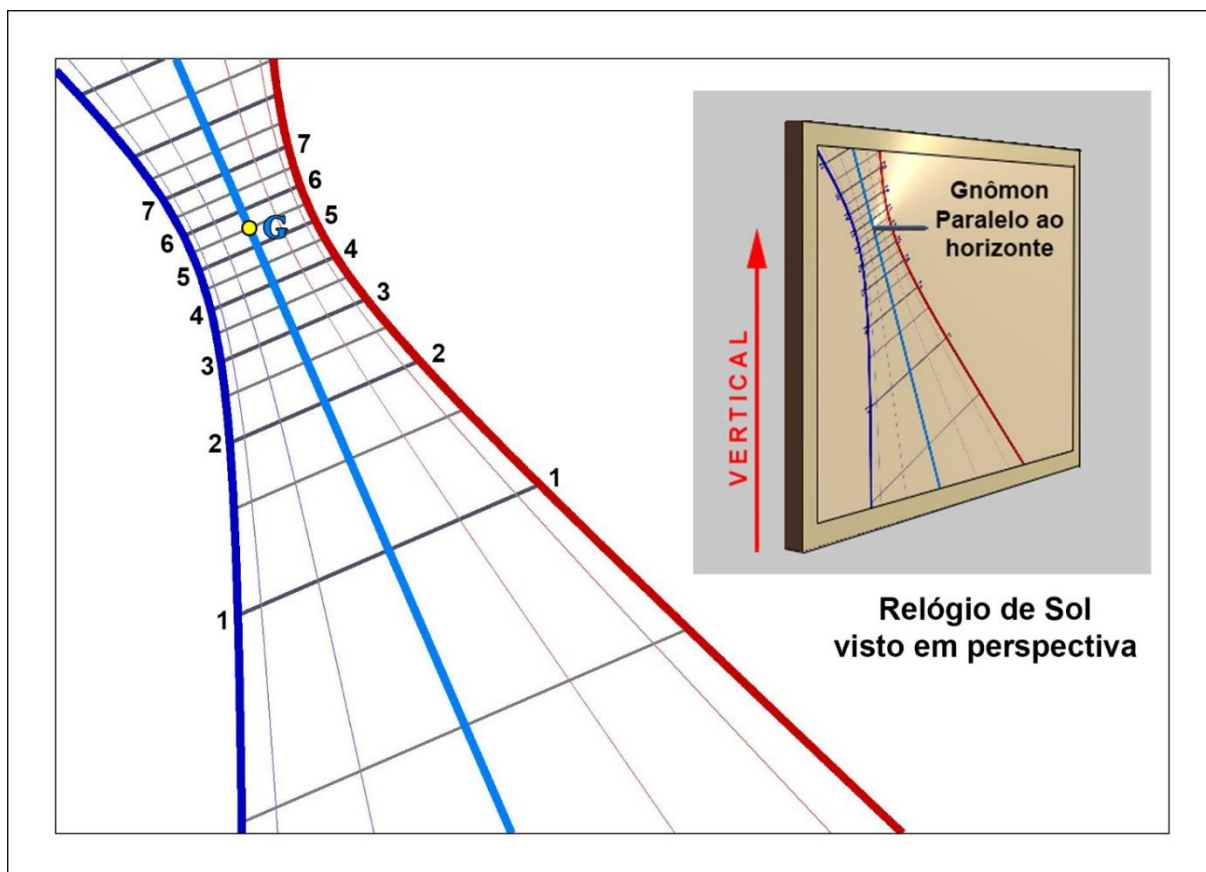
GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

4) A imagem a seguir traz o mostrador de um relógio de Sol Vertical. O círculo amarelo indica a posição do Gnômon (também marcado pela letra **G**), que neste modelo é posicionado paralelamente ao horizonte.

A figura menor traz o relógio visto em perspectiva para melhor compreensão da sua geometria.

As curvas em azul e em vermelho marcam o limite máximo do comprimento da sombra do Gnômon nos Solstícios de Verão e de Inverno, respectivamente.



Sobre este relógio de Sol, considere as afirmações a seguir e assinale a opção correta.

- I - Seu mostrador deve ser montado de frente para o Ponto Cardeal Oeste.
- II - Seu mostrador deve ser montado de frente para o Ponto Cardeal Leste.
- III - Ele foi projetado para o Hemisfério Sul.
- IV - Ele foi projetado para o Hemisfério Norte.
- V - Ele foi projetado para marcar o Tempo Solar Verdadeiro.
- VI - A correção da Equação do Tempo foi incluída no projeto.
- VII - A Correção de Longitude foi incluída no projeto.

- a) As afirmações I, III e VII estão corretas
- b) As afirmações II, III e V estão corretas
- c) As afirmações I, IV e VII estão corretas
- d) As afirmações II, IV e VI estão corretas
- e) As afirmações I, V e VI estão corretas

GABARITO COMENTADO

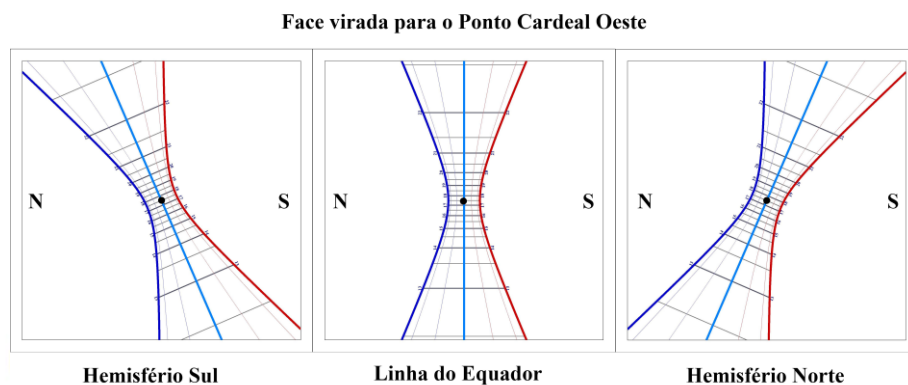
Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

Resposta: a) As afirmações I, III e VII estão corretas

A afirmação “Seu mostrador deve ser montado de frente para o Ponto Cardeal Oeste.” é VERDADEIRA, pois a sombra do Gnômon diminui conforme o tempo avança, portanto, a altura do Sol diminui com o avanço do tempo. O Gnômon está posicionado sobre a linha dos Equinócios (linha reta central) e se no dia do Equinócio, no pôr do Sol o Gnômon não tem sombra, então o Gnômon está apontando diretamente para o Ponto Cardeal Oeste.

A afirmação “Seu mostrador deve ser montado de frente para o Ponto Cardeal Leste.” é FALSA, pois as horas avançam no sentido da diminuição do comprimento da sombra do Gnômon. Se o mostrador estivesse virado de frente para o Leste, as horas avançariam no sentido do aumento do comprimento da sombra do Gnômon, pois a altura do Sol aumentaria com o avanço do tempo.

