

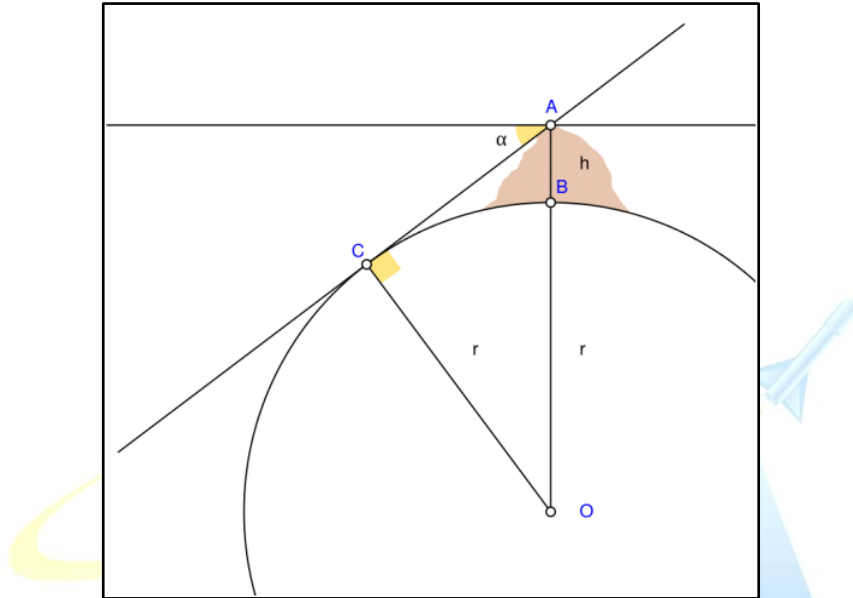
P2 24out25 - GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

2ª PROVA ONLINE DE 24 DE OUTUBRO DE 2025

- PROCESSO DE SELEÇÃO DAS EQUIPES INTERNACIONAIS DE 2026 -

1) *Abu Rayhan Muhammad ibn Ahmad al-Biruni* (973-1050), conhecido apenas como al-Biruni, foi um estudioso durante a Idade de Ouro Islâmica e é conhecido como o "Pai da Geodésia Moderna". É dele a ideia de calcular o raio da Terra usando medidas da altura de uma colina e da inclinação do horizonte a partir do topo dessa colina, como podemos ver no esquema a seguir, fora de escala.



No esquema, r representa o raio da Terra, o segmento AB representa a altura h da montanha e α é o ângulo de inclinação do horizonte.

Pela trigonometria, podemos provar que

$$r = \frac{h \cos \alpha}{1 - \cos \alpha}$$

Suponha que uma futura alpinista esteja no topo do Monte Olimpo, em Marte.

Assinale a opção que traz a inclinação α aproximada do horizonte marciano medido por ela.

Considere a altura do Monte Olimpo = 25 km e o raio do planeta Marte = 3.375 km.

- a) 4°
- b) 5°
- c) 6°
- d) 7°
- e) 8°

Resposta: d) 7°

Comentários:

Para calcular o ângulo α devemos isolá-lo da equação dada:

$$r = \frac{h \cos \alpha}{1 - \cos \alpha} \Leftrightarrow r(1 - \cos \alpha) = h \cos \alpha \Leftrightarrow r - r \cos \alpha = h \cos \alpha$$

P2 24out25 - GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

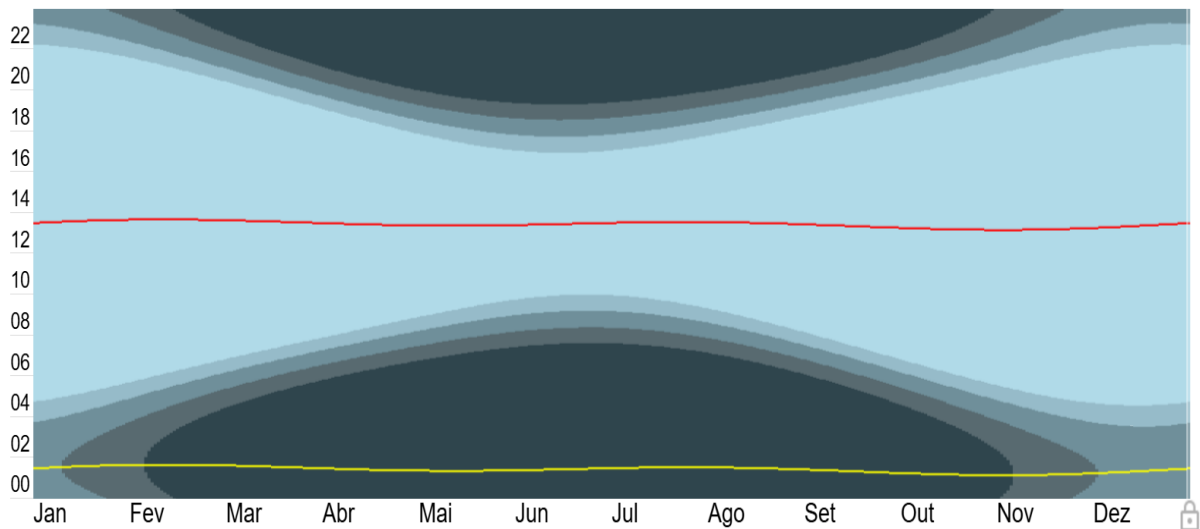
$$h \cos \alpha + r \cos \alpha = r \Leftrightarrow \cos \alpha (h + r) = r \Leftrightarrow \cos \alpha = \frac{r}{h + r} \rightarrow \cos \alpha = \frac{1}{\frac{h}{r} + 1}$$

$$\alpha = \cos^{-1} \left(\frac{1}{\frac{h}{r} + 1} \right) \text{ ou } \alpha = \arccos \left(\frac{1}{\frac{h}{r} + 1} \right)$$

Substituindo-se os valores:

$$\alpha = \arccos \left(\frac{1}{\frac{25 \text{ km}}{3.375 \text{ km}} + 1} \right) \rightarrow \alpha \approx 7^\circ$$

2) O gráfico a seguir mostra a parte clara e escura do dia, os meses do ano no eixo horizontal e o horário civil no eixo vertical. As linhas vermelha e amarela representam respectivamente o horário do meio-dia e meia-noite. Apenas a parte mais clara central representa o Sol acima do horizonte, as demais camadas ocorrem após o ocaso do Sol conforme o nível de luminosidade decai gradualmente.



ASTRONOMIA E ASTRONÁUTICA

Com base em seus conhecimentos e na análise do gráfico, assinale a alternativa correta.

