

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

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.

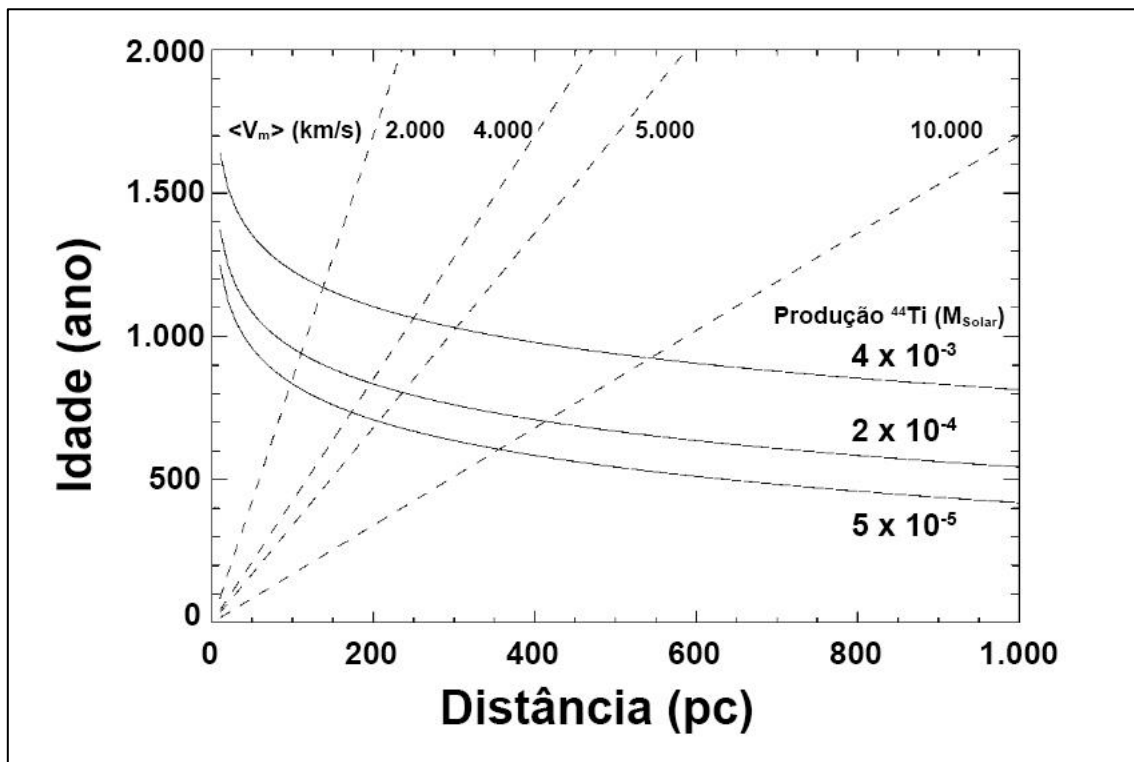
Dados: $1 \text{ pc} \approx 3,1 \times 10^{16} \text{ m}$, $1 \text{ ano} \approx 3,1 \times 10^7 \text{ s}$.

- 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

3) Cassiopeia A (Cas A) é um dos remanescentes de supernova mais jovens conhecidos. 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).

