29ª OBA – GABARITO DA PROVA DO NÍVEL 4
15 / 05 / 2026

(Atenção: aluno com nota final maior ou igual a 7,0 será convidado para participar das provas seletivas que formam as equipes internacionais, portanto, escreva de forma legível seu e-mail e fique atento a ele e às redes sociais da OBA.)

Veja o gabarito em nossa home page www.oba.org.br

Visto do(a) Prof(a): ___________ **Nota Final:** ____________

Dados do(a) aluno(a) (use somente letras de fôrma):

Nome completo:.. Sexo:.........

Endereço: .... Nº.............

Bairro:................................. CEP: _ _ _ _ _ - _ _ _ Cidade: .... Estado: _ _

Tel. celular: (_ _) _ _ _ _ _ - _ _ _ _ Data de Nascimento _ _/_ _/_ _

E-mail: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

(Obrigatório usar letras de fôrma e preencher o e-mail se tiver. Se não tiver, deixe em branco.)

Ano que está cursando: .... Quantas vezes participou da OBA? .....

Declaro que estou realizando esta prova em 15 de maio de 2026. ....

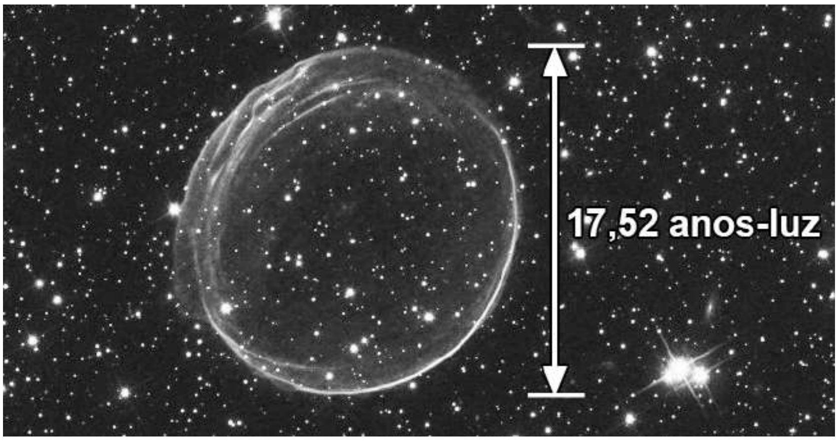
Prova fora desta data é ilegal e constitui-se em fraude punível na forma da Lei. Assinatura do aluno

Nome da escola:...

OBSERVAÇÕES IMPORTANTES. Esta prova só pode ser realizada no dia **15/05/2026**, pois em outros dias é ilegal. Ela pode ser feita no horário que a escola escolher e pode durar **até 3 horas**. Não é permitido nenhum tipo de consulta a colegas, professores, material impresso ou eletrônico. Também não pode usar nenhum tipo de calculadora.

Boa Olimpíada!

Questão 1) (1 ponto) 2) Um Remanescente de Supernova (SNR – sigla em inglês) é o invólucro gasoso resultante da morte explosiva de uma estrela, cuja onda de choque projeta material estelar para o meio interestelar com velocidades altíssimas. Em sua fase inicial, denominada expansão livre, o sistema evolui por algumas centenas de anos mantendo velocidade e temperatura interna constantes, enquanto a fronteira externa da SNR interage diretamente com o meio interestelar, varrendo o material encontrado em seu caminho. Considere que a imagem ao lado é de um SNR, em sua fase inicial, e que esta estrutura de bolha, com diâmetro **D = 17,52 anos-luz**, está se expandindo com velocidade **v = 9,5 milhões km/h.**



Baseado em seus conhecimentos e no que foi explicado no texto, assinale a opção que traz há quantos anos este SNR está nesta fase de expansão.

Dados:

1 ano-luz $\approx 9{,}5 \times 10^{12}$ km e

1 ano = 365 dias

a) (   ) 950 anos.

b) (   ) 1.752 anos.

c) (**x**) 1.000 anos.

d) (   ) 876 anos.

e) (   ) 1.500 anos.

1) - Nota obtida: _____

Resposta: 1.000 anos

v = 9,5 milhões de km/h = 9,5 × 10^6 km/h

O tempo de expansão T será o raio R (D/2) da bolha (convertido em km), dividido pela velocidade v de expansão (suposta constante durante toda essa fase):

$$T = \frac{R}{v} \leftrightarrow T = \frac{\left(\frac{17{,}52 \text{ anos-luz}}{2}\right) \times \left(9{,}5 \times 10^{12} \frac{km}{\text{ano-luz}}\right)}{9{,}5 \times 10^6 \, km/h}$$
$$T = (1.000.000 \times 8{,}76)\, h = 8.760.000 \, h$$

Para transformar horas em anos, precisamos saber quantas horas temos em 1 ano:

$$1 \, ano = 365 \, dias \times 24 \frac{h}{dia} = 8.760 \, h$$

Portanto,

$$T = \frac{8.760.000 \, h}{8.760 \, h/ano} \rightarrow T = 1.000 \, anos$$

Questão 2) (1 ponto) O desenho representa o esquema de um calendário solar indígena do Hemisfério Sul da Terra, onde a sombra do obelisco marca o início de cada estação do ano, mas também o nascer e ocaso do Sol, indicado pelas linhas no chão, numeradas de 1 a 6.