- A linha vermelha corresponde ao meio-dia civil.
- O gráfico corresponde a um observador no hemisfério norte.
- A linha amarela é o horário médio entre o ocaso e o nascer do Sol.
- A declinação do Sol começa a aumentar por volta do dia 21 de junho.
- O observador está mais perto do Equador do que do Polo em seu hemisfério.

Resposta: c) A linha amarela é o horário médio entre o ocaso e o nascer do Sol.

Comentários:

a) “A linha vermelha corresponde ao meio-dia civil.” — INCORRETA.

Meio-dia *civil* (relógio) é fixo a 12:00 local (ou varia só por mudança de fuso/horário), enquanto o **meio-dia solar** (quando o Sol passa pelo meridiano local) varia ao longo do ano por causa da inclinação da Terra e de sua órbita elíptica. No gráfico a linha vermelha desloca-se ligeiramente ao longo dos meses seguindo exatamente o ponto médio entre o

P2 24out25 - GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

nascer e ocaso do Sol, o que indica que ela representa **meio-dia solar** (culminação do Sol), não o meio-dia civil fixo.

b) “O gráfico corresponde a um observador no hemisfério norte.” — INCORRETA.

No gráfico a maior duração do dia (a parte clara ocupando mais tempo) ocorre aproximadamente no final/começo do ano (Dez/Jan), e a noite mais longa ocorre por volta de junho/jul. Isso indica que o máximo de insolação está em dezembro, ou seja, verão ocorre em dezembro, característica do **hemisfério sul**. Portanto o observador **não** está no hemisfério norte.

c) “A linha amarela é o horário médio entre o ocaso e o nascer do Sol.” — CORRETA.

Metade do intervalo entre o pôr e o nascer é precisamente o **meio da noite solar**, quando o Sol está mais baixo em relação ao horizonte. No gráfico a linha amarela fica sempre a 12 horas de distância da linha vermelha, o meio-dia solar, exatamente como se espera para o ponto médio entre pôr e nascer.

d) “A declinação do Sol começa a aumentar por volta do dia 21 de junho.” —

INCORRETA.

A 21 de junho (aprox.) ocorre o **solstício de junho**, quando a declinação solar atinge seu **máximo** (no hemisfério norte $\approx +23,5^\circ$) e depois **passa a diminuir**. Ou seja, **não começa a aumentar** nesse dia, pelo contrário, depois do solstício a declinação começa a **diminuir**. Portanto a afirmação está invertida e é falsa.

e) “O observador está mais perto do Equador do que do Polo em seu hemisfério.” — INCORRETA.

Se o observador estivesse perto do Equador, a duração do dia variaria muito pouco ao longo do ano (próxima de 12 h durante todo o ano). No gráfico vemos variação pronunciada entre dias curtos (no inverno local) e dias longos (no verão local), diferença claramente maior do que a observada em latitudes equatoriais. Isso indica uma latitude **média/alta** (mais próxima do Polo do que do Equador) no seu hemisfério. Perceba que há dias do ano em que o Sol se põe apenas por volta das 22 horas. Portanto (e) é falsa.

P2 24out25 - GABARITO COMENTADO

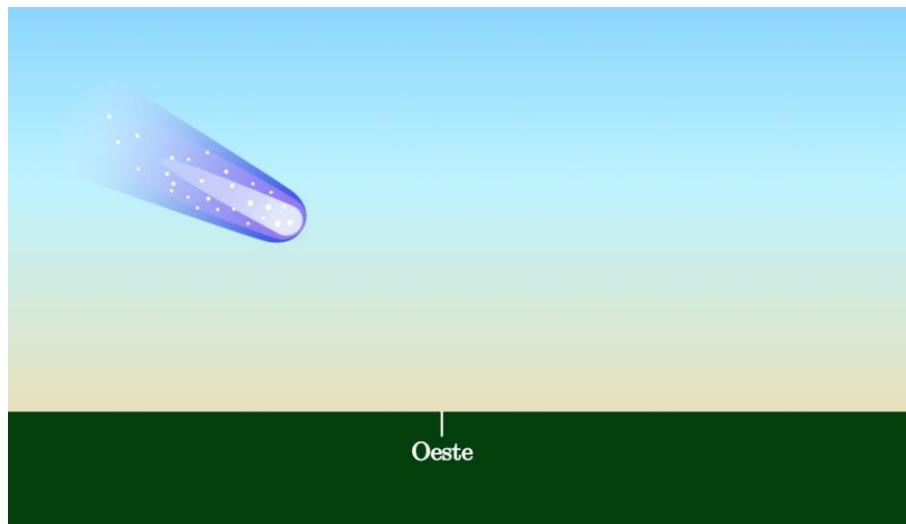
Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

3) Com toda a repercussão do cometa 3I/Atlas, muitas pessoas têm aprendido mais sobre cometas.

No mês de agosto, astrônomos conseguiram registrar claramente a *cauda antisolar* desse cometa.

Essa é uma propriedade muito interessante: ao contrário do que muitos imaginam, a cauda de um cometa não aponta para trás do sentido de seu movimento, e sim na direção oposta ao Sol.

Na imagem abaixo, temos a representação de um cometa fictício observado por um astrônomo no hemisfério Sul, olhando para o ponto cardinal Oeste.

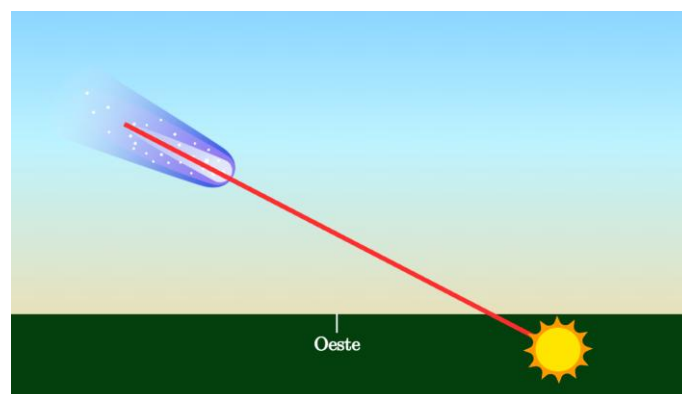


Com base nessas informações e em seus conhecimentos de astronomia, assinale o que podemos afirmar:

- a) O observador está no verão.
- b) O observador está no inverno ou outono.
- c) No dia anterior, nesse mesmo horário, o Sol estava mais alto no céu.
- d) O Sol está mais para esquerda e para cima do que conseguimos ver na imagem
- e) Em relação às estrelas, o cometa está indo em direção ao Sol, que acabou de se pôr.

Resposta: b) O observador está no inverno ou outono.