A afirmação “Ele foi projetado para o Hemisfério Sul.” é VERDADEIRA, pois vemos que a inclinação da linha dos Equinócios (linha reta central) indica que o polo elevado é o Polo Sul. A seguir vemos a geometria para os dois hemisférios e para a Linha do Equador.



A afirmação “Ele foi projetado para o Hemisfério Norte.” é FALSA, pois neste caso a inclinação da linha dos Equinócios (linha reta central) seria invertida horizontalmente, conforme a figura acima.

A afirmação “Ele foi projetado para marcar o Tempo Solar Verdadeiro.” é FALSA, pois vemos que no pôr do Sol (comprimento de sombra mínimo do Gnômon) o relógio marca 5h30 da tarde (17h30). Portanto ele foi projetado para marcar o Tempo Solar Médio. Neste caso, projetado para a longitude de $37,5^\circ$ O, onde o pôr do Sol acontece meia hora antes de acontecer no centro do meridiano (45° O).

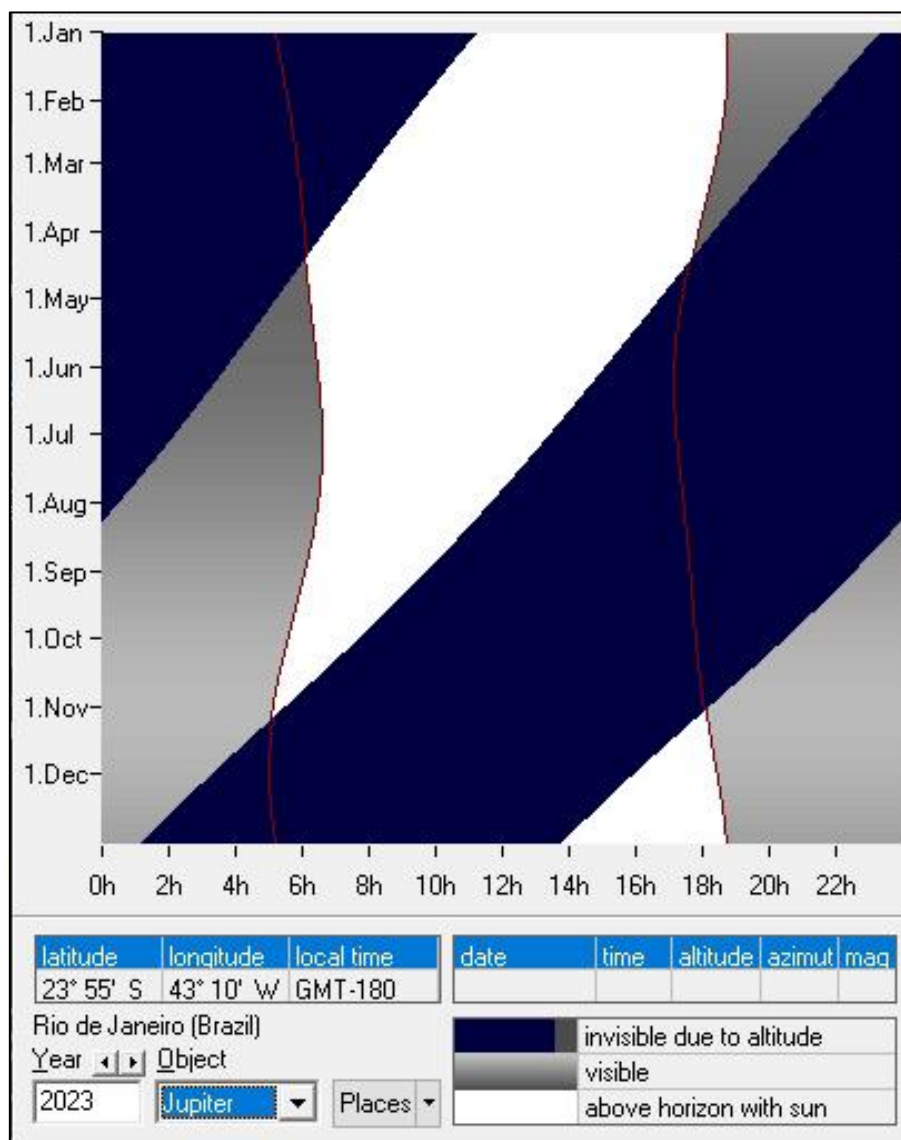
A afirmação “A correção da Equação do Tempo foi incluída no projeto.” é FALSA, pois a Equação do Tempo é a diferença entre o Tempo Solar Verdadeiro e o Tempo Solar Médio. Esta diferença varia ao longo do ano, podendo ser positiva, quando o sol está “adiantado” em relação ao sol médio ou negativa, quando o Sol está “atrasado” em relação ao sol médio.

A afirmação “A Correção de Longitude foi incluída no projeto.” é VERDADEIRA, pois vemos que o pôr do Sol (comprimento de sombra mínimo do Gnômon) acontece às 17h30. Sem a correção de longitude o relógio marcaria 18h para o pôr do Sol.

GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

5) O gráfico abaixo traz a visibilidade diária (eixo das abscissas) do planeta Júpiter ao longo do ano de 2023 (eixo das ordenadas), para a cidade do Rio de Janeiro.



No gráfico, o tom mais escuro significa que o planeta está abaixo do horizonte, o tom cinza significa que o planeta está visível e o branco significa que o planeta está acima do horizonte juntamente com o Sol.

Agora que você já sabe como ler as informações no gráfico, marque **V** (Verdadeiro) ou **F** (Falso) na frente de cada afirmação.

- (F) Júpiter só poderá ser visto às 20h nos meses finais do ano.
- (V) Júpiter será visível no início e no final dos dias de dezembro.
- (V) Júpiter estará no céu ao meio-dia por todo o primeiro semestre de 2023.
- (F) Durante todo o mês de fevereiro, Júpiter estará próximo do horizonte leste quando o Sol se pôr.
- (F) Durante todo o mês de outubro, Júpiter estará próximo do horizonte leste quando o Sol nascer.

GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

Resposta:

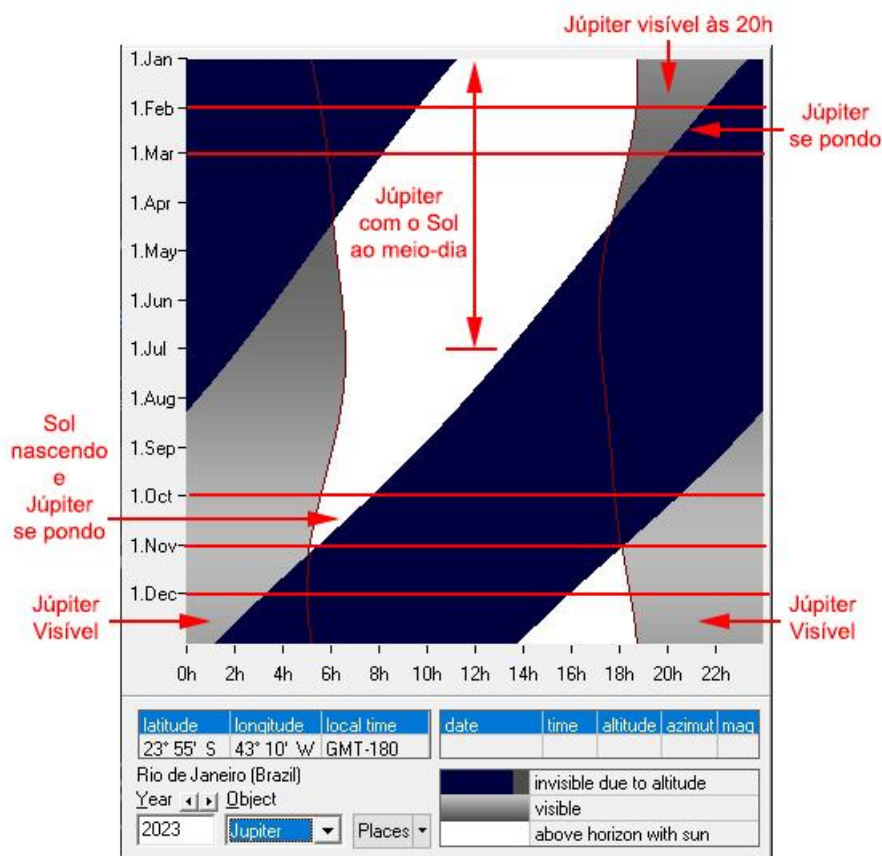
A afirmação “Júpiter só poderá ser visto às 20h nos meses finais do ano.” é FALSA, pois vemos no gráfico que nos meses de janeiro e fevereiro, Júpiter também poderá ser visto às 20h.

A afirmação “Júpiter será visível no início e no final dos dias de dezembro.” é VERDADEIRA, pois vemos no gráfico que quando o dia começa (0h) Júpiter ainda estará acima do horizonte e desde o pôr do Sol até o dia terminar (24h) Júpiter estará acima do horizonte.

A afirmação “Júpiter estará no céu ao meio-dia por todo o primeiro semestre de 2023.” é VERDADEIRA, pois vemos que de janeiro ao fim de junho, Júpiter estará no céu juntamente com o Sol ao meio-dia.

A afirmação “Durante todo o mês de fevereiro, Júpiter estará próximo do horizonte leste quando o Sol se pôr.” é FALSA, pois vemos no gráfico que pouco depois do Sol se pôr, Júpiter irá se pôr, também, portanto ele estará no horizonte oeste.

A afirmação “Durante todo o mês de outubro, Júpiter estará próximo do horizonte leste quando o Sol nascer.” é FALSA, pois vemos no gráfico que logo depois do Sol nascer, Júpiter irá se pôr, portanto ele estará no horizonte oeste.



GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

6) Em 2020, Reinhard Genzel e Andrea Ghez ganharam o Prêmio Nobel de Física por terem demonstrado a existência de um buraco negro supermassivo no centro da Via Láctea. O problema a seguir propõe, de forma bastante simplificada, o método que eles utilizaram.

Ghez e Genzel observaram uma estrela, com órbita circular, ao redor do centro de nossa galáxia. O deslocamento Doppler das linhas espectrais mostrou que o módulo da velocidade orbital (corrigido pela inclinação da órbita em relação à linha de visada) era constante e com o valor de $V = 1.783 \text{ km/s}$, com período orbital de $P = 20,2 \text{ anos}$.

Assinale a opção que traz a massa aproximada deste buraco negro, em termos de massas solares (M_{Sol}).

Dados: Massa do Sol $M_{\text{Sol}} = 2,0 \times 10^{30} \text{ kg}$; Constante Gravitacional Universal $G = 6,7 \times 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg}\cdot\text{s}^2$;
 $1 \text{ ano} \approx 3,1 \times 10^7 \text{ s}$.

- a) $4,0 \times 10^6$
- b) $4,3 \times 10^6$
- c) $4,6 \times 10^6$
- d) $4,9 \times 10^6$
- e) $5,2 \times 10^6$

Resposta: b) $4,3 \times 10^6$

Como a órbita é circular, a velocidade tangencial V é constante e podemos achar o raio orbital R através da seguinte relação:

$$2\pi R = VP \Leftrightarrow R = \frac{VP}{2\pi}$$

Substituindo-se os valores:

$$R = \frac{1.783 \times 10^3 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 20,2 \text{ anos} \times 3,1 \times 10^7 \frac{\text{s}}{\text{ano}}}{2\pi} \rightarrow R \cong 1,8 \times 10^{14} \text{ m}$$

A módulo da velocidade orbital da estrela em torno do buraco negro será dado por:

$$V = \sqrt{\frac{GM}{R}}$$

Isolando M e substituindo-se os valores, temos:

$$M = \frac{V^2 R}{G} \rightarrow M = \frac{(1.783 \times 10^3)^2 \times 1,8 \times 10^{14}}{6,7 \times 10^{-11}} \rightarrow M \cong 8,5 \times 10^{36} \text{ kg}$$

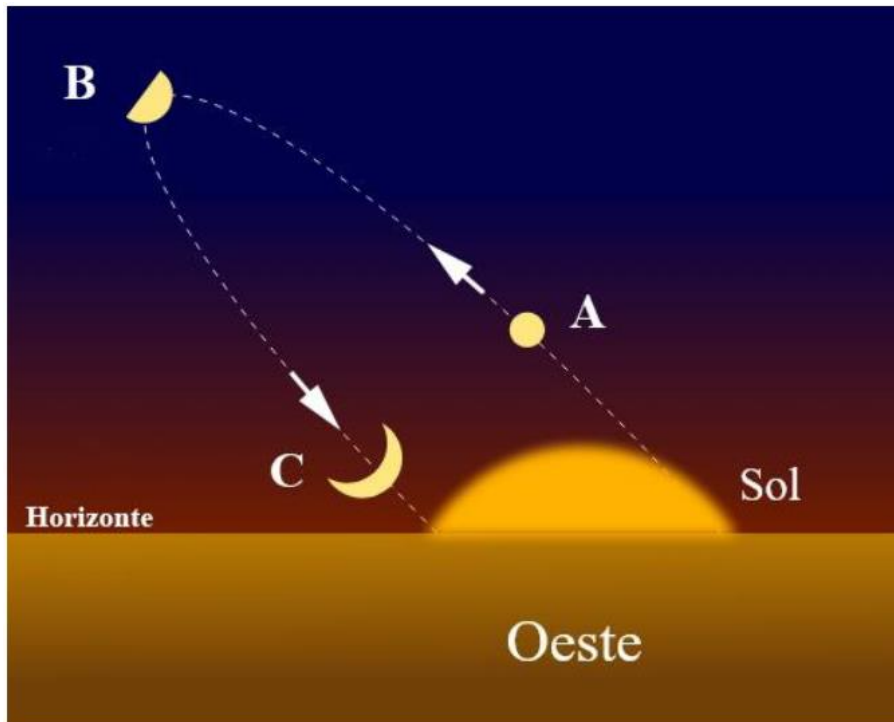
Em termos de massas solares a massa do buraco negro vale:

$$M = \frac{8,5 \times 10^{36}}{2,0 \times 10^{30}} \rightarrow M \cong 4,3 \times 10^6 M_{\text{Sol}}$$

GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

7) A imagem a seguir mostra um esquema do Planeta Vênus em três datas distintas (A, B e C) ao longo de sua órbita.



Analizando a figura, marque **V** (Verdadeiro) ou **F** (Falso) na frente de cada afirmação.

- (**V**) De **B** até **C** o planeta Vênus está em sua fase minguante.
- (**F**) De **A** para **B** Vênus está em Movimento Retrógrado.
- (**F**) Em **B** o planeta Vênus está em Conjunção Superior.
- (**V**) Em **B** o planeta Vênus está em Máxima Elongação Leste.
- (**V**) De **A** até **C** o planeta Vênus também é conhecido por 'estrela vespertina'.

Resposta:

A afirmação "De **B** até **C** o planeta Vênus está em sua fase minguante." é VERDADEIRA, pois vemos que de **B** até **C** vemos cada vez menos do hemisfério iluminado de Vênus.

A afirmação "De **A** para **B** Vênus está em Movimento Retrógrado." é FALSA, pois de **A** para **B** Vênus está indo de Oeste para Leste, como a Lua. Este movimento é denominado movimento direto. O movimento retrógrado, de Leste para Oeste, acontece entre **B** e **C**.

A afirmação "Em **B** o planeta Vênus está em Conjunção Superior." é FALSA, pois Vênus não está "atrás" do Sol em relação à posição da Terra.

A afirmação "Em **B** o planeta Vênus está em Máxima Elongação Leste." é VERDADEIRA, pois em **B** Vênus está o mais afastado possível do Sol e está a Leste do Sol.

A afirmação "De **A** até **C** o planeta Vênus também é conhecido por 'estrela vespertina'." é VERDADEIRA, pois como Vênus está a Leste do Sol, ele nasce depois do Sol e se põe depois, também. Portanto, visível ao cair da tarde.

GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

8) A imagem a seguir mostra o trânsito da Estação Espacial Internacional (ISS) pelo disco da Lua. A foto foi tirada pelo astrofotógrafo Mike Seeley, na Flórida, EUA, no dia 11 de maio de 2022.



Foto: Mike Seeley

Considere que neste dia o diâmetro aparente da Lua (D_{Lua}) era de $0^{\circ}31'42''$, que a ISS se encontrava a uma altura de $h = 418,0 \text{ km}$, viajando à velocidade de $v = 28.163,0 \text{ km/h}$.

Considerando, também, que a ISS transitou diametralmente pela Lua, marque a opção que traz a duração aproximada do trânsito.

- a) 0,3 s
- b) 0,5 s
- c) 0,7 s
- d) 0,9 s
- e) 1,1 s

Resposta: b) 0,5 s

O tempo de trânsito será o tempo que a ISS precisa para cobrir o diâmetro aparente do Lua a 418,0 km de altura, viajando a 28.163,0 km/h. Podemos ver o esquema do trânsito na figura, fora de escala.

O diâmetro aparente do Lua em radianos era:

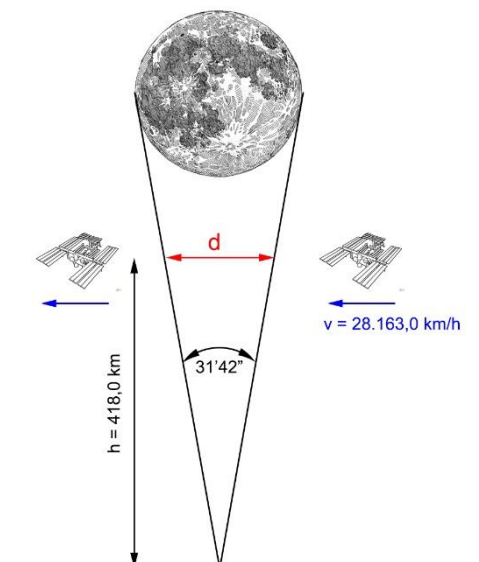
$$D_{\text{Lua}} = \frac{\pi \times 31,7'}{180^{\circ} \times 60'} \cong 9,2 \times 10^{-3} \text{ rad}$$

A distância d percorrida pela ISS foi:

$$d = h \times D_{\text{Lua}} = 418,0 \text{ km} \times 9,2 \times 10^{-3} \text{ rad} \cong 3,8 \text{ km}$$

A velocidade v da ISS, em km/s, era:

$$v = \frac{28.163,0 \text{ km/h}}{3.600 \text{ s/h}} \cong 7,8 \text{ km/s}$$



GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

O tempo que a ISS demorou para percorrer 3,8 km foi:

$$t = \frac{d}{v} = \frac{3,8 \text{ km}}{7,8 \text{ km/s}} \rightarrow t \cong 0,5 \text{ s}$$

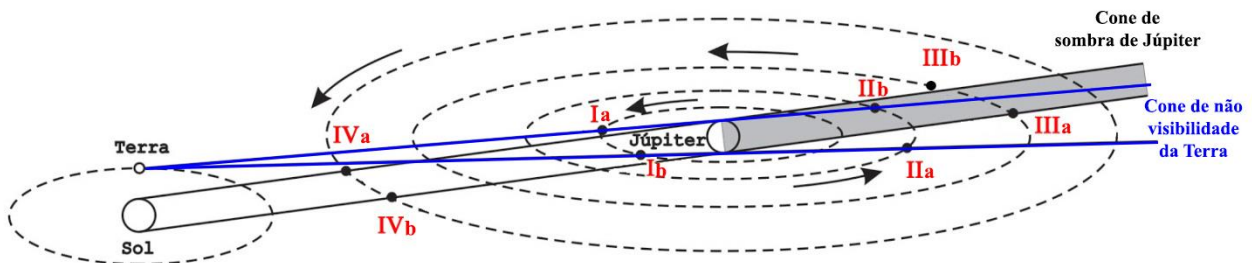
9) A figura a seguir traz o esquema das configurações (fora de escala) dos fenômenos dos satélites galileanos, do ponto de vista da Terra (fenômenos geocêntricos).