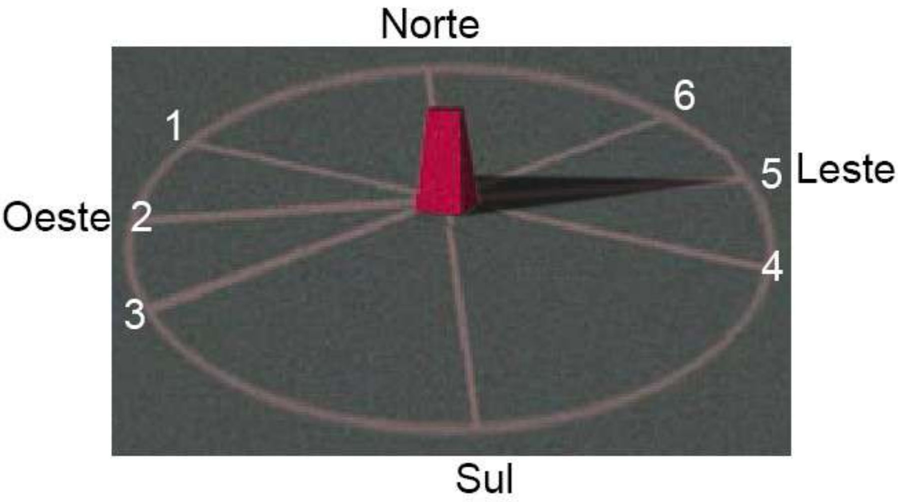


Imagem: Mitos e Estações no céu Tupi-Guarani – Scientific American Brasil/2006 (adaptado).

Baseado no desenho e em seus conhecimentos, assinale a opção correta.

a) (   ) Quando a sombra está sobre a linha 6 indica o pôr do Sol no início do Inverno.

b) (   ) Quando a sombra está sobre a linha 4 indica o pôr do Sol no início do Verão.

c) (   ) Quando a sombra está sobre a linha 5 indica o nascer do Sol no início do Outono.

d) (**x**) Quando a sombra está sobre a linha 2 indica o nascer do Sol no início da Primavera.

e) (   ) Quando a sombra está sobre a linha 3 indica o nascer do Sol no início do Verão.

2) - Nota obtida: _____

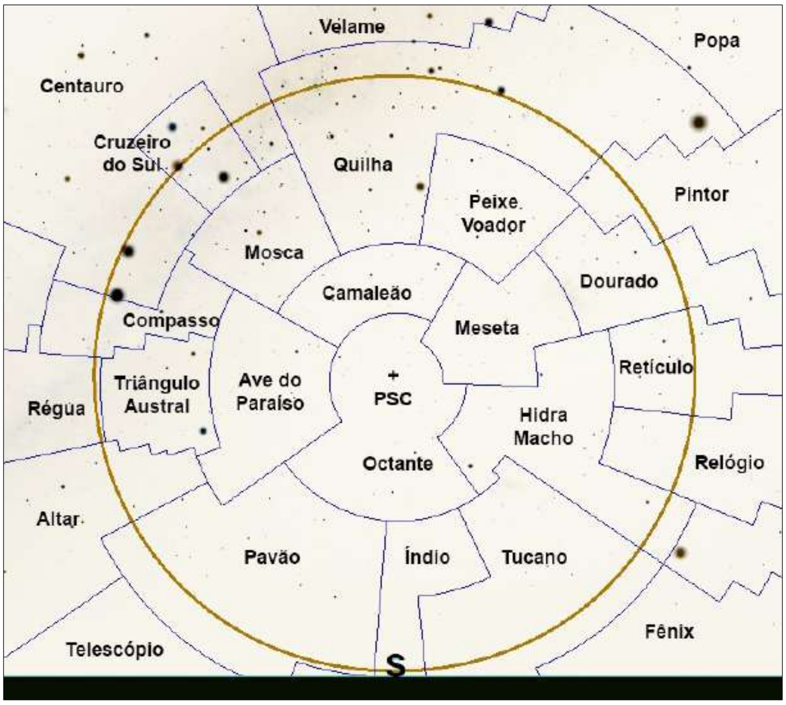
Resposta:

Pelo esquema apresentado, vemos que, quando a sombra do obelisco está sobre a linha 5, significa que o Sol está se pondo no Ponto Cardeal Oeste e, portanto, no início da Primavera ou do Outono;

Além disso, a sombra sobre a

- linha 1 significa que o Sol está nascendo mais ao sul possível do Ponto Cardeal Leste e, portanto, no início do Verão;
- linha 2 significa que o Sol está nascendo no Ponto Cardeal Leste e, portanto, no início da Primavera ou do Outono (opção correta);
- linha 3 significa que o Sol está nascendo mais ao norte possível do Ponto Cardeal Leste e, portanto, indicando o início do Inverno;
- linha 4 significa que o Sol está se pondo mais ao norte possível do Ponto Cardeal Oeste e, portanto, indicando o início do Inverno;
- linha 6 significa que o Sol está se pondo mais ao sul possível do Ponto Cardeal Oeste e, portanto, indicando o início do Verão;

Questão 3) (Até 1 ponto) A imagem a seguir é uma simulação, feita com o software gratuito Stellarium, e corresponde à visão do céu da cidade de Porto Alegre/RS, na direção do Ponto Cardeal Sul (S). O Polo Sul Celeste (PSC) pode ser identificado, assim como os nomes de algumas constelações e seus limites.