Comentários:



P2 24out25 - GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

A cauda do cometa aponta para o Sul, o que significa que o Sol está na direção oposta, ou seja, para o Norte, já abaixo do horizonte. No hemisfério Sul, o Sol se põe mais ao norte do ponto Oeste durante o inverno e o outono, indicando que essa é a época do ano mostrada na imagem.

- (a) Incorreta — no verão o Sol se põe mais ao **sul**, o que não corresponde à direção mostrada.
- (c) Incorreta — Ao longo do ano, o Sol se move de oeste para leste no céu, o que quer dizer que no dia anterior ele está mais para oeste (mais para baixo)
- (d) Incorreta — o Sol, como dito no enunciado, se localiza na direção oposta à cauda do cometa, portanto mais para direita e para baixo.
- (e) Incorreta — a cauda do cometa aponta **contra o Sol**, e não indica necessariamente a direção que está indo, portanto, não podemos afirmar isso.

4) Cefeidas são estrelas pulsantes cuja luminosidade varia de forma periódica. Observações mostram que existe uma relação empírica entre o período de pulsação (T, em dias) e a magnitude absoluta (M): estrelas com períodos maiores são mais luminosas.

Essa relação pode ser escrita como:

$$M = -2,76 * \log(T) - 1,4$$

onde M é a magnitude absoluta e T o período em dias.

Considere duas Cefeidas: a primeira com período T1 e magnitude M1, e a segunda com período T2 e magnitude M2.

Sabendo que T1 é 10 vezes maior que T2, qual é o valor de M1 - M2?

- a) -2,76
b) -1,4
c) 0
d) 1,4
e) 2,76

Resposta: a) -2,76

Comentário:

$$M1 - M2 = (-2,76) * [\log(T1) - \log(T2)] = (-2,76) * \log(T1/T2).$$

$$\text{Como } T1/T2 = 10, \text{ então } \log(10) = 1 \rightarrow M1 - M2 = -2,76.$$

Portanto, a estrela de período maior (T1) tem magnitude mais baixa, ou seja, é mais luminosa.

P2 24out25 - GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

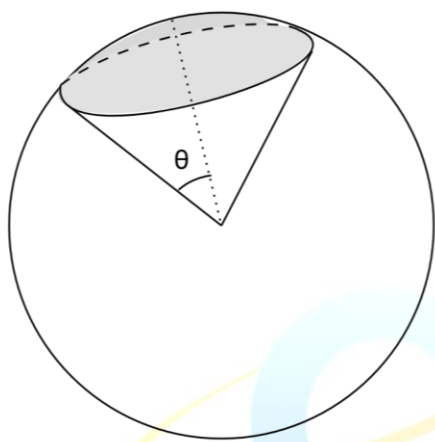
5) O navegador Juvenal viajava pelos mares do Norte quando chegou exatamente ao Polo Norte da Terra. Lá, sob um céu repleto de estrelas, ele podia observar o firmamento de uma forma única.

De repente, por motivos desconhecidos, o eixo de rotação da Terra se inclina em 30° em relação à posição que possuía antes. Juvenal permanece no mesmo ponto da superfície terrestre, mas o aspecto do céu muda significativamente, agora, o polo celeste norte havia abaixado 30° , e a rotação aparente das estrelas parecia completamente diferente.

Calcule a porcentagem da totalidade da esfera celeste que a região circumpolar visível ocupa, tanto antes quanto depois da súbita inclinação do eixo terrestre, respectivamente.

Para isso, use o fato de que uma região da esfera celeste de raio angular θ ocupa uma fração f de todo o céu dado pela fórmula abaixo:

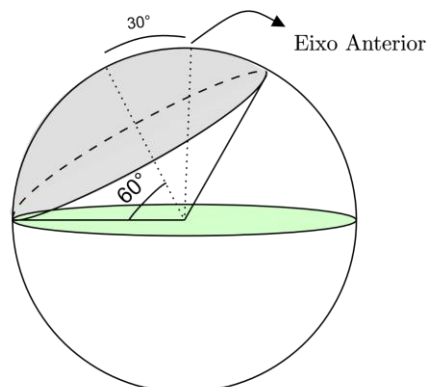
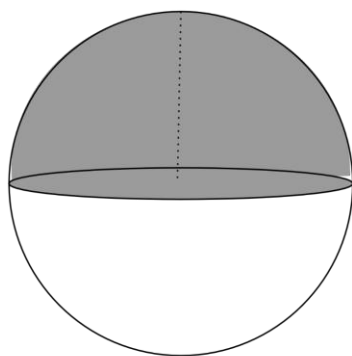
$$f = \frac{1 - \cos(\theta)}{2}$$



- a) 0 % e 6,7%
- b) 50% e 6,7%
- c) 50% e 25%
- d) 50% e 30%
- e) 100% e 50%

Resposta: c) 50% e 25%

Comentários:



P2 24out25 - GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

Antes da inclinação, Juvenal estava no **Polo Norte**, então toda a região norte da esfera celeste é circumpolar, correspondendo a **50% do céu**.

Após a inclinação de 30° , a **altura do novo eixo passa a ser 60°** , e a região circumpolar tem semi-ângulo $\theta = 60^\circ$. Aplicando a fórmula:

$$f = \frac{1 - \cos(60^\circ)}{2} = \frac{1 - 0,5}{2} = 0,25 = 25\%$$

6) O campo visual representa a área aparente do céu que conseguimos ver através do telescópio. Essa característica depende de dois fatores principais:

1. Campo aparente da ocular (O) – o ângulo que a ocular “projeta” para o olho.
2. Ampliação do telescópio (A) – quanto o telescópio amplia a imagem do céu.

Quanto maior a ampliação, menor será o campo visual, pois estamos “aproximando” apenas uma parte menor do céu.

Quanto maior o campo aparente da ocular, maior será o campo visual, permitindo observar regiões maiores do céu.

Qual o campo visual de um telescópio usando uma ocular de 50° e aumento de 100 vezes?

- a) $0,5^\circ$
- b) 1°
- c) 2°
- d) 5°
- e) 50°

Resposta: a) $0,5^\circ$

Comentários:

O campo visual real de um telescópio indica a extensão do céu que conseguimos observar. Ele é calculado dividindo-se o campo aparente da ocular pelo aumento do telescópio,

$$C = O/A.$$

A ideia por trás da fórmula é que o aumento “aproxima” a imagem e, quanto maior ele for, menor será a porção do céu que cabe na ocular. Por outro lado, uma ocular com campo aparente maior permite enxergar uma região maior do céu.

No exemplo, uma ocular de 50° com aumento de $100\times$ resulta em

$$C = 50/100 = 0,5^\circ,$$

mostrando que apenas uma pequena faixa do céu é visível.