Para os satélites temos a seguinte numeração, em função da distância ao planeta:

- I – Io
- II – Europa
- III – Ganimedes
- IV – Calisto

Os fenômenos podem ser:

- o **Eclipse do satélite** pela sombra do disco de Júpiter (o satélite desaparece na sombra ou reaparece, saindo da sombra).
- o **Trânsito da sombra** do satélite pelo disco de Júpiter (a sombra do satélite imerge ou entra no disco de Júpiter ou a sombra emerge ou sai do disco de Júpiter).
- o **Trânsito do satélite** pelo disco de Júpiter (o satélite imerge ou entra no disco de Júpiter ou a satélite emerge ou sai do disco de Júpiter).
- a **Ocultação do satélite** pelo disco de Júpiter (O satélite desaparece atrás do disco de Júpiter ou reaparece de trás do disco de Júpiter).



Assinale a opção que identifica corretamente os fenômenos geocêntricos dos quatro satélites de Júpiter que estão acontecendo na figura (da posição **a** até a posição **b**).

- a) Eclipse de Io (reaparecimento), Trânsito da sombra de Europa (imersão), Ocultação de Ganimedes (reaparecimento), Trânsito de Calisto (emersão);
- b) Trânsito de Io, Eclipse de Europa (desaparecimento), Ocultação de Ganimedes, (desaparecimento) e Trânsito da sombra de Calisto;
- c) Trânsito da sombra de Io, Ocultação de Europa (desaparecimento), Eclipse de Ganimedes (reaparecimento) e Trânsito de Calisto;
- d) Eclipse de Io, Trânsito de Europa (imersão), Trânsito da sombra de Ganimedes (emersão) e Eclipse de Calisto;
- e) Trânsito de Io, Ocultação de Europa (desaparecimento), Eclipse de Ganimedes (reaparecimento) e Trânsito da sombra de Calisto.

GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

Resposta: e) Trânsito de Io, Ocultação de Europa (desaparecimento), Eclipse de Ganimedes (reaparecimento) e Trânsito da sombra de Calisto.

- De **Ia** até **Ib**, Io está passando na frente do disco de Júpiter, ou seja, Io está transitando;
- De **Ila** até **Ilb**, Europa está entrando atrás do disco de Júpiter (posição **Ila**), ou seja, sendo ocultado por Júpiter. Na posição **Ilb**, Europa ainda está na sombra de Júpiter;
- De **IIla** até **IIlb**, Ganimedes está saindo da sombra de Júpiter (posição **IIlb**). Não vemos a lua entrar na posição **IIla**, pois ela está atrás do disco do planeta;
- De **IVa** até **IVb**, Calisto está projetando sua sombra no disco de Júpiter, portanto sua sombra está transitando.

10) O gráfico a seguir representa as coordenadas Ascensão Reta e Declinação do Sol, com o Sol em uma determinada época do ano.



Assinale a opção que traz o período aproximado do ano mostrado no gráfico.

- a) De 21 de março a 21 de junho
- b) De 21 de março a 21 de setembro
- c) De 21 de junho a 21 de setembro
- d) De 21 de setembro a 21 de dezembro
- e) De 21 de dezembro a 21 de março

Resposta: d) De 21 de setembro a 21 de dezembro

Vemos no gráfico que o Sol se encontra entre o Equinócio da Primavera e o Solstício de Verão, para o Hemisfério Sul e, portanto, o período aproximado é de 21 de setembro a 21 de dezembro.

GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

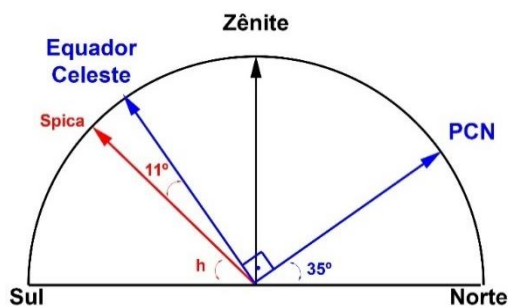


11) A estrela Spica (α Virginis) é uma estrela binária e a mais brilhante da constelação de Virgem. A estrela faz parte da lista das 20 estrelas mais brilhantes do céu noturno. Spica tem declinação de cerca de $\delta = 11^\circ \text{ S}$.

Assinale a opção que traz (1) qual é altura máxima h que Spica pode atingir para um observador localizado na latitude geográfica $\phi = 35^\circ \text{ N}$ e (2) em qual latitude mínima ϕ_{min} um observador do Hemisfério Norte precisa estar para não ver Spica acima do horizonte.

- a) 11° e 35° N
- b) 11° e 35° S
- c) 44° e 79° S
- d) 44° e 79° N
- e) 55° e 68° N

Resposta: d) 44° e 79° N

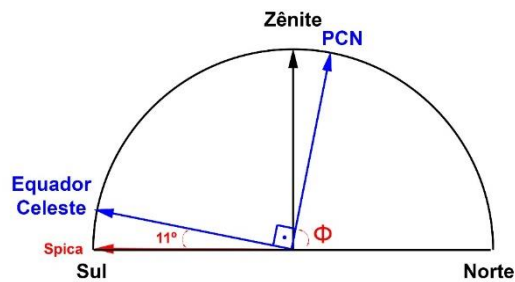


Pelo esquema acima, vemos que a altura h de Spica pode ser calculada como:

$$h = 180^\circ - (35^\circ + 90^\circ + 11^\circ) = 44^\circ$$

GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica



Vemos pelo esquema seguinte que a latitude geográfica mínima é aquela para qual Spica está no horizonte do observador. Acima desta latitude Spica estará sempre abaixo do horizonte para o observador.

$$\phi_{min} = 180^\circ - (11^\circ + 90^\circ) = 79^\circ N$$

12) C/2021 A1 (Leonard) ou Cometa Leonard é um cometa, descoberto por Gregory J. Leonard, do Observatório do Monte Lemmon, em 3 de janeiro de 2021 (um ano antes do periélio) quando o cometa estava a 5 UA (750 milhões de km) do Sol. Foi o primeiro cometa descoberto em 2021 e tem uma órbita retrógrada de 80.000 anos.

A figura a seguir traz uma Carta Celeste mostrando a trajetória do Cometa Leonard, de 30 de novembro a 10 de dezembro de 2021.



Fonte: Sky and Telescope (adaptado).

Baseado nesta Carta Celeste e nos seus conhecimentos, marque **V** (Verdadeiro) ou **F** (Falso) na frente de cada afirmação.

GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

- (V) De 30 de novembro a 10 de dezembro o cometa se deslocou para o Leste.
- (F) Entre 3 e 4 de dezembro o cometa passou atrás de M3.
- (F) Neste período o cometa passou ao sul de Arcturus.
- (F) Em menos de quatro dias o cometa atravessou a Constelação do Boieiro.
- (F) De 30 de novembro a 10 de dezembro o Ângulo Horário do cometa aumentou.