A circunferência centrada no PSC delimita as estrelas que são circumpolares para esta cidade, ou seja, para o morador de Porto Alegre, estas estrelas estão sempre acima do horizonte.

Atenção: Baseado nas informações contidas na imagem**, PRIMEIRO** coloque **C,** de certo, ou **E,** de errado, na frente de cada afirmação abaixo e, **DEPOIS**, assinale a alternativa que contém a sequência correta de **C** e **E**.

1ª) (**C**) Se Porto Alegre estivesse localizada mais próxima da Linha do Equador, o raio da circunferência no mapa diminuiria, reduzindo o número de estrelas circumpolares.

2ª) (**C**) A Constelação do Tucano é cortada pela circunferência, o que a torna parcialmente circumpolar.

3ª) (**C/E**) A constelação do Grou é visível no mapa, mas não é considerada circumpolar para Porto Alegre. **COMO GROU NÃO APARECEU NO MAPA CONSIDERAMOS C/E COMO CERTO!**

4ª) (**E**) Pelo fato de a Constelação da Quilha ser cortada pela circunferência, podemos afirmar que algumas de suas estrelas nunca podem ser vistas de Porto Alegre.

5ª) (**C**) As duas estrelas mais brilhantes da Constelação do Centauro podem ser observadas em qualquer noite do ano em Porto Alegre, desde que o céu esteja limpo.

a) (**X**) 1ª (**C**) – 2ª (**C**) – 3ª (**C**) – 4ª (**E**) – 5ª (**C**). 1,0 PONTO

b) (   ) 1ª (**E**) – 2ª (**C**) – 3ª (**C**) – 4ª (**E**) – 5ª (**C**). 0,6 PONTO

c) (   ) 1ª (**C**) – 2ª (**E**) – 3ª (**E**) – 4ª (**E**) – 5ª (**C**). Passou de 0,4 para 0,6 PONTO

d) (   ) 1ª (**E**) – 2ª (**C**) – 3ª (**C**) – 4ª (**C**) – 5ª (**E**). 0,2 PONTO

e) (   ) 1ª (**C**) – 2ª (**E**) – 3ª (**E**) – 4ª (**C**) – 5ª (**E**). Passou de 0,0 para 0,2 PONTO

3) - Nota obtida: _____

- A 1ª afirmação é **verdadeira**, pois o raio da circunferência circumpolar é numericamente igual à latitude do observador. Em latitudes menores (mais perto da Linha do equador), a circunferência encolhe até desaparecer sobre a própria Linha do Equador.
- A 2ª afirmação é **verdadeira**, pois o limite circumpolar atravessa a constelação do tucano, significando que algumas das suas estrelas nunca se põem, enquanto outras sim.
- A 3ª afirmação **FOI CONSIDERADA verdadeira ou falsa como CORRETA**, pois não apareceu no mapa.
- A 4ª afirmação é **falsa**, pois estar fora da circunferência circumpolar significa apenas que a estrela nasce e se põe no horizonte. Para ser permanentemente invisível, a estrela teria que estar muito próxima ao Polo Norte celeste.
- A 5ª afirmação é **verdadeira**, pois vemos na imagem que as “Guardiãs do Cruzeiro do Sul” (Alpha Centauri e Beta Centauri) estão dentro do limite da circunferência circumpolar para Porto Alegre.

Questão 3 da Prova do nível 4 – Esclarecimentos da errata.

Infelizmente, devido a um problema de imagens a constelação do Grou acabou não sendo exibida na figura da prova e ela era citada na terceira afirmação.

Como ela não impacta nas demais afirmações, qualquer marcação feita para a terceira afirmativa (C ou E) será considerada como certa e a pontuação foi alterada conforme acima explicado, ou seja, a letra (c) que valia 0,4 ponto passou a valer 0,6 ponto, pois também tem 4 afirmações corretas e a alternativa (e) passou de 0,0 ponto para 0,2 ponto, pois também tem duas afirmações corretas.

Lamentamos o ocorrido.

•

Questão 4) (1 ponto) Uma sonda interestelar viaja em linha reta do Sol em direção à uma estrela Anã Vermelha próxima do nosso Sistema Solar, localizada a uma distância de **5,2 anos-luz de nós.** Sabemos que o brilho aparente (**b**) de uma estrela depende de sua Luminosidade intrínseca (**L**) e da distância (**d**) do observador à estrela, seguindo a lei:

$$b = \frac{L}{4\pi d^2}$$

Considere os seguintes dados:

A luminosidade da estrela **(L_E)** é muito menor que a do Sol **(L_{Sol})** → **L_E = 0,0016 L_{Sol}**

A distância total entre as duas estrelas é **D = 5,2 anos-luz.**

A que distância, **X**, do Sol, **em anos-luz**, a sonda deve estar para que o brilho aparente do Sol e o da estrela Anã Vermelha, sejam idênticos para os sensores da nave?

Assinale a opção correta.

a) (x) 5,0 anos-luz.

b) (   ) 5,1 anos-luz.

c) (   ) 4,9 ano-luz.

d) (   ) 4,8 ano-luz.

e) (   ) 4,7 anos-luz.

4) - Nota obtida: _____

Resposta: 5,0 anos-luz

Para que os brilhos sejam iguais, devemos igualar as equações de brilho aparente para ambas as estrelas do ponto de vista da sonda: $b_{Sol} = b_E$.