P2 24out25 - GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

7) O Sol emite a maior parte de sua radiação na faixa do visível, com pico em torno de 500 nm, enquanto um forno doméstico emite principalmente no infravermelho, com pico em torno de 2900 nm. A Lei de Wien relaciona o comprimento de onda do pico λ_{max} com a temperatura T do corpo negro pela fórmula:

$$\lambda_{max} \cdot T = 2,9 \times 10^{-3} m \cdot K$$

Usando essa lei, calcule a temperatura aproximada do Sol e do forno.

- a) Sol: ~3.000 K; forno: ~500 K
- b) Sol: ~5.800 K; forno: ~1.000 K
- c) Sol: ~5.800 K; forno: ~1.500 K
- d) Sol: ~4.200 K; forno: ~1.500 K
- e) Sol: ~10.000 K; forno: ~1.000 K

Resposta: b) Sol: ~5.800 K; forno: ~1.000 K

Comentários:

Usando a Lei de Wien: $\lambda_{max} \times temperatura = 2,9 \times 10^{-3} m \cdot K$.

Para o Sol:

$$\lambda_{max} = 500 \text{ nm} = 500 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$Temperatura = 2,9 \times 10^{-3} \div (500 \times 10^{-9}) \approx 5800 \text{ K}$$

Para o forno:

$$\lambda_{max} = 2900 \text{ nm} = 2900 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$Temperatura = 2,9 \times 10^{-3} \div (2900 \times 10^{-9}) \approx 1000 \text{ K}$$

Portanto, a alternativa correta é a) Sol: 5800 K; forno: ~1000 K.

P2 24out25 - GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

8) Astrônomos identificaram um enorme "surto de crescimento" em um planeta errante. Ao contrário dos planetas do nosso Sistema Solar, esses objetos não orbitam estrelas, flutuando livremente por conta própria. As novas observações, feitas com o *Very Large Telescope* do Observatório Europeu do Sul (VLT do ESO), revelam que este planeta errante está consumindo gás e poeira de seus arredores a uma taxa de **6 (seis) bilhões de toneladas por segundo**. O objeto recém-estudado, que tem uma massa de cinco a dez vezes a de Júpiter, está localizado a cerca de 620 anos-luz de distância, na constelação de Camaleão. Oficialmente chamado de **Cha 1107-7626**, este planeta errante ainda está em formação e é alimentado por um disco circundante de gás e poeira (vide a ilustração artística a seguir). Este material cai constantemente sobre o planeta flutuante, um processo conhecido como acreção.



Supondo que esta taxa de acreção permaneça constante por muito tempo, responda: quanto tempo demora, aproximadamente, para o planeta errante Cha 1107-7626 crescer o equivalente a 1 (um) planeta Terra?

Considere que a massa da Terra = $6,0 \times 10^{24}$ kg e 1 ano $\approx 3,2 \times 10^7$ segundos.

- a) 23 mil anos
- b) 29 mil anos
- c) 31 mil anos
- d) 37 mil anos
- e) 41 mil anos

Resposta: c) 31 mil anos

P2 24out25 - GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

Comentários: Primeiro precisamos entender o que significa 6 bilhões de toneladas:

- 6 bilhões = 6.000.000.000 = 6×10^9
- 1 tonelada = 1.000 kg = 10^3 kg
- 6 bilhões de toneladas = $6 \times 10^9 \times 10^3$ kg = 6×10^{12} kg

Se em 1 s Cha 1107-7626 cresce 6×10^{12} kg, então em X s crescerá 6×10^{24} kg

$$\frac{1 \text{ s}}{6,0 \times 10^{12} \text{ kg}} = \frac{X}{6,0 \times 10^{24} \text{ kg}} \rightarrow X = \frac{6,0 \times 10^{24}}{6,0 \times 10^{12}} \text{ s} \rightarrow X = 1,0 \times 10^{12} \text{ s}$$

Se 1 ano tem aproximadamente $3,2 \times 10^7$ segundos, $1,0 \times 10^{12}$ segundos correspondem a:

$$\frac{1 \text{ ano}}{3,2 \times 10^7 \text{ s}} = \frac{Y}{1,0 \times 10^{12} \text{ s}} \rightarrow Y = \frac{1,0 \times 10^{12}}{3,2 \times 10^7} \text{ anos} = 3,1 \times 10^4 \text{ anos} = 31.000 \text{ anos}$$

9) O Diagrama de Hertzsprung-Russell (HR) é o mapa do tesouro dos astrofísicos! Ele mostra a vida das estrelas, relacionando a luminosidade delas com a sua temperatura. A gente sabe que a luminosidade de uma estrela (L) depende do seu raio (R) e da sua temperatura efetiva (T) pela Lei de Stefan-Boltzmann:

$$L = 4\pi R^2 \sigma T^4.$$

Imagine que, em um desses diagramas, a gente encontrou duas estrelas muito interessantes:

- Estrela Alfa: Uma estrela quente e azul da Sequência Principal, com temperatura de 20.000 K e luminosidade 1.000 vezes a do Sol ($10^3 L_{Sol}$).
- Estrela Beta: Uma supergigante vermelha, bem mais fria, com temperatura de apenas 4.000 K, mas com uma luminosidade impressionante de 400.000 vezes a do Sol ($4 \times 10^5 L_{Sol}$).

Com base nessas informações, quantas vezes o raio da Estrela Beta é maior que o raio da Estrela Alfa?

- a) 5 vezes
- b) 20 vezes
- c) 100 vezes
- d) 500 vezes
- e) 2.000 vezes

Resposta: d) 500 vezes

Comentários: A relação entre luminosidade (L), raio (R) e temperatura (T) é $L \propto R^2 T^4$ (lê-se: L é proporcional ao Raio elevado a 2 vezes a Temperatura elevada a 4).

Para comparar as estrelas Alfa e Beta, isolamos a razão dos raios:

$$\frac{R_{Beta}}{R_{Alfa}} = \sqrt{\frac{L_{Beta}}{L_{Alfa}}} \cdot \left(\frac{T_{Alfa}}{T_{Beta}}\right)^2$$

Substituindo os valores dados:

P2 24out25 - GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

$$\frac{R_{Beta}}{R_{Alfa}} = \sqrt{\frac{4 \times 10^5}{10^3}} \cdot \left(\frac{20.000}{4.000}\right)^2$$

Logo,

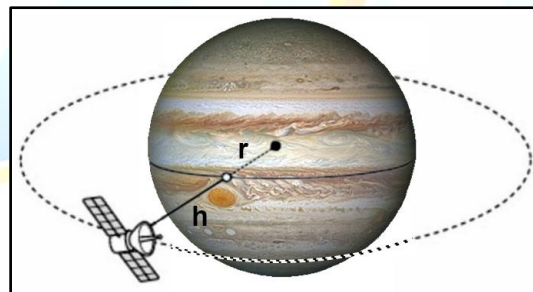
$$\frac{R_{Beta}}{R_{Alfa}} = \sqrt{400} \cdot (5)^2$$

$$\frac{R_{Beta}}{R_{Alfa}} = 20 \cdot 25 = 500$$

Portanto, o raio da Estrela Beta é 500 vezes maior que o da Estrela Alfa.