Resposta:

A afirmação “De 30 de novembro a 10 de dezembro o Cometa se deslocou para o Leste.” é VERDADEIRA, pois a ascensão reta varia entre 0h e 24h e aumenta para Leste. Vemos na Carta Celeste que a ascensão reta aumenta da direita para a esquerda, no mesmo sentido da trajetória do cometa.

A afirmação “Entre 3 e 4 de dezembro o cometa passou atrás de M3.” é FALSA, pois M3 (Messier 3) é um objeto de fora do Sistema Solar e, portanto o cometa passou na frente de M3.

A afirmação “Neste período o cometa passou ao sul de Arcturus.” é FALSA, pois quando o cometa cruzou a Constelação do Boieiro, sua declinação era superior à declinação de Arcturus, portanto ao norte da estrela.

A afirmação “Em menos de quatro dias o cometa atravessou a Constelação do Boieiro.” é FALSA, pois podemos contar na Carta Celeste que o cometa demorou mais de 4 dias para atravessar a constelação.

A afirmação “De 30 de novembro a 10 de dezembro o Ângulo Horário do cometa aumentou.” é FALSA, pois quem aumentou foi a ascensão reta do cometa. O ângulo horário é medido sobre o equador, com origem no meridiano local e extremidade no meridiano do astro e varia entre -12h e +12h.

13) Um telescópio amador tem uma lente objetiva de diâmetro $D = 9$ cm e uma razão focal de $f/13$. Uma observação visual é realizada usando uma ocular com uma distância focal $f = 39$ mm e um campo de $FoV = 100^\circ$.

Assinale a opção que traz (1) a ampliação da imagem obtida e (2) o campo visual aproximado do telescópio com esta ocular.

- a) 3 e $3,3^\circ$
- b) 3 e 33°
- c) 13 e 100°
- d) 30 e $3,3^\circ$
- e) 30 e 100°

Resposta: d) 30 e $3,3^\circ$

A ampliação (ou aumento) é a relação entre o tamanho de um objeto observado a olho nu e o seu tamanho quando visto pelo telescópio. O telescópio aumenta o diâmetro angular dos objetos observados dando a impressão que estão mais próximos de nós.

Para calcular a ampliação de um telescópio usamos uma fórmula muito simples: $A = F / f$

Onde: A = ampliação

GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

F = distância focal da objetiva do telescópio

f = distância focal da ocular

Como a razão focal do telescópio é $f/13$, a distância focal F do telescópio é dada pela relação:

$$F = 13 \times D = 13 \times 9 \text{ cm} = 117 \text{ cm} = 1170 \text{ mm}$$

Sendo assim, a ampliação do telescópio será:

$$A = \frac{F}{f} = \frac{1170 \text{ mm}}{39 \text{ mm}} = 30$$

O campo visual representa a área aparente do céu que vemos pelo telescópio. Esta propriedade varia de acordo com o aumento e o tipo de ocular utilizada. Quanto menor o aumento do telescópio maior será o campo visual e essa característica é indispensável nas observações de objetos mais extensos, como cometas, nebulosas, galáxias e aglomerados estelares. O tipo de ocular utilizada também provoca alterações nesta característica e as oculares de ópticas mais complexas são as que oferecem um campo maior.

O campo visual pode ser obtido com a fórmula: $C = FoV / A$

Onde: C = campo visual

FoV = campo da ocular

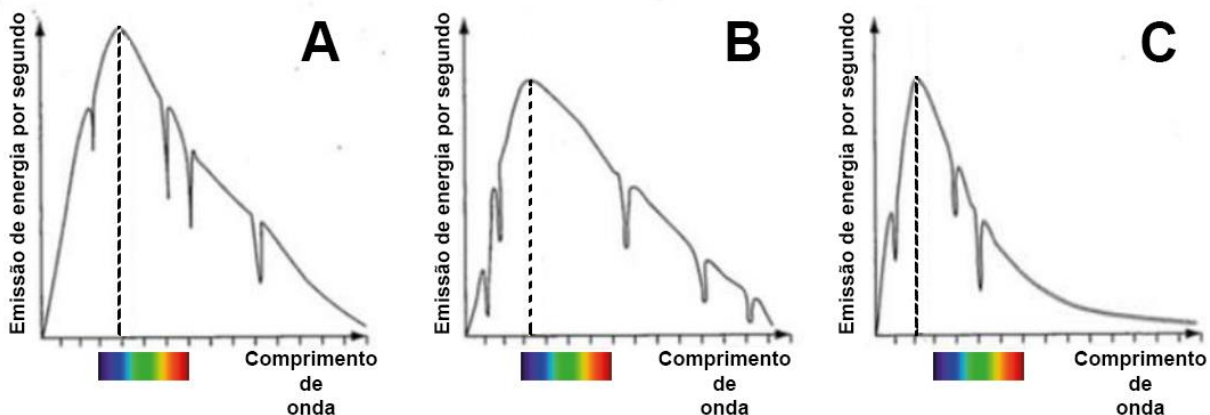
A = ampliação

Substituindo-se os valores:

$$C = \frac{FoV}{A} = \frac{100^\circ}{30} \cong 3,3^\circ$$

14) Os gráficos a seguir ilustram o espectro da emissão de energia *versus* o comprimento de onda de três estrelas A, B e C. A linha tracejada indica o comprimento de onda do pico de cada emissão. A região do visível está assinalada em cada gráfico.

Em cada espectro é possível perceber linhas de absorção. Elas são geradas na atmosfera fina logo acima da fotosfera estelar e sua presença depende dos elementos ali presentes e da temperatura da estrela.



Assinale a opção que traz a relação entre a temperatura efetiva destas estrelas.

a) $T_A > T_B > T_C$

b) $T_A = T_B = T_C$

GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

c) $T_A > T_B = T_C$

d) $T_B = T_C > T_A$

e) $T_C > T_B > T_A$

Resposta: e) $T_C > T_B > T_A$

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.

A radiação de Corpo Negro é uma aproximação para o espectro contínuo emitido pelas estrelas.

Nos gráficos vemos que a estrela C tem seu pico de emissão no ultravioleta, a estrela B tem seu pico de emissão no violeta e a estrela A tem seu pico de emissão mais próximo do azul. Portanto, $T_A < T_B < T_C$.

15) O espectro de uma galáxia mostra uma linha de H-alfa com um comprimento de onda de $\lambda = 720$ nanômetros. Medido em laboratório o comprimento de onda da linha H-alfa vale $\lambda_{\text{lab}} = 656,28$ nanômetros.

A respeito disso, assinale a opção que traz a afirmação correta sobre esta galáxia.

a) Ela é uma galáxia espiral.

b) Ela está formando estrelas.