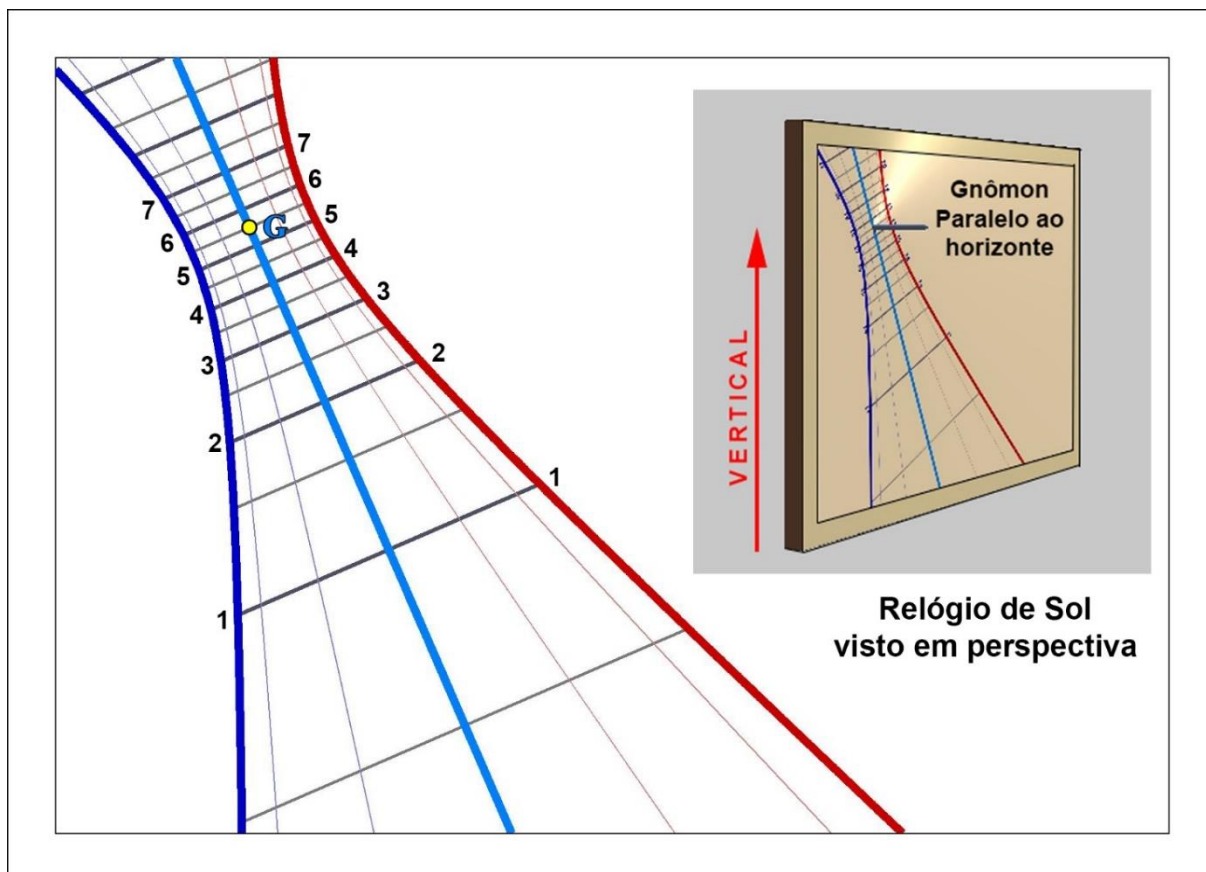
Baseado neste gráfico, marque **V** (Verdadeiro) ou **F** (Falso) na frente de cada afirmação.

- () 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.
- () Para uma mesma velocidade média de expansão, quanto maior foi a produção de ^{44}Ti , mais jovem é o remanescente de supernova.
- () Para uma mesma velocidade média de expansão, quanto maior foi a produção de ^{44}Ti , mais próximo estará o remanescente de supernova.
- () Para uma mesma produção de ^{44}Ti , quanto maior a velocidade de expansão, mais distante de nós está o remanescente de supernova.
- () Para uma mesma produção de ^{44}Ti , quanto maior a velocidade de expansão, mais jovem é o remanescente de supernova.

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.