10) A Grande Mancha Vermelha (GMV) é uma região de alta pressão persistente na atmosfera de Júpiter, produzindo a maior tempestade anticiclônica do Sistema Solar. Localizada a 22 graus ao sul do equador de Júpiter, produz ventos de até 432 km/h. Acredita-se que ela exista há pelo menos 360 anos.

Suponha que a Administração Espacial Nacional da China (em inglês: *China National Space Administration* - CNSA) pretenda colocar um satélite estacionário na direção da GMV para estudar melhor sua evolução ao longo do tempo, como podemos ver na ilustração, a seguir, fora de escala.



Baseado em seus conhecimentos e nos dados disponíveis, assinale a opção que traz a altitude **h**, aproximada, desta órbita em torno de Júpiter.

Dica: use a fórmula da velocidade orbital **v** de um satélite em torno de um planeta de massa **M** a uma distância **d** do centro do planeta:

$$v = \sqrt{\frac{GM}{d}}$$

Dados:

- Raio equatorial de Júpiter = $7,15 \times 10^4$ km
- Período de rotação de Júpiter = 9h 50min
- Massa de Júpiter = $2,00 \times 10^{27}$ kg
- Constante Gravitacional $G = 6,67 \times 10^{-11}$ Nm²/kg²

- a) 89.000 km
- b) 89.750 km
- c) 90.500 km
- d) 91.250 km
- e) 92.000 km

P2 24out25 - GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

Resposta: c) 90.500 km

Comentários: O valor procurado será a distância r do satélite até o centro de Júpiter, descontado o raio de Júpiter:

$$h = d - \text{raio de Júpiter}$$

O período orbital P do satélite deve ser o mesmo período de rotação de Júpiter, para que o satélite possa ficar estacionário na direção da GNV. A velocidade orbital v do satélite será o perímetro de sua órbita dividido pelo período orbital:

$$v = (2\pi d)/P$$

Substituindo na fórmula dada e isolando d , teremos:

$$v = \sqrt{\frac{GM}{d}} \rightarrow \frac{2\pi d}{P} = \sqrt{\frac{GM}{d}} \rightarrow \left(\frac{2\pi d}{P}\right)^2 = \left(\sqrt{\frac{GM}{d}}\right)^2$$
$$\frac{4\pi^2 d^2}{P^2} = \frac{GM}{d} \rightarrow d^3 = \frac{GMP^2}{4\pi^2} \rightarrow d = \sqrt[3]{\frac{GMP^2}{4\pi^2}}$$

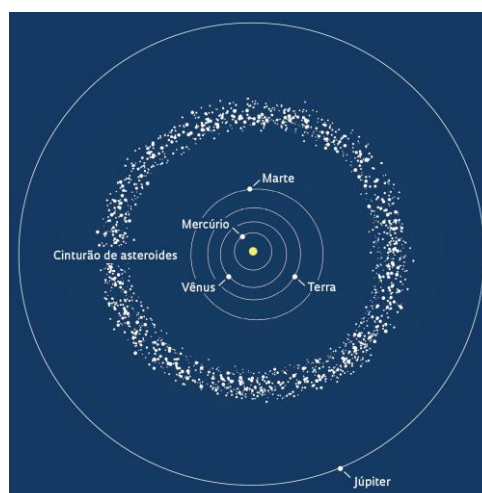
Substituindo-se os valores (lembrando que todos devem estar no SI):

$$P = 9h50min = 540min + 50min = 590 \text{ min} \times \frac{60 \text{ s}}{\text{min}} = 35.400 \text{ s}$$
$$\frac{GMP^2}{4\pi^2} = \frac{(6,67 \times 10^{-11})(2,00 \times 10^{27})(35.400)^2}{4\pi^2} \approx 4,23 \times 10^{24} \text{ m}^3$$
$$d = \sqrt[3]{4,23 \times 10^{24} \text{ m}^3} \approx 1,62 \times 10^8 \text{ m} = 1,62 \times 10^5 \text{ km}$$

A altitude da órbita será, então:

$$h = 1,62 \times 10^5 \text{ km} - 7,15 \times 10^4 \text{ km} = 9,05 \times 10^4 \text{ km} = 90.500 \text{ km}$$

11) O cinturão principal de asteroides é uma região do Sistema Solar localizada entre as órbitas de Marte e Júpiter, que abriga a maioria dos asteroides do sistema. É uma zona de milhões de rochas espaciais, consideradas restos da formação do Sistema Solar, com a maioria dos asteroides sendo rochosos e com menos de 100 km de diâmetro. Este cinturão é uma fronteira entre os planetas rochosos internos e os gigantes gasosos externos, como podemos ver no esquema a seguir, fora de escala.



P2 24out25 - GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

A seguinte função permite estimar o número **N** de asteroides do Cinturão com raios maiores ou iguais a **R**, onde R deve ser expresso em quilômetros:

$$N = 2 \times 10^6 R^{-2,5}$$

Utilize essa função para estimar o número de asteroides com raio entre 20 km e 30 km e assinale a opção correta:

- a) 406
- b) 712
- c) 1.118
- d) 2.295
- e) 6.325

Resposta: b) 712

Comentários:

A resposta que procuramos será a diferença entre N_{20} e N_{30} :

$$N_{20} - N_{30} = (2 \times 10^6 \times 20^{-2,5}) - (2 \times 10^6 \times 30^{-2,5})$$

$$N_{20} - N_{30} = 2 \times 10^6 (20^{-2,5} - 30^{-2,5})$$

$$N_{20} - N_{30} \approx 712$$

12) Duas estrelas idênticas (1 e 2), de mesma luminosidade L , estão separadas por 60 parsecs.

Um observador, situado em algum ponto entre elas, percebe a **Estrela 1** nove (9) vezes mais brilhante do que a **Estrela 2**.

Sabendo que o brilho aparente f segue a relação:

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

Responda: qual é a distância do observador até a Estrela 1?

- a) 6 pc
- b) 15 pc
- c) 20 pc
- d) 45 pc
- e) 54 pc

Resposta: b) 15 pc

Comentários: Como as estrelas são idênticas:

$$\frac{f_1}{f_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$$

Sabemos que $f_1 = 9f_2$, então:

P2 24out25 - GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

$$9 = \frac{r_2^2}{r_1^2} \Rightarrow r_2 = 3r_1$$

A distância total entre as estrelas é:

$$r_1 + r_2 = 60 \Rightarrow r_1 + 3r_1 = 60 \Rightarrow 4r_1 = 60$$
$$r_1 = 15$$

13) Em 1992, a estrela **Rho Aquilae** cruzou a fronteira da sua constelação original, **Águia**, para sua constelação vizinha **Delfim**.