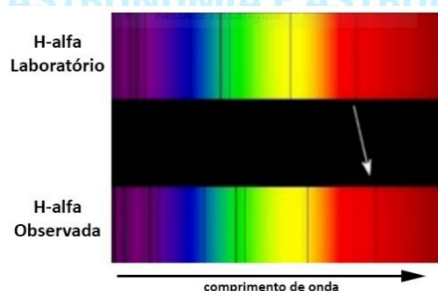
c) Ela está se afastando de nós.

d) Ela está se aproximando de nós.

e) Ela está colidindo com outra galáxia.

Resposta: c) Ela está se afastando de nós.

Por efeito Doppler, o comprimento de onda observado é maior do que o comprimento de onda em repouso. Ou seja, a linha se deslocou para o vermelho (*redshift*). Portanto esta galáxia está se afastando de nós.



GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

16) A Lei de Stefan-Boltzmann relaciona a temperatura efetiva (T_{ef}) e o raio fotosférico (R) de uma estrela com sua luminosidade intrínseca (L) através da fórmula:

$$L = 4\pi R^2 \sigma T_{ef}^4, \text{ onde } \sigma \text{ é a constante de Stefan-Boltzmann e vale } 5,8 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$$

Assinale a opção que traz a ordem de grandeza (10^n) da luminosidade, em termos de luminosidade do Sol (L_{Sol}), de uma estrela do tipo espectral O, cuja temperatura efetiva é de 29.000 K e raio 9,5 vezes o raio do Sol. Considere a temperatura efetiva do Sol = 5.800 K

a) $10^2 L_{Sol}$

b) $10^3 L_{Sol}$

c) $10^4 L_{Sol}$

d) $10^5 L_{Sol}$

e) $10^6 L_{Sol}$

Resposta: d) $10^5 L_{Sol}$

$$\frac{L_*}{L_{Sol}} = \frac{4\pi R_*^2 \sigma T_*^4}{4\pi R_{Sol}^2 \sigma T_{Sol}^4} = \left(\frac{R_*}{R_{Sol}}\right)^2 \left(\frac{T_*}{T_{Sol}}\right)^4 = (9,5)^2 \left(\frac{29.000}{5.800}\right)^4 = 5,6 \times 10^4 \rightarrow L_* = 10^5 L_{Sol}$$

Ordem de grandeza de um número é a sua potência de 10 mais próxima, uma estimativa que fornece a ideia do tamanho de sua medida. O método para determinar a ordem de grandeza de um número é tomar como parâmetro o valor da raiz quadrada de 10, que é, aproximadamente, 3,162. Para isso, o número deve ser expresso em notação científica. Quando o valor numérico que vem antes da potência de 10 é menor que 3,162 a ordem de grandeza é a própria potência de 10. Quando é maior que 3,162 a ordem de grandeza é a potência de 10 somando +1 ao expoente.

OLIMPÍADA BRASILEIRA DE
ASTRONOMIA E ASTRONÁUTICA

GABARITO COMENTADO

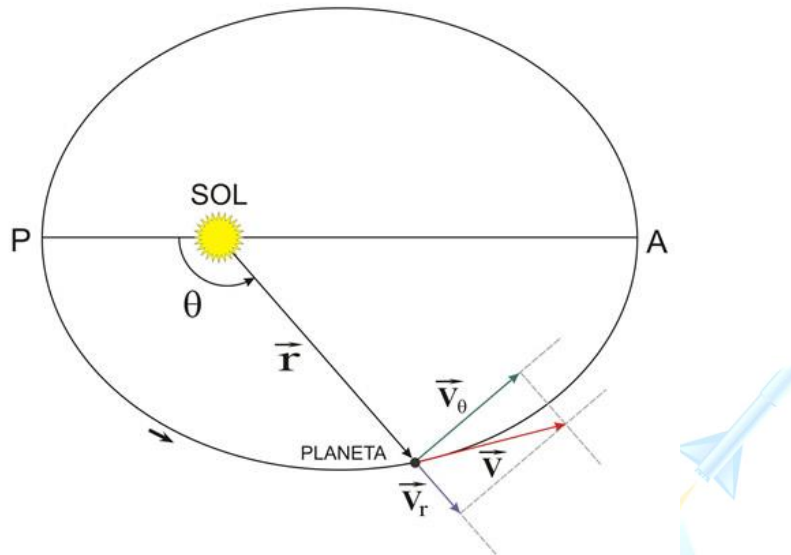
Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

17) A órbita elíptica de um astro (massa m) ao redor do Sol (massa M) pode ser definida por sua excentricidade e e seu semi-eixo maior a . Com estes valores podemos calcular a distância r do astro ao Sol e o módulo da sua velocidade orbital V , através das seguintes fórmulas:

$$r = \frac{a(1-e^2)}{(1+e \cos \theta)} \quad \text{e} \quad V^2 = G(M+m) \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right)$$

Onde θ é chamado de anomalia verdadeira.

A figura a seguir, fora de escala, mostra a geometria do problema.



Assinale a opção que traz a razão entre a velocidade orbital no periélio e no afélio ($\frac{V_p}{V_a}$) de um cometa cuja órbita tem semi-eixo $a = 18,0$ UA e excentricidade $e = 0,8$.

- a) 4,0
- b) 9,0
- c) 11,0
- d) 18,0
- e) 22,5

Resposta: b) 9,0

Primeiramente vamos encontrar a distância do cometa no periélio (r_p) e no afélio (r_a):

Para o periélio, temos $\theta = 0^\circ$. Então,

$$r_p = \frac{a(1-e^2)}{1+e} = a(1-e)$$

Para o afélio, temos $\theta = 180^\circ$. Então,

$$r_a = \frac{a(1-e^2)}{1-e} = a(1+e)$$

Agora, substituindo na fórmula do módulo da velocidade orbital, teremos:

$$V_p^2 = G(M+m) \left(\frac{2}{a(1-e)} - \frac{1}{a} \right) = G(M+m) \frac{1+e}{a(1-e)}$$

GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

$$V_a^2 = G(M + m) \left(\frac{2}{a(1+e)} - \frac{1}{a} \right) = G(M + m) \frac{1-e}{a(1+e)}$$