Substituindo na equação dada, temos:

$$\frac{L_{Sol}}{4\pi x^2} = \frac{L_E}{4\pi (D-x)^2}$$

Onde: x é a distância da sonda ao Sol e (D - x) é a distância da sonda à estrela.

Podemos cancelar o termo 4π e reorganizar a equação para isolar as distâncias e depois fazer a substituição dos valores:

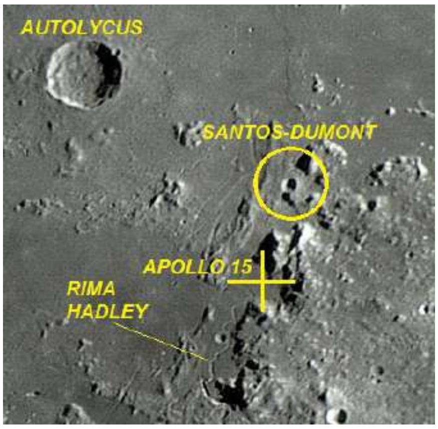
$$\frac{(D-x)^2}{x^2} = \frac{L_E}{L_{Sol}} \rightarrow \sqrt{\frac{(D-x)^2}{x^2}} = \sqrt{\frac{L_E}{L_{Sol}}} \rightarrow \frac{(5{,}2-x)}{x} = \sqrt{0{,}0016} = 0{,}04$$

$$5{,}2 - x = 0{,}04x \rightarrow 5{,}2 = x + 0{,}04x \rightarrow 5{,}2 = 1{,}04x$$

$$x = \frac{5{,}2}{1{,}04} = 5{,}0 \text{ anos-luz}$$

A sonda precisaria estar a 5,0 anos-luz do Sol.

Isso significa que ela estaria a apenas 0,2 ano-luz da Anã Vermelha (5,2 - 5,0). Esse resultado faz todo o sentido físico, pois como o Sol é muito mais luminoso que a Anã Vermelha, a sonda precisa chegar "na cara" da estrela menor para que o brilho dela consiga se igualar ao brilho do Sol visto de longe.



Questão 5) (1 ponto) A Cratera Santos-Dumont, uma homenagem ao inventor brasileiro Alberto Santos-Dumont (1873 - 1932), pioneiro da aviação, é uma pequena cratera de impacto lunar com diâmetro (**D**) de 8,1 km, localizada na margem leste do *Mare Imbrium*, a aproximadamente 54 km do local de pouso da missão Apollo 15.

Imagem: vaztolentino.com

Imagine que o fundo do seu olho funciona como a tela de um celular cheia de "pixels", que são pequenas células sensíveis à luz. O que chamamos de **resolução** é a nossa capacidade de ver dois pontos próximos como objetos separados em vez de um único ponto. Ou seja, se dois objetos estão muito juntos, a luz deles atinge a mesma célula receptora, fazendo o nosso cérebro pensar que eles são uma coisa só.

Em termos angulares, se dois pontos estão a menos de **1 minuto de arco (θ = 1' = 1º/60)** eles são vistos como um só. E é por isso que, do quintal da sua casa, sem um telescópio, você não consegue ver a cratera Santos-Dumont.

Agora, considere a tripulação da **Artemis II** se aproximando da Lua e um astronauta olhando para a Lua pela escotilha.

Assinale a opção que traz a distância mínima, **S,** que a cápsula precisaria estar da superfície da Lua para que a cratera Santos-Dumont pudesse ser distinguível como algo a mais que um simples ponto.

Dica: use a aproximação de pequenos ângulos, que relaciona o tamanho linear de um objeto (neste caso, o diâmetro **D** da cratera), à distância até ele (**S**) e o seu tamanho angular (θ): **D = S** $\times$ θ (onde θ é medido em radianos). **Dado:** 1 minuto de arco (1') = 3×10^{-4} radianos.

Assinale a opção correta.

a) (   ) 30.000 km.

b) (x) 27.000 km.

c) (   ) 8.100 km.

d) (   ) 19.050 km.

e) (   ) 81.000 km.

5) - Nota obtida: _____

Resolução. Como a resolução do olho humano é de 1 minuto de arco (1'), precisamos descobrir a que distância 8 km "encolhem" visualmente até atingirem esse valor.

A fórmula fundamental é: D = S $\times$ θ (lembrando que ela é válida com o ângulo expresso em radianos)

Onde: D = 8,1 km (diâmetro da cratera), $\theta = 3 \times 10^{-4}$ rad e S = distância

Isolando d, temos:

$$S = \frac{D}{\theta} \rightarrow S = \frac{8{,}1\ km}{3 \times 10^{-4} rad} = \frac{8{,}1 \times 10^{4} km}{3} \rightarrow S = 27.000\ km$$

Questão 6) (1 ponto) As manchas solares são áreas na fotosfera solar com temperaturas inferiores ao seu entorno devido a intensos campos magnéticos locais. Esse magnetismo impede o processo de convecção, dificultando a subida do calor interno e gerando regiões de aproximadamente 3.800 °C. Por emitirem menos luz que a superfície comum, que atinge 5.500 °C, elas aparecem como pontos escuros por puro contraste visual.