Baseado em seus conhecimentos, Rho Aquilae agora pertence à constatação do Delfim devido:

- a) à Paralaxe Estelar.
- b) à Evolução Estelar.
- c) ao Movimento Próprio.
- d) à Expansão do Universo.
- e) ao Efeito Doppler Relativístico.

Resposta: c) ao Movimento Próprio.

Comentários: O Movimento Próprio é o deslocamento real de cada estrela no espaço, medido em relação a outras estrelas. Ele é a combinação do movimento da própria estrela em nossa galáxia e o movimento do nosso Sol.

P2 24out25 - GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

14) O raio de Schwarzschild (R_S), que define o horizonte de eventos de um buraco negro não rotativo, é diretamente proporcional à sua massa (M): $R_S = \frac{2GM}{c^2}$. Considere Sagitário A* (Sgr A*), o buraco negro supermassivo no centro da Via Láctea, com massa $M_{SgrA^*} \approx 4 \times 10^6 M_{Sol}$, e um buraco negro estelar típico, formado pelo colapso de uma estrela massiva, com massa $M_{Estelar} \approx 10 M_{Sol}$.

Qual é a razão entre o volume contido dentro do horizonte de eventos de Sgr A* e o volume contido dentro do horizonte de eventos do buraco negro estelar? (Assuma que os horizontes são esféricos).

- a) $2,0 \times 10^3$
- b) $4,0 \times 10^5$
- c) $6,0 \times 10^{11}$
- d) $8,0 \times 10^{15}$
- e) $6,4 \times 10^{16}$

Resposta: e) $6,4 \times 10^{16}$

Comentários: O raio de Schwarzschild é proporcional à massa ($R_S \propto M$). O volume dentro do horizonte (esférico) é proporcional ao cubo do raio ($V \propto R_S^3$). Combinando, o volume é proporcional ao cubo da massa ($V \propto M^3$).

A razão entre os volumes é a razão entre as massas ao cubo:

$$\frac{V_{SgrA^*}}{V_{Estelar}} = \left(\frac{M_{SgrA^*}}{M_{Estelar}} \right)^3 = \left(\frac{4 \times 10^6 M_{Sol}}{10 M_{Sol}} \right)^3 = (4 \times 10^5)^3 = 64 \times 10^{15} = 6,4 \times 10^{16}$$

OLIMPIÁDA BRASILEIRA DE
ASTRONOMIA E ASTRONÁUTICA

P2 24out25 - GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

15) A Lei de Hubble descreve a expansão do Universo: $v = H_0 d$. Medições precisas indicam que a constante de Hubble H_0 tem um valor próximo a 70 km/s/Mpc.

O **Tempo de Hubble (t_H)** é definido como o inverso da constante de Hubble ($t_H = 1/H_0$) e representa, sob certas simplificações, uma estimativa da idade do Universo.

Considerando que o valor exato seja $H_0 = 70 \frac{km}{s \cdot Mpc}$, calcule o Tempo de Hubble em bilhões de anos (Gyr).

Dados: 1 Mpc (Megaparsec) $\approx 3,09 \times 10^{19} Km$; 1 ano $\approx 3,15 \times 10^7 s$;
1 bilhão de anos (Gyr) = 10^9 anos

- a) $\approx 1,4$ Gyr
- b) $\approx 7,0$ Gyr
- c) $\approx 10,0$ Gyr
- d) $\approx 14,0$ Gyr
- e) $\approx 70,0$ Gyr

Resposta: d) $\approx 14,0$ Gyr

Comentários: As Unidades de H_0 : A constante de Hubble está em $\frac{Km/s}{Mpc}$.

Convertendo Mpc para km: A gente usa o fator de conversão dado:

$$1 Mpc \approx 3.09 \times 10^{19} km$$

Reescrevendo H_0 :

$$H_0 = \frac{70 km/s}{1 Mpc} \approx \frac{70 km/s}{3.09 \times 10^{19} km}$$

$$H_0 \approx 2.265 \times 10^{-18} s^{-1}$$

Calculando o Tempo de Hubble (t_H) em segundos:

$$t_H = \frac{1}{H_0} \approx \frac{1}{2.265 \times 10^{-18} s^{-1}}$$

$$t_H \approx 4.415 \times 10^{17} s$$

Convertendo segundos para anos:

$$t_H(\text{anos}) = \frac{4.415 \times 10^{17} s}{3.15 \times 10^7 s/ano}$$

$$t_H(\text{anos}) \approx 1.40 \times 10^{10} \text{ anos}$$

Convertendo para bilhões de anos (Gyr):

$$1.40 \times 10^{10} \text{ anos} = 14.0 \times 10^9 \text{ anos} = 14.0 \text{ Gyr}$$

P2 24out25 - GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

16) Os cometas frequentemente exibem duas caudas distintas: uma cauda de íons (gás ionizado) e uma cauda de poeira. A interação com o ambiente interplanetário define a orientação dessas caudas. Qual das seguintes afirmações descreve mais precisamente a direção e a causa predominante da orientação de ambas as caudas?



Cometa C/2020 F3 (NEOWISE)

Qual das seguintes afirmações descreve mais precisamente a direção e a causa predominante da orientação de ambas as caudas?

- a) Ambas as caudas apontam diretamente para trás da trajetória orbital do cometa, devido à "resistência" do espaço.
- b) Ambas as caudas apontam em direção ao Sol, pois são formadas por material ejetado que ainda está gravitacionalmente ligado a ele.
- c) A cauda de poeira aponta para longe do Sol devido à pressão de radiação, e a cauda de íons aponta para o planeta magneticamente mais forte nas proximidades.
- d) A cauda de íons aponta diretamente na direção anti-solar devido ao vento solar, enquanto a cauda de poeira curva-se significativamente em direção ao Sol devido à gravidade.
- e) Ambas as caudas apontam geralmente na direção oposta ao Sol, mas a cauda de íons segue mais retilineamente as linhas do campo magnético do vento solar, enquanto a cauda de poeira tende a curvar-se ligeiramente para trás da órbita devido à sua inércia.

Resposta: e) Ambas as caudas apontam geralmente na direção oposta ao Sol, mas a cauda de íons segue mais retilineamente as linhas do campo magnético do vento solar, enquanto a cauda de poeira tende a curvar-se ligeiramente para trás da órbita devido à sua inércia.

