



OLIMPIADA BRASILEIRA DE
ASTRONOMIA E ASTRONÁUTICA



astro1.webnode.page

Resumo Teórico - OBA

Prof. Thiago Paulin Caraviello

Índice

Orientações Gerais	01
Resumo Teórico	02
Prova OBA 2023	09
Prova OBA 2024	15
Prova OBA 2025	21
Gabaritos	25

Orientações Gerais

- Em 2026, a prova da OBA acontecerá no dia **15 de maio (sexta-feira)** de forma presencial.
- Há uma única prova para os alunos do 1º ao 3º ano do ensino médio (nível 4) composta por 7 questões de Astronomia e 3 de Astronáutica com valor total de 10 pontos.
- *Não é permitido o uso de calculadora na prova da OBA.*
- Os resultados da OBA poderão ser consultados diretamente no site *oba.org.br* a partir do mês de junho.
- Os alunos do ensino médio com notas iguais ou maiores que 7 pontos e os alunos do 9º ano do ensino fundamental com notas iguais ou maiores que 9 pontos, serão convidados para a seletiva das equipes das competições internacionais de Astronomia, ou seja, as equipes que vão compor a OLAA (Olimpíada Latino-americana de Astronomia e Astronáutica) e da IOAA (*International Olympiad on Astronomy and Astrophysics*). No final do processo, comissão organizadora da OBA selecionará 10 estudantes, 5 para a OLAA e 5 para a IOAA.

Intervalo de Notas para Medalhas – (Referência: 28ª OBA de 2025)

Nível	Medalha de Ouro	Medalha de Prata	Medalha de Bronze
1	Nota = 10	$10 > \text{Nota} \geq 9,60$	$9,60 > \text{Nota} \geq 9,20$
2	Nota = 10	$10 > \text{Nota} \geq 9,40$	$9,40 > \text{Nota} \geq 8,80$
3	$10 \geq \text{Nota} \geq 9,60$	$9,60 > \text{Nota} \geq 9,00$	$9,00 > \text{Nota} \geq 8,40$
4	$10 \geq \text{Nota} \geq 9,40$	$9,40 > \text{Nota} \geq 9,00$	$9,00 > \text{Nota} \geq 8,20$

OBS: As faixas não são fixas, ou seja, sofrem alterações a cada edição.

Resumo Teórico

Sistema Solar

É o conjunto de corpos que orbitam o Sol. Composto pelo Sol, oito planetas e pequenos corpos celestes como: planetas-anões, satélites naturais, cometas, asteroides e meteoroides.

Características gerais dos planetas

Um planeta deve respeitar três condições:

- *Estar em órbita ao redor de uma estrela sem emitir luz própria;*
- *Ter gravidade suficiente para adquirir forma aproximadamente esférica;*
- *Ser o objeto de massa dominante em sua órbita.*

Existem dois tipos básicos de planetas no Sistema Solar:

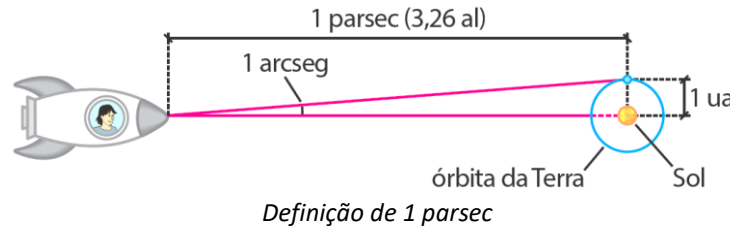
- **Telúricos:** planetas parecidos com a Terra, rochosos. Pequena massa ($\leq 1 M_{Terra}$) grande densidade, entre 4g/cm^3 e $5,5\text{g/cm}^3$, próximos ao Sol, poucos ou nenhum satélite natural (luas). Formados por rochas e metais pesados. São planetas telúricos: Mercúrio, Vênus, Terra e Marte.
 - *Mercúrio:* menor planeta do Sistema Solar e também o mais próximo do Sol.
 - *Vênus:* planeta mais quente do Sistema Solar e objeto mais brilhante do céu depois do Sol e da Lua Cheia.
 - *Terra:* planeta mais próximo do Sol a possuir um satélite natural: Lua. Único planeta até o momento onde foi encontrado vida.
 - *Marte:* também conhecido como planeta vermelho devido a presença de óxido de ferro em sua superfície.
- **Jovianos:** Planetas parecidos com Júpiter, gasosos. Grande massa ($\geq 14 M_{Terra}$), pequena densidade, entre $0,7\text{g/cm}^3$ e $1,8\text{g/cm}^3$, distantes do Sol, grande número de satélites naturais. Formados por elementos leves como hidrogênio e hélio. Todos os planetas jovianos possuem anéis. São planetas jovianos: Júpiter, Saturno, Urano e Netuno.
 - *Júpiter:* maior planeta do Sistema Solar. Com um pequeno telescópio, em 1610, Galileu Galilei observou 4 luas em Júpiter: Io, Europa, Ganimedes e Calisto. A característica Mancha Vermelha visível em sua superfície é uma enorme tempestade.
 - *Saturno:* devido aos seus anéis, constituídos essencialmente por cristais de gelo, é talvez, um dos planetas mais conhecidos do Sistema Solar, sendo o mais afastado da Terra que é possível observar a olho nu. A densidade de Saturno é menor do que da água ($d_{Sat} = 0,7\text{ g/cm}^3$).
 - *Urano:* Talvez a característica mais original do terceiro dos gigantes gasosos seja a inclinação do seu eixo de rotação que é de 98° em relação à perpendicular ao plano de sua órbita. Lembre-se que, para a Terra, essa inclinação é de aproximadamente $23,5^\circ$.
 - *Netuno:* Até o rebaixamento de Plutão em 2006, Netuno era considerado o penúltimo planeta mais próximo do Sol, mas isso nem sempre se verifica. A órbita elíptica de Plutão o faz, em determinadas situações, ficar mais perto do Sol do que Netuno, isso porque as órbitas dos dois planetas se cruzam.

DISTRIBUIÇÃO DE MASSA NO SISTEMA SOLAR	
Componente	Massa
Sol	99,85%
Júpiter	0,10%
Demais planetas	0,04%
Cometas	0,01%
Satélites naturais	0,00005%
Asteroides	0,0000002%
Meteoroides	0,0000001%

Distâncias em Astronomia

Para descrever distâncias em Astronomia, muitas vezes faz-se necessário o uso de unidades específicas, uma vez que os números envolvidos são extremamente grandes em relação à escala que vivemos. A unidade astronômica (*ua*), o ano-luz (*al*) e o parsec (*pc*) são unidades de medidas muito utilizadas nesta área.

- 1 *ua*: distância média da Terra ao Sol. 1 *ua* = 150 milhões de *km*
- 1 *al*: distância percorrida pela luz no vácuo em 1 ano. 1 *al* = 9,5 trilhões de *km*
- 1 *pc*: distância na qual se vê o raio da órbita da Terra (1 *ua*) sob um ângulo de 1 segundo de arco.
1 *pc* = 3,26 *al* = 31 trilhões de *km*

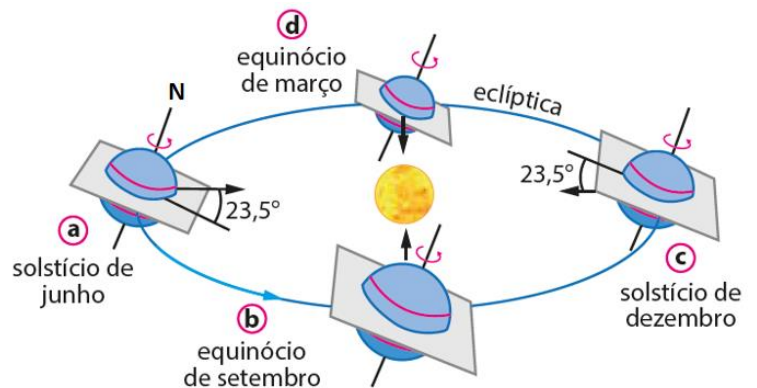


Estações do ano

O início das estações do ano é marcado por fenômenos astronômicos chamados de solstício e equinócio que estão relacionados à incidência dos raios solares e à inclinação da Terra. Como a Terra efetua o movimento de translação com o seu eixo de rotação inclinado cerca de 23,5°, em relação a perpendicular do seu plano orbital em torno do Sol (denominado plano da eclíptica), a incidência de luz sobre os hemisférios é diferente. Em algumas épocas, o hemisfério norte recebe mais luz que o hemisfério sul, em outras épocas o processo se inverte.