Ao longo dos anos, os astrônomos perceberam que o número de manchas solares atingia um número máximo (máximo solar), depois de um tempo esse número ia diminuindo até desaparecerem completamente da superfície do Sol (mínimo solar), para depois voltarem a aparecer e crescer em número. Este fenômeno foi chamado de Ciclo Solar e tem, em média, a duração de 11 anos.
Monitorar os ciclos solares é fundamental para prever o clima espacial e proteger a infraestrutura tecnológica terrestre. Durante o máximo solar explosões podem danificar componentes de satélites, interromper sinais de GPS e sobrecarregar redes de energia elétrica. Além disso, esse acompanhamento garante a segurança de astronautas, permitindo planejar missões fora de períodos de emissão de radiação solar crítica.

O gráfico a seguir traz em detalhe a contagem de manchas solares dos últimos 5 Ciclos Solares, do **Ciclo Solar 21** ao atual **Ciclo Solar 25**. A pequena barra na parte inferior do gráfico mostra todos os ciclos solares completos, desde o **Ciclo Solar 1** até o **Ciclo Solar 25** e podemos ver que a contagem de manchas não é constante ao longo dos ciclos, podendo ter ciclos com muitas manchas (ciclos “fortes”) e ciclos com poucas manchas (ciclos “fracos”).

Baseado nas informações contidas no gráfico, avalie as seguintes afirmações e depois assinale a opção correta.

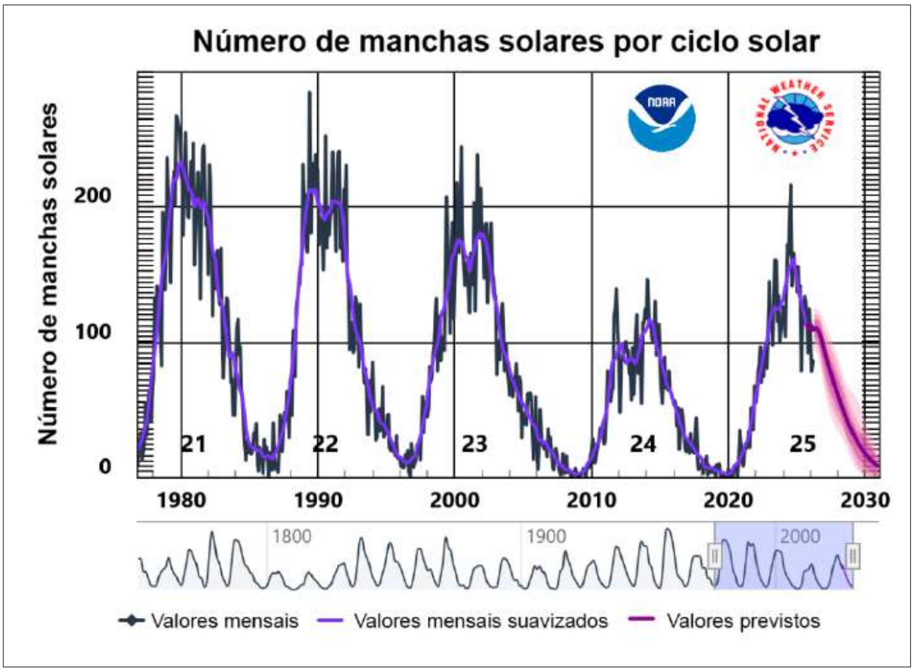


Imagem: National Oceanic and Atmospheric Administration (adaptada).

I. Se o Ciclo Solar 25 tiver um período de exatos 11 anos e se ele começou no início de 2020, então o próximo Máximo Solar ocorrerá apenas em 2031;

II. O gráfico demonstra que o Sol alterna obrigatoriamente entre um ciclo “forte’ e um ciclo “fraco” a cada 22 anos;

III. Analisando o Ciclo Solar 24, observa-se que o tempo de subida (do mínimo ao máximo) foi menor do que o tempo de declínio (do máximo ao mínimo);

IV. Dos ciclos monitorados, mostrados na pequena barra na parte inferior do gráfico, os Ciclos Solares 5 e 6 foram os mais “fracos”;

V. O Sol tem sido monitorado quanto ao número de manchas desde antes do ano de 1800.

Assinale a opção correta.

a) (**X**) Apenas I e II estão incorretas.

b) (   ) Apenas a I está incorreta.

c) (   ) II, IV e V estão corretas.

d) (   ) Apenas III e V estão corretas.

e) (   ) Todas estão corretas.

6) - Nota obtida: _____

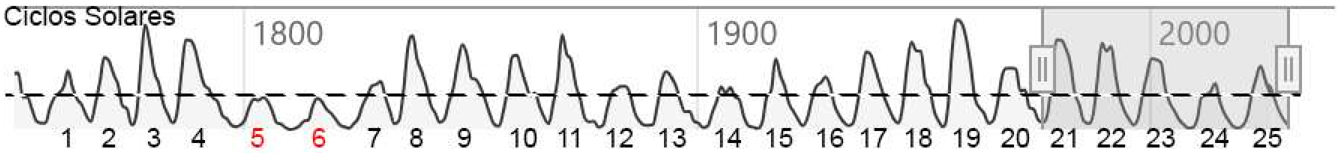
Resposta: a) Apenas I e II estão incorretas.

A afirmação I está incorreta, pois o período de 11 anos se refere ao ciclo completo (mínimo a mínimo). O máximo ocorre, aproximadamente, na metade do ciclo, ou seja, cerca de 5,5 anos após o início.

A afirmação II está incorreta, pois o gráfico mostra uma sequência de ciclos fortes (21, 22 e 23) seguidos por um fraco (24) e uma subida de intensidade (25), não confirmando uma alternância binária rígida.