Comentários:

Ambas as caudas de um cometa apontam para longe do Sol, mas com nuances. A cauda de íons, leve e carregada, é empurrada diretamente para longe pelo vento solar, seguindo as linhas de campo magnético. A cauda de poeira, feita de partículas mais pesadas, é empurrada pela pressão da radiação solar e, devido à sua inércia e velocidade orbital, curva-se ligeiramente para trás da órbita, ficando "atrasada" em relação à linha Sol-cometa.

P2 24out25 - GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

17) O horizonte é o limite aparente entre a Terra e o céu. A distância do observador até o ponto localizado exatamente nesta divisa entre a Terra e o céu depende da curvatura terrestre, da altura do observador e da refração atmosférica.

Esta distância d pode ser calculada por meio de uma fórmula geométrica simples sem considerar a refração atmosférica:

$$d \approx \sqrt{2Rh},$$

onde R é o raio da Terra e h , a altura dos olhos do observador, em relação ao nível do mar.

Vamos considerar a seguinte situação, um pescador está em seu barco no meio do mar, distante da terra firme. Ele fica em pé no seu barco, pega seu potente binóculo e mira na direção da cidade do Rio de Janeiro e vê uma cena inusitada: a Estátua do Cristo Redentor, acima do horizonte, como se ela estivesse flutuando sobre a superfície calma do mar. Ele sabe que isso se deve à curvatura da Terra, mas não deixou de ficar admirado.



Através dos seus conhecimentos e da fórmula dada, assinale a opção que traz, aproximadamente, a que distância D nosso pescador está da base da estátua. Desconsidere qualquer efeito atmosférico.

Dados:

- Raio da Terra $R = 6.371 \text{ km}$
- Altura do Morro do Corcovado $h_{\text{morro}} = 710 \text{ m}$
- Altura da Estátua do Cristo Redentor $h_{\text{ECR}} = 38 \text{ m}$
- Altura dos olhos do observador $h_{\text{obs}} = 2 \text{ m}$

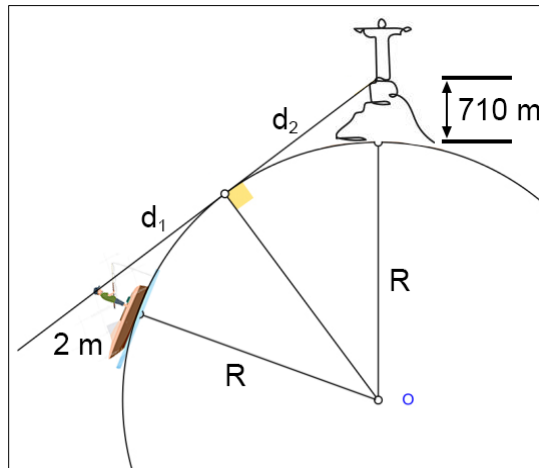
- a) 85 km
- b) 90 km
- c) 95 km
- d) 100 km
- e) 105 km

Resposta: d) 100 km

P2 24out25 - GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

Comentários: Eis a geometria do problema, fora de escala:



A distância procurada será $D = d_1 + d_2$

Para isso vamos aplicar a fórmula duas vezes:

$$D = \sqrt{2Rh_1} + \sqrt{2Rh_2} ,$$

onde $h_1 = h_{\text{obs}}$ e $h_2 = h_{\text{morro}}$

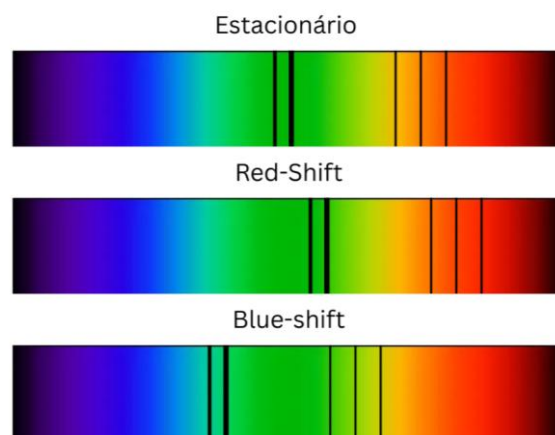
Substituindo-se os valores, temos:

$$D = \sqrt{2 \times 6.371 \text{ km} \times 0,002 \text{ km}} + \sqrt{2 \times 6.371 \text{ km} \times 0,71 \text{ km}}$$

$$D = \sqrt{25,484 \text{ km}^2} + \sqrt{9,046,82 \text{ km}^2}$$

$$D \approx 5,05 \text{ km} + 95,11 \rightarrow D = 100,16 \text{ km} \approx 100 \text{ km}$$

18) Quando se observa o espectro de uma estrela é comum que as linhas espectrais estejam deslocadas. Veja o exemplo de deslocamento de linhas na figura a seguir.



Uma astrônoma mede o espectro de uma estrela distante e nota que as linhas espectrais do Hidrogênio estão deslocadas para comprimentos de onda menores do que os medidos em laboratório.

O que isso indica sobre o movimento da estrela em relação a nós e qual dos espectros do exemplo representa melhor o que foi observado pela astrônoma?

P2 24out25 - GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

- a) A estrela está se aproximando de nós (blueshift).
- b) A estrela está se afastando de nós (redshift).
- c) A estrela está se afastando de nós (blueshift).
- d) A estrela está se aproximando de nós (redshift).
- e) A estrela está parada em relação ao laboratório (estacionário).

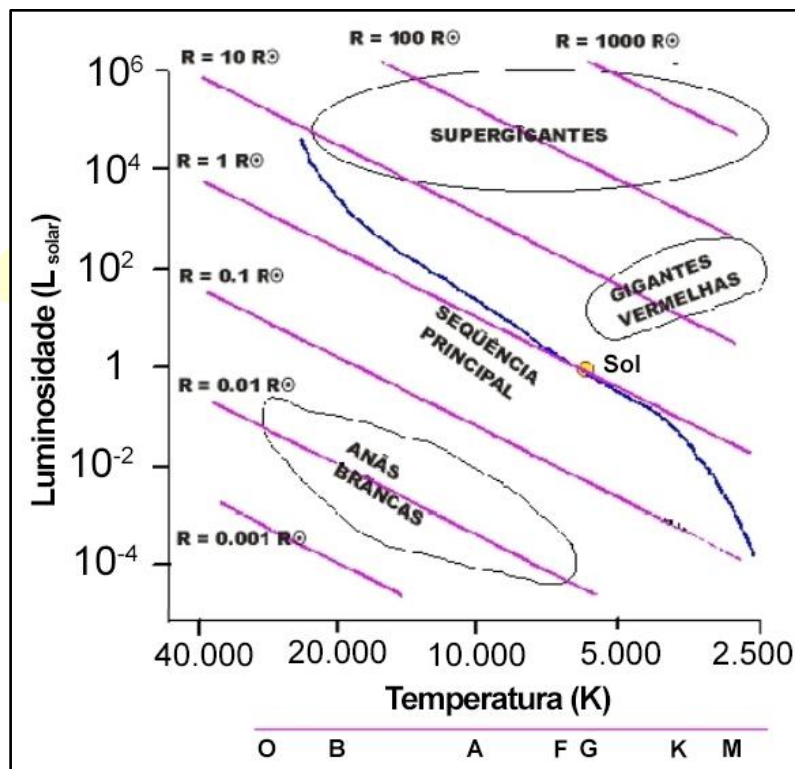
Resposta: a) A estrela está se aproximando de nós (blueshift).