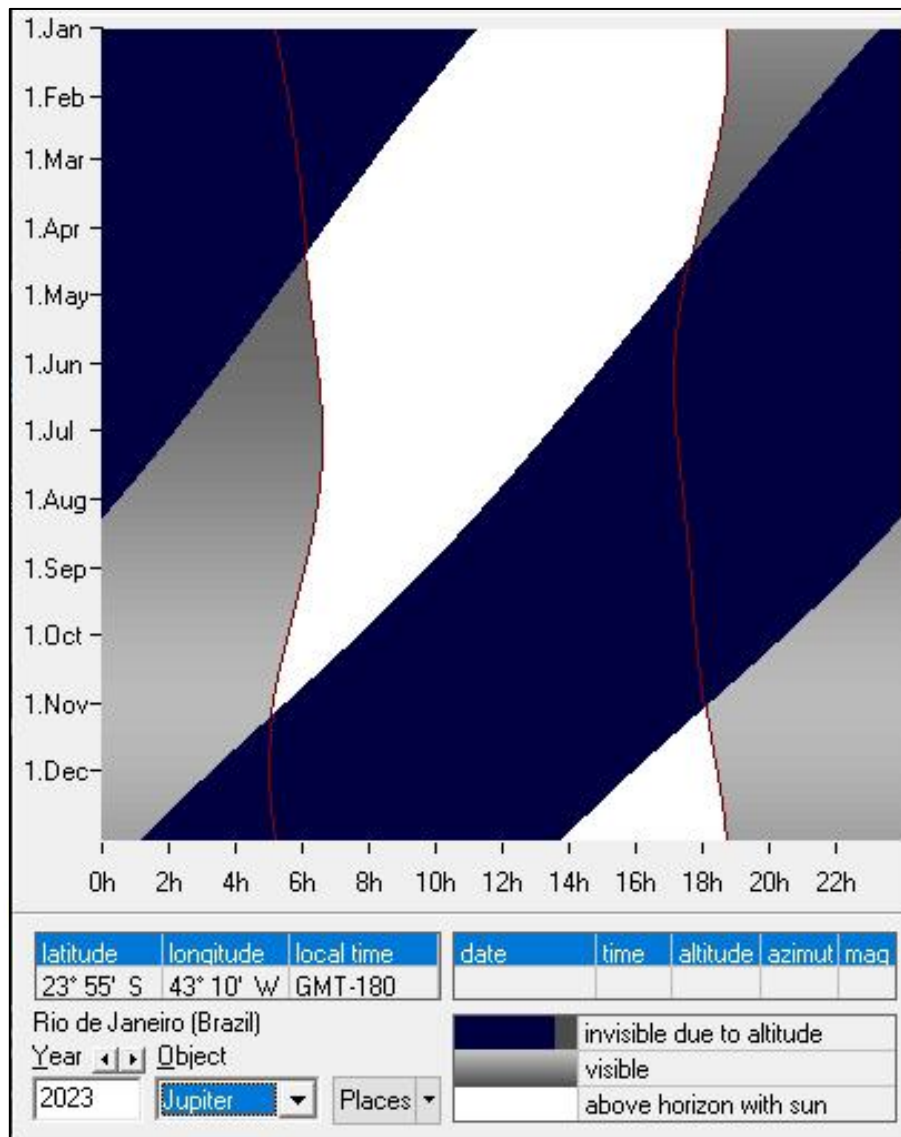


Sobre este relógio de Sol, considere as afirmações a seguir e assinale a opção correta.

- 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

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.

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

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.

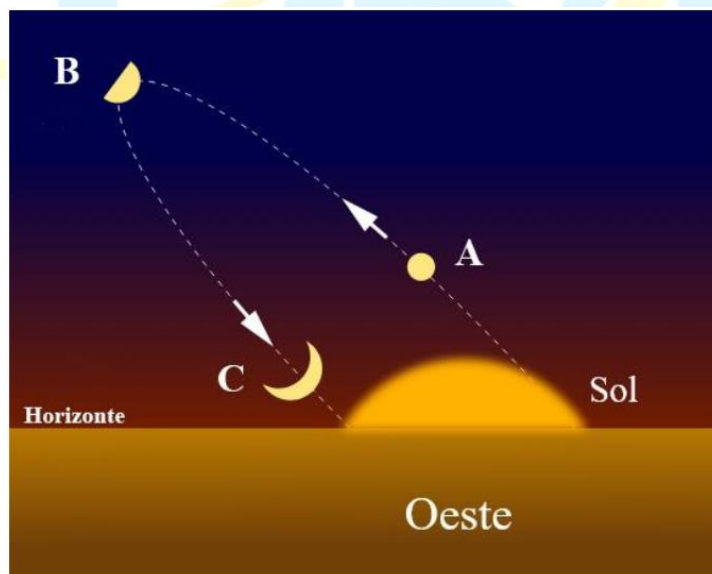
Ghez e Genzel observaram uma estrela, com órbita circular, ao redor do centro de nossa galáxia. O deslocamento Doppler das linhas espectrais mostrou que o módulo da velocidade orbital (corrigido pela inclinação da órbita em relação à linha de visada) era constante e com o valor de $V = 1.783 \text{ km/s}$, 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) $5,2 \times 10^6$

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



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

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

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 $h = 418,0$ km, viajando à velocidade de $v = 28.163,0$ 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



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).