A afirmação III está correta, pois o ciclo atingiu seu pico por volta de 2014 (aproximadamente 5 anos após o início em 2009) e retornou ao mínimo apenas em 2020 (aproximadamente 6 anos de descida), seguindo uma assimetria comum dos ciclos solares.

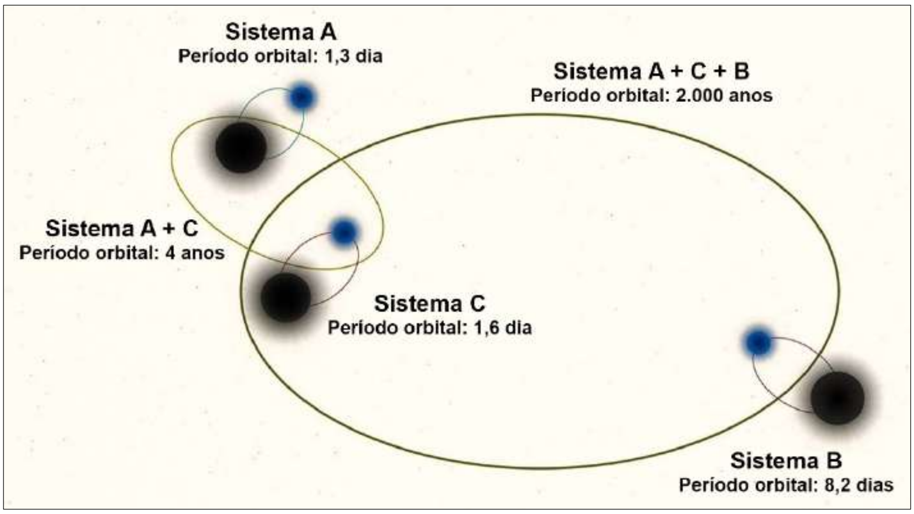
A afirmação IV está correta, pois a pequena barra na parte inferior do gráfico confirma isso:



A afirmação V está correta, pois o gráfico de visão geral inferior mostra registros históricos que começam em meados de 1750, permitindo a comparação de séculos de atividade solar.

Questão 7) (Até 1 ponto) O Satélite de pesquisa de exoplanetas em trânsito, TESS (sigla em inglês), identificou um sistema estelar que consiste em seis estrelas, que fica a aproximadamente 1.900 anos-luz da Terra, na constelação de Eridanus. A descoberta foi anunciada em janeiro de 2021.

TIC 168789840, também conhecido como TYC 7037-89-1, é um sistema estelar com três pares de estrelas binárias: o **Sistema A**, com período orbital de **1,3 dia**, o **Sistema B**, com período orbital de **8,2 dias** e o **Sistema C**, com período orbital de **1,6 dia**. Os Sistemas **A e C**, por sua vez, orbitam em torno de um centro de massa comum, formando o **Sistema A+C**, com período orbital de **4 anos**. E este **Sistema A+C** orbita um centro de massa comum com o **Sistema B**, formando o **Sistema A+C+B**, com um período orbital de **2.000 anos**. A imagem a seguir, fora de escala, traz esta espetacular configuração orbital. **Atenção**: Baseado nas informações contidas no texto e na imagem, **PRIMEIRO** coloque **C,** de certo, ou **E,** de errado, na frente de cada afirmação abaixo e, **DEPOIS**, assinale a alternativa que contém a sequência correta de **C** e **E**.



1ª) (C) O Sistema **B** orbita o centro de massa comum do Sistemas **A+C**.

2ª) (C) No tempo exato em que o Sistema **B** (mais lento) completa 10 órbitas em torno de seu próprio centro de massa, o Sistema **C** (mais rápido) terá completado mais de 50 órbitas completas.

3ª) (E) Considerando um ano terrestre padrão de 365 dias, o par de estrelas do Sistema **A** realiza menos de 1.000 voltas completas entre si durante o tempo necessário para que o conjunto **A+C** complete uma única volta de 4 anos.

4ª) (E) Supondo que a massa total do conjunto **A+C** seja aproximadamente igual à massa do Sistema B, se a distância média entre os centros de massa de **A+C** e de **B** fosse quadruplicada, o novo período orbital dessa órbita externa passaria a ser de aproximadamente 8 mil anos.

5ª) (C) O período orbital do conjunto completo (Sistema **A+C+B**) é 500 vezes maior do que o período orbital da Sistema **A+C**.

a) (X) 1ª (C) – 2ª (C) – 3ª (E) – 4ª (E) – 5ª (C) 1,0 ponto

b) ( ) 1ª (C) – 2ª (C) – 3ª (C) – 4ª (E) – 5ª (C) 0,6 ponto

c) ( ) 1ª (C) – 2ª (E) – 3ª (C) – 4ª (E) – 5ª (C) 0,4 ponto

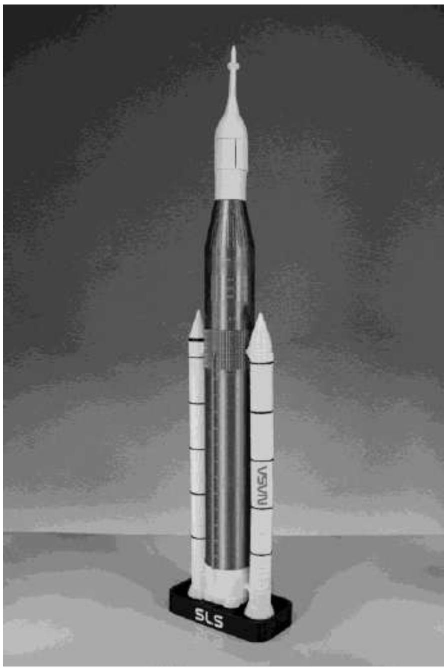
d) ( ) 1ª (C) – 2ª (E) – 3ª (C) – 4ª (C) – 5ª (C) 0,2 ponto