Comentários:

Como as linhas espectrais estão deslocadas para comprimentos de onda menores (blueshift), a estrela está se aproximando de nós.

19) O Diagrama HR, a seguir, mostra a relação entre a Luminosidade e a Temperatura efetiva das estrelas e outras informações correlatas, como o raio estelar R , em função do raio do Sol, e o tipo espectral.

Nele podemos ver a Sequência Principal, além das regiões das gigantes vermelhas, supergigantes e anãs-brancas.



Baseado em seus conhecimentos e no diagrama apresentado, analise as afirmações a seguir e assinale a resposta certa.

- I. Uma estrela de tipo espectral **K** tem o mesmo raio do que uma estrela de tipo espectral **B**. Portanto, a estrela do tipo **B** é mais luminosa.
- II. Quanto maior a Luminosidade e maior a temperatura efetiva de uma estrela, necessariamente maior será seu raio.
- III. É impossível para uma estrela ser ao mesmo tempo maior, menos luminosa e mais fria que outra estrela.

P2 24out25 - GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

- a) Somente a I está correta.
- b) Somente a II está correta.
- c) Somente a III está correta.
- d) Somente a I e III estão corretas
- e) Somente a II e III estão corretas.

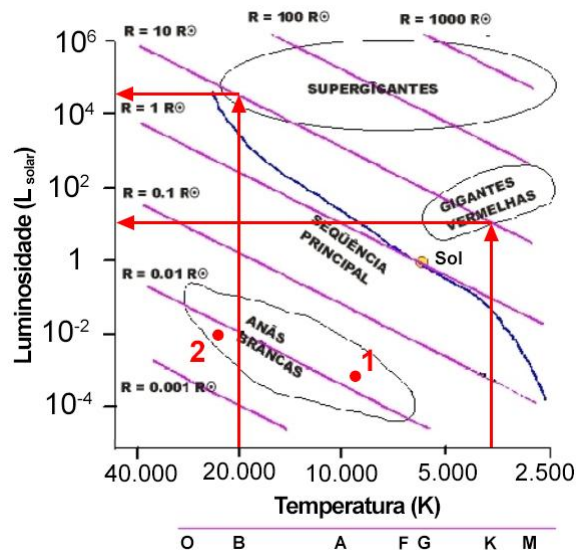
Resposta: a) Somente a I está correta.

Comentários:

I - **CORRETA**: No Diagrama podemos ver que uma Gigante Vermelha do tipo K pode ter o mesmo raio que uma Supergigante do tipo B, sendo que a do tipo B é bem mais luminosa.

II - **INCORRETA**: Vemos no Diagrama que ao aumentar a temperatura e a luminosidade, estamos indo para o canto superior esquerdo. Dependendo do quanto um desses parâmetros aumenta em relação ao outro, podemos ir tanto para a direção que aumenta o raio, quanto para a direção que diminui o raio. Logo, não podemos afirmar que a relação em II é sempre verdadeira.

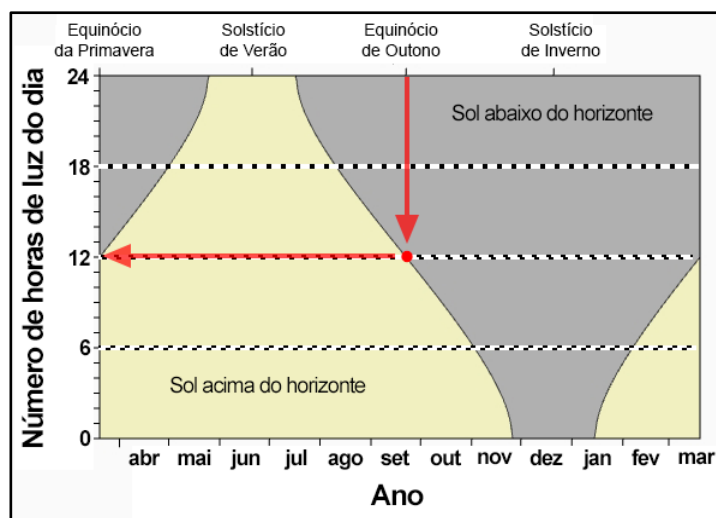
III - **INCORRETA**: Na região das Anãs-Branças, por exemplo, podemos ter a estrela 1 mais a direita (mais fria) e mais abaixo (menos luminosa) que a estrela 2, porém com raio superior a esta ($R_1 > 0,01 \text{ raio solar} > R_2$).



P2 24out25 - GABARITO COMENTADO

Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica

20) A figura a seguir traz o gráfico da variação do número de horas de luz do dia (ou seja, o Sol acima do horizonte) de uma região da Terra ao longo do ano. Nele podemos ver, por exemplo, que no dia do Equinócio de Outono, nesta região o dia terá 12 horas de luz.



Baseado em seus conhecimentos e nas informações contidas nesse gráfico, avalie as afirmações, a seguir, e assinale a resposta certa.

- I. Essa região fica entre o Polo Sul e Círculo Polar Antártico.
- II. Essa região fica entre o Círculo Polar Ártico e o Trópico de Câncer.
- III. Nessa região, o Sol fica sempre abaixo do horizonte por cerca de 3 meses.
- IV. Nessa região o Sol fica sempre acima do horizonte por cerca de 3 meses.

- a) Nenhuma está correta
- b) Apenas a II e III estão corretas
- c) Apenas a I e IV estão corretas
- d) Apenas a II, III e IV estão corretas
- e) Todas estão corretas

Resposta: a) Nenhuma está correta

Comentários:

I - INCORRETA, pois vemos que Solstício Inverno/Verão ocorrem em junho/dezembro. Portanto a região está no Hemisfério Norte.

II - INCORRETA, pois como temos dois curtos períodos quando o Sol está 24 horas acima do horizonte e 24 horas abaixo do horizonte, essa região fica entre o Círculo Polar Ártico e Polo Norte.

III - INCORRETA, pois vemos no gráfico que esses períodos duram menos de 2 meses.

IV - INCORRETA, pelo mesmo motivo da explicação anterior.