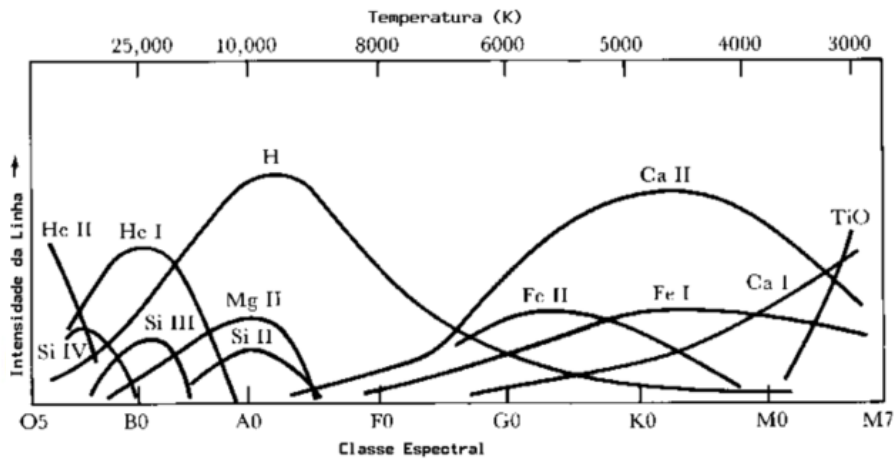
A razão $\frac{V_p}{V_a}$ será então:

$$\frac{V_p^2}{V_a^2} = \left(\frac{V_p}{V_a} \right)^2 = \frac{G(M + m) \frac{1+e}{a(1-e)}}{G(M + m) \frac{1-e}{a(1+e)}} = \left(\frac{1+e}{1-e} \right)^2 \rightarrow \frac{V_p}{V_a} = \frac{1+e}{1-e}$$

Substituindo-se o valor de e :

$$\frac{V_p}{V_a} = \frac{1 + 0,8}{1 - 0,8} = \frac{1,8}{0,2} = 9,0$$

18) O gráfico a seguir traz a intensidade relativa de algumas linhas espectrais em função da temperatura ou da classe espectral das estrelas.



Nos espectros das estrelas do tipo M também se observam linhas (ou bandas) correspondentes a moléculas. Assinale a opção que explica este fenômeno.

- a) As estrelas do tipo M são gigantes vermelhas.
- b) Suas altas temperaturas facilitam a formação de moléculas.
- c) A temperatura não é alta o suficiente para dissociar a maioria das moléculas.
- d) Estas estrelas possuem um raio muito pequeno, o que facilita a formação de moléculas.
- e) As estrelas do tipo M estão fora da Sequência Principal e, portanto, não mais estáveis.

Resposta: c) A temperatura não é alta o suficiente para dissociar a maioria das moléculas.

As estrelas do tipo M, com temperatura superficial entre 4000 K e 3000 K podem tanto ser anãs (como Próxima Centaur1) quanto gigantes (como Betelgeuse).

As altas temperaturas promovem a dissociação das moléculas.

O raio da estrela nada tem a ver com a formação de moléculas.

Temos estrelas do tipo M dentro e fora da Sequência Principal.

GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

19) Um astrônomo amador, fabricante de telescópios, projetou a construção do seu próximo instrumento refletor altazimutal. No entanto, ele não ficou satisfeito com o poder de separação teórico que seu telescópio teria, pois ele está interessado na observação de estrelas duplas.

Assinale a opção que traz uma solução do projeto para o fabricante aumentar o poder de separação (a resolução) do telescópio.

- a) Trocar o telescópio de refletor para refrator.
- b) Aumentar o diâmetro do seu espelho primário.
- c) Trocar a montagem de altazimutal para equatorial.
- d) Observar objetos utilizando comprimentos de onda maiores.
- e) Observar objetos utilizando oculares de distâncias focais pequenas.

Resposta: b) Aumentar o diâmetro do seu espelho primário.

O poder de separação (ou poder separador ou resolução) de um telescópio é a propriedade que um telescópio possui de isolar e tornar visíveis detalhes muito pequenos. Esta característica não depende da ampliação e sim do diâmetro da objetiva (ou espelho primário) do instrumento. Quanto maior o diâmetro da área de captação da luz maior será o poder de resolução. Esta é uma característica muito importante, pois é ela que garante a observação de detalhes em superfícies de planetas e a separação de estrelas duplas.

Pelo Critério de Rayleigh, o poder de separação pode ser obtido pela fórmula:

$$\theta = 1,22 \frac{\lambda}{D}$$

Onde: θ = é a menor separação angular, em radianos, entre dois pontos visíveis no céu

λ = é o comprimento de onda da observação

D = diâmetro da objetiva (ou espelho primário) do telescópio

Desta fórmula, vemos que para um mesmo comprimento de onda, quanto maior o diâmetro da objetiva (ou do espelho primário), menor será a separação angular e, portanto, maior será o poder de separação do telescópio.

$$\theta \downarrow = 1,22 \frac{\lambda}{D \uparrow}$$

GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

20) Duas estrelas **A** e **B** têm uma paralaxe estelar **p** de 0,1" e 0,005" (segundos de arco), respectivamente.

Assinale a opção que traz a relação entre suas distâncias **d_A** e **d_B** até nós.

a) $d_A = 5 d_B$

b) $d_A = 20 d_B$

c) $d_B = 5 d_A$

d) $d_B = 20 d_A$

e) $d_B = 50 d_A$

Resposta: d) $d_B = 20 d_A$

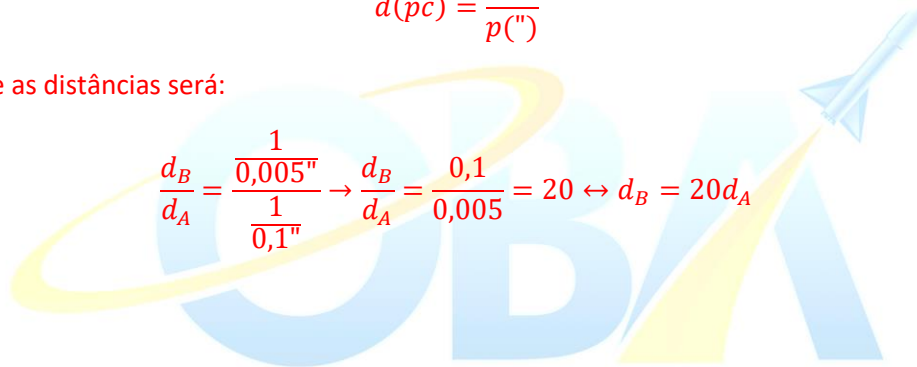
A paralaxe estelar é o desvio aparente de posição de qualquer estrela próxima da Terra (ou outro objeto) contra o fundo de objetos distantes, criado pelas diferentes posições orbitais da Terra.

A distância, em parsec, é simplesmente o inverso da paralaxe, em segundos de arco:

$$d(pc) = \frac{1}{p(")}$$

A relação entre as distâncias será:

$$\frac{d_B}{d_A} = \frac{\frac{1}{0,005''}}{\frac{1}{0,1''}} \rightarrow \frac{d_B}{d_A} = \frac{0,1}{0,005} = 20 \leftrightarrow d_B = 20d_A$$



OLIMPÍADA BRASILEIRA DE
ASTRONOMIA E ASTRONÁUTICA