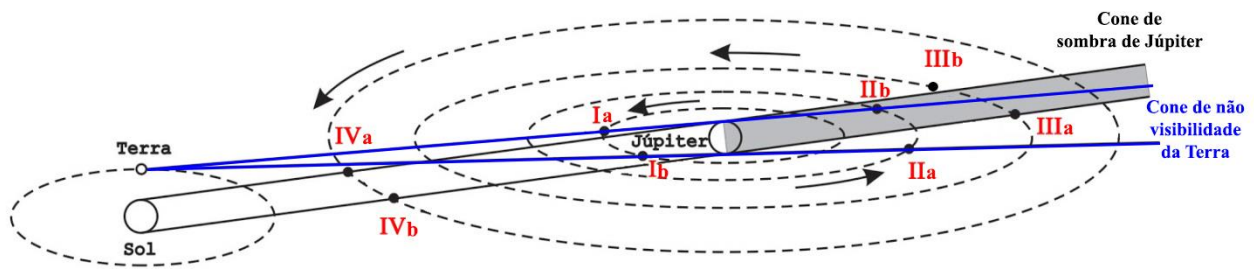
Para os satélites temos a seguinte numeração, em função da distância ao planeta:

- 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**).

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

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.

- De 21 de março a 21 de junho
- De 21 de março a 21 de setembro
- De 21 de junho a 21 de setembro
- De 21 de setembro a 21 de dezembro
- De 21 de dezembro a 21 de março

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

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).

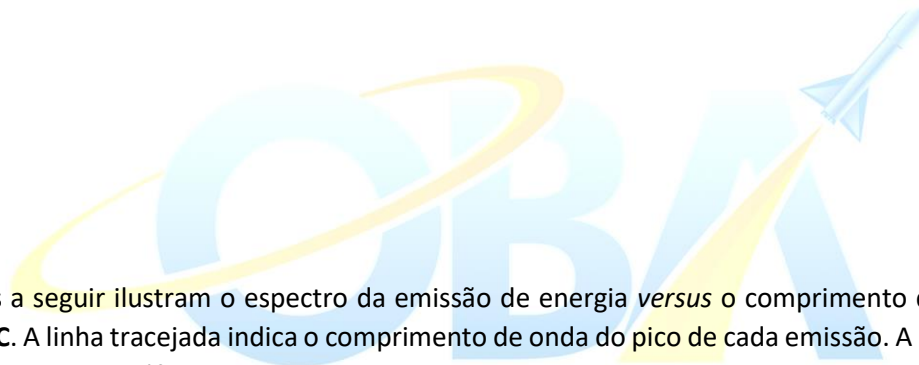
Baseado nesta Carta Celeste e nos seus conhecimentos, marque **V** (Verdadeiro) ou **F** (Falso) na frente de cada afirmação.

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

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 $FoV = 100^\circ$.

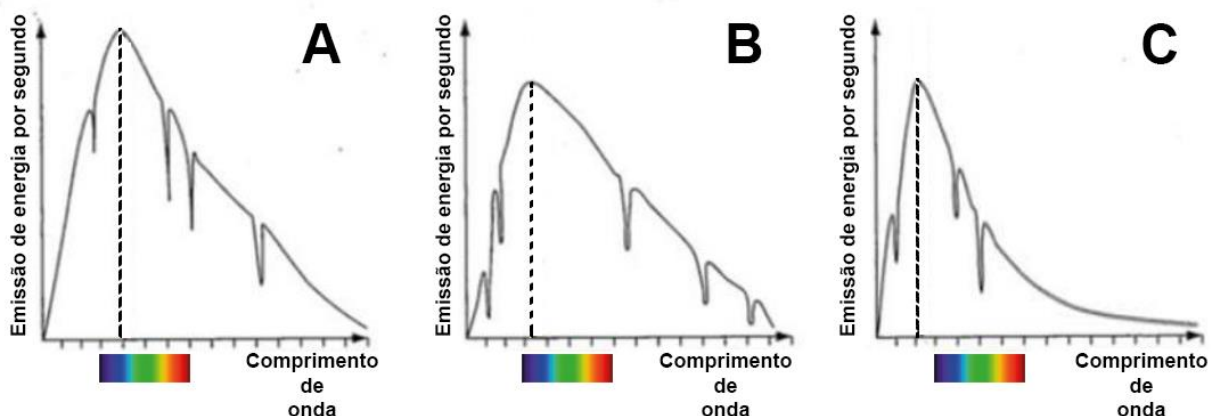
Assinale a opção que traz (1) a ampliação da imagem obtida e (2) o campo visual aproximado do telescópio com esta ocular.

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



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) $T_A = T_B = T_C$

- c) $T_A > T_B = T_C$
- d) $T_B = T_C > T_A$
- e) $T_C > T_B > T_A$

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 $\lambda_{lab} = 656,28$ 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.