e) ( ) 1ª (E) – 2ª (E) – 3ª (C) – 4ª (C) – 5ª (E) 0,0 ponto

7) - Nota obtida: _____

- A 1ª afirmação é **verdadeira**, pois o sistema A + C possui um centro de massa comum, que por sua vez possui um centro de massa comum com o sistema B;
- A 2ª afirmação é **verdadeira**, pois o tempo total para o sistema B completar 10 órbitas é igual a (10 × 8,2 dias) 82 dias. Neste mesmo período, o sistema C completa [82 dias/(1,6 dia/órbita)] 51,25 órbitas;
- A 3ª afirmação é **falsa**, pois o período orbital do sistema A + C vale (4 × 365 dias) 1.460 dias. Neste mesmo período o sistema A completa ([1.460 dias/(1,3 dia/órbita)], aproximadamente, 1.123 órbitas, portanto mais de 1.000.
- A 4ª afirmação é **falsa**, pois sabemos que a Terceira Lei de Kepler afirma que o quadrado do período orbital é proporcional ao cubo da distância ($P^2 \propto a^3$). Se a distância **a** é multiplicada por 4, então o novo período P' será: $P' = P \times \sqrt{(4^3)} = P \times \sqrt{64} = 8P$. Portanto o novo período orbital seria de (8 × 2.000 anos) 16.000 anos;
- A 5ª afirmação é **verdadeira**, pois (período orbital de A +C + B)/(período orbital de A + C) é igual a (2.000 anos/4 anos) 500.

Questão 8) (Até 1 ponto) A missão Artemis II, que levou a tripulação para orbitar a Lua, não tinha um só foguete, mas sim, três foguetes combinados no primeiro estágio. O conjunto recebeu o nome de Sistema de Lançamento Espacial ou em inglês “Space Launch System" (SLS).



O foguete SLS da Missão Artemis II utiliza dois tipos diferentes de propulsão na decolagem. **Primeiro**: Nas laterais, estão os dois Foguetes de propelente sólido (sigla em inglês SRBs). Estes foguetes são similares aos foguetes de propulsão sólida da OBAFOG, os quais uma vez ligados só desligam quando termina o propelente. **Segundo**: No centro estão os Motores RS-25 de Combustível Líquido. Estes motores são versáteis, pois são como o acelerador de um carro, ou seja, você pode acelerar “pisando mais forte” no pedal ou desacelerar “aliviando o pé”, ou até “tirar o pé”.

Atenção: Baseado nas informações contidas no texto e nos seus conhecimentos, **PRIMEIRO** coloque **C,** de certo, ou **E,** de errado, na frente de cada afirmação abaixo e, **DEPOIS**, assinale a alternativa que contém a sequência correta de **C** e **E**.

1ª) (**E**) Os motores de combustível líquido (RS-25) fornecem a maior parte do empuxo na hora da decolagem, sendo impossíveis de serem desligados após a ignição.

2ª) (**E**) Os foguetes de combustível sólido (SRBs) são conhecidos por sua alta eficiência e pela facilidade de controlar a potência do empuxo durante o voo, permitindo acelerar ou desacelerar o foguete conforme a necessidade.

3ª) (**C**) Uma vantagem dos motores de combustível líquido, como os do estágio central do SLS, é que eles podem ser controlados, ter sua potência ajustada e até serem desligados em caso de emergência, ao contrário dos motores sólidos.

4ª) (**E**) O combustível sólido utilizado nos SRBs é composto por uma mistura de Hidrogênio Líquido e Oxigênio Líquido, que deve ser mantida em temperaturas extremamente baixas (criogênicas).

5ª) (**E**) Tanto os motores sólidos quanto os líquidos do SLS funcionam sem a necessidade de oxigênio, pois no espaço não existe ar para manter a combustão.

a) (   ) 1ª (C) – 2ª (E) – 3ª (C) – 4ª (C) – 5ª (C) 0,2 ponto

b) (   ) 1ª (C) – 2ª (E) – 3ª (C) – 4ª (E) – 5ª (E) 0,6 ponto

c) (   ) 1ª (E) – 2ª (C) – 3ª (E) – 4ª (E) – 5ª (E) 0,4 ponto

d) (**X**) 1ª (E) – 2ª (E) – 3ª (C) – 4ª (E) – 5ª (E) 1,0 ponto

e) (   ) 1ª (E) – 2ª (C) – 3ª (E) – 4ª (C) – 5ª (C) 0,0 ponto

8) - Nota obtida: _____

Questão 9) (1 ponto) O motor do segundo estágio da Artemis II, chamado de Estágio de Propulsão Criogênica Provisório (ou Interino) (ICPS) (*Interim Cryogenic Propulsion Stage*), utiliza um único motor **RL10C-3**. Ele é o grande responsável pela manobra de Injeção Trans-Lunar (TLI), que tira a nave da órbita da Terra e a "arremessa" em direção à Lua. Este motor é projetado para ligar e desligar várias vezes no vácuo, o que é essencial para ajustar a trajetória exata da missão Artemis II.