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) $10^6 L_{Sol}$

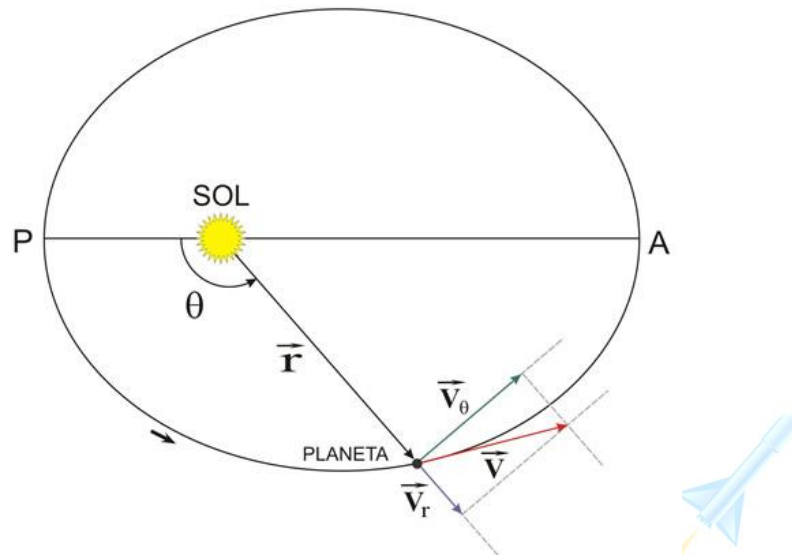
OLIMPIÁDA BRASILEIRA DE
ASTRONOMIA E ASTRONÁUTICA

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.

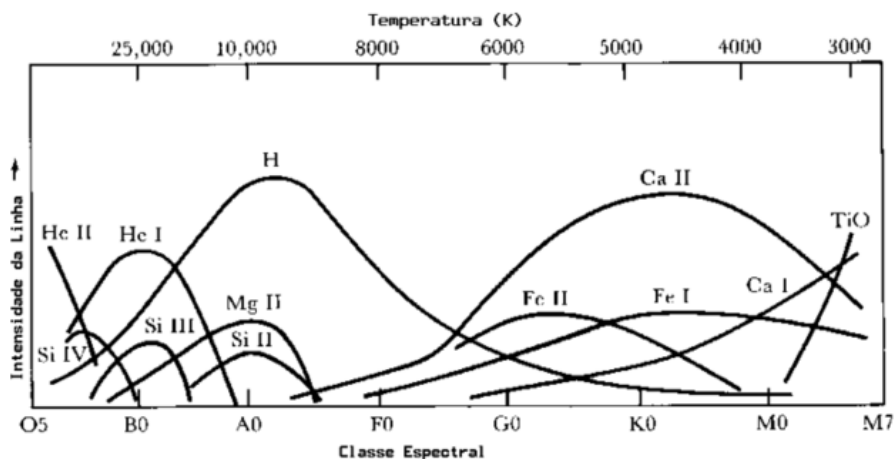


Assinale a opção que traz a razão entre a velocidade orbital no periélio e no afélio ($\frac{v_p}{v_a}$) de um cometa cuja órbita tem semi-eixo $a = 18,0$ UA e excentricidade $e = 0,8$.

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

OLIMPIÁDA BRASILEIRA DE ASTRONOMIA E ASTRONÁUTICA

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.

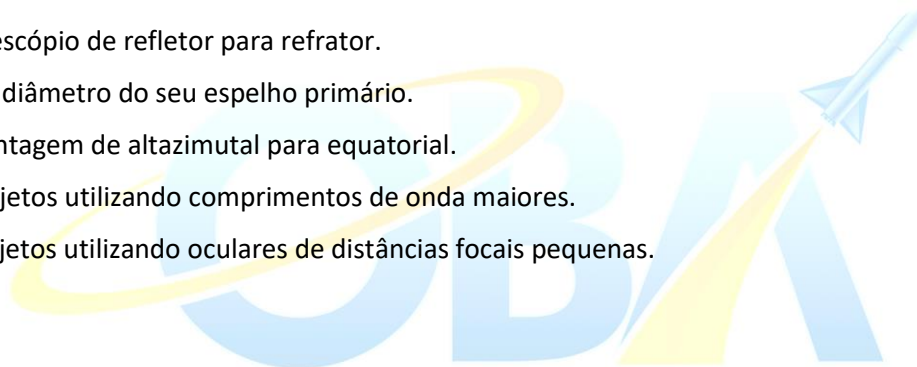
Assinale a opção que explica este fenômeno.

- 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.

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.



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) $d_B = 50 d_A$