À medida que os motores queimam o combustível, o nave fica mais leve, o que permite que a mesma quantidade de força (empuxo) gere uma aceleração muito maior.

Dados do Problema: Massa Inicial do Estágio Superior (com combustível): ~**30.000 kg**
Massa Final (após a manobra TLI, sem combustível): ~**10.000 kg**
Empuxo do Motor RL10C-3: **105.900 N.**

a) Calcule a aceleração do segundo estágio, com a cápsula Órion, com a massa inicial dada.
b) Calcule a aceleração do segundo estágio, com a cápsula Órion, com a massa final dada.
c) Calcule quantas vezes a aceleração final é maior do que a inicial, obtidas nos itens a e b.

Assinale a alternativa que contém as respostas corretas aos itens a, b, c, nesta ordem.

a) (   ) 3,53 m/s^2, 11,60 m/s^2, 3,29
b) (X) 3,53 m/s^2, 10,59 m/s^2, 3,00
c) (   ) 3,53 m/s^2, 12,60 m/s^2, 3,57
d) (   ) 10,60 m/s^2, 3,53 m/s^2, 0,33
e) (   ) 10,60 m/s^2, 4,53 m/s^2, 0,43

9) - Nota obtida: _____

Resolução: $F = ma \ ou \ a = \frac{F}{m}$ A força empuxo é constante e igual a 105.900 N.

Aceleração inicial: $a_i = \frac{105.900}{30.000} = 3{,}53\ \frac{m}{s^2}$

Aceleração final: $a_f = \frac{105.900}{10.000} = 10{,}59\ \frac{m}{s^2}$

$\frac{a_f}{a_i} = \frac{10{,}59}{3{,}53} = 3{,}00$

Questão 10) (1 ponto) O movimento do foguete de garrafa PET, lançado de forma oblíqua é a composição do Movimento Retilíneo e Uniforme (MRU) na horizontal e do Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV) na vertical e as equações básicas do MRU e do MRUV são dadas pelas quatro equações abaixo (supondo o eixo y apontando para cima), as quais são suficientes para resolver qualquer problema de movimento balístico sem a resistência do ar.

$$V_x(t) = V_{0x} \quad (Eq.1) \qquad e \qquad x(t) = V_{0x}\, t \quad (Eq.2)$$

$$V_y(t) = V_{0y} - gt \quad (Eq.3) \quad e \quad y(t) = V_{0y}\, t - \frac{1}{2}gt^2 \quad (Eq.4)$$

Lembrando que: $V_{0x} = V_0 \cos\theta_0 \quad (Eq.5) \;\; e \;\; V_{0y} = V_0 \operatorname{sen}\theta_0 \quad (Eq.6)$

Onde V_0 é a velocidade com que o foguete é lançado, θ_0 é o ângulo em relação ao solo no qual o foguete foi lançado, estamos supondo a 45 graus, a aceleração gravitacional local é g = 10,0 m/s^2.

V_x e V_y são as componentes das velocidades horizontal e vertical respectivamente num instante t qualquer. V_{ox} e V_{oy} são as velocidades horizontal e vertical no instante inicial do lançamento, respectivamente.

No ponto mais alto do movimento do foguete, quando lançado em qualquer ângulo em relação ao solo (exceto no ângulo igual a zero) a componente do vetor velocidade na vertical é zero. Ou seja, no topo da parábola a componente do vetor velocidade na vertical é zero, isto é, $V_y = 0$.

Considere que um foguete de garrafa PET foi lançado com velocidade inicial $V_0 = 80\ ms^{-1}$.

Assinale a alternativa que contém os valores corretos do alcance máximo, X_{max}, e altura máxima, Y_{max}, atingida pelo foguete, nesta ordem. Dado: $\cos 45^o = sen 45^o = 0{,}7$. Use g = 10 ms^{-2}. Sugestão: Calcule o tempo de subida até o Y_{max}.

a) (   ) 637,2 m e 157,8 m.

b) (   ) 627,8 m e 156,0 m.

c) (X) 627,2 m e 156,8 m.

d) (   ) 607,8 m e 146,8 m.

e) (   ) 650,0 m e 1550,0 m.

10) - Nota obtida: _____

Resolução: $V_y(t) = V_{0y} - gt \quad (Eq.3)$ Mas em Y_{max} temos que $V_y = 0$ e $t = t_s$ (tempo de subida), logo:

$$t_s = \frac{-V_o sen(45^0)}{-g} = \frac{80 \times 0{,}7}{10} = 8 \times 0{,}7 = 5{,}6\ s = t_s = t_{subida}$$

$Y_{max} = V_o sen(45^o) \times t_s - \frac{1}{2}gt_s^2$, substituindo os valores: $Y_{max} = V_o sen(45^o) \times t_s - \frac{1}{2}gt_s^2$

$$Y_{max} = 80 \times 0{,}7 \times 5{,}6 - \frac{1}{2}10 \times 5{,}6^2 = \mathbf{156{,}8\ m} = \boldsymbol{Y_{max}}$$

$$X_{max} = V_o cos(45^o) \times 2 \times t_s = 80 \times 0{,}7 \times 2 \times 5{,}6 = \mathbf{627{,}2\ m} = \boldsymbol{X_{max}}$$