O solstício representa a situação em que um dos hemisférios recebe a máxima radiação solar, isto é, o Sol estará em seu auge ao norte ou ao sul (pontos **a** e **c** da figura ao lado). Esse fenômeno ocorre em dois momentos do ano, em junho e em dezembro.

Quando a incidência solar é máxima em um dos hemisférios, ocorre o solstício de verão. Já quando a incidência solar é mínima em um dos hemisférios, ocorre o solstício de inverno. O solstício de verão é caracterizado por ter a noite mais curta do ano. No solstício de inverno temos a noite mais longa do ano.



- a** trópico de Câncer voltado para o Sol **b** Equador voltado para o Sol **c** trópico de Capricórnio voltado para o Sol **d** Equador voltado para o Sol

Hemisfério Norte	Hemisfério Sul
Solstício de verão (a): tem início no mês de junho. O Sol incide perpendicularmente sobre o Trópico de Câncer. - Datas: 20 e 21 de junho.	Solstício de verão (c): tem início no mês de dezembro. O Sol incide perpendicularmente sobre o Trópico de Capricórnio. - Datas: 20 e 21 de dezembro.
Solstício de inverno (c): tem início no mês de dezembro. O Sol incide perpendicularmente sobre o Trópico de Capricórnio. - Datas: 20 e 21 de dezembro.	Solstício de inverno (a): tem início no mês de junho. O Sol incide perpendicularmente sobre o Trópico de Câncer. - Datas: 20 e 21 de junho.

O equinócio representa o posicionamento médio do Sol em relação à Terra, isto é, nenhum dos hemisférios está inclinado em relação ao Sol, estando seus raios incidindo diretamente sobre a linha do Equador, iluminando, então, igualmente os dois hemisférios (pontos **b** e **d** da figura). Esse fenômeno ocorre em dois momentos do ano, em março e setembro.

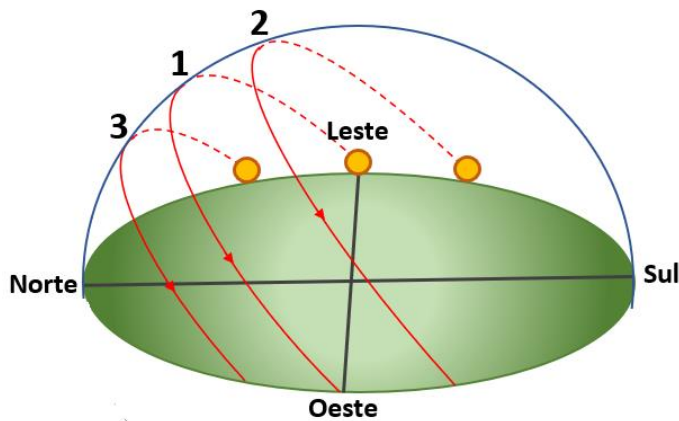
A ocorrência do equinócio dá início à primavera e ao outono. Em razão da mesma intensidade dos raios solares nos dois hemisférios, os dias e as noites possuem a mesma duração.

Hemisfério Norte	Hemisfério Sul
Equinócio de primavera (d): tem início no mês de março. - Datas: 20 e 21 de março.	Equinócio de primavera (b): tem início no mês de setembro. - Datas: 22 e 23 de setembro.
Equinócio de outono (b): tem início no mês de setembro. - Datas: 22 e 23 de setembro.	Equinócio de outono (d): tem início no mês de março. - Datas: 20 e 21 de março.

Vale reforçar que as estações do ano são resultado da inclinação do eixo de rotação da Terra, em relação à perpendicular do seu plano orbital em torno do Sol, e também ao movimento de translação da Terra. É por causa dessa inclinação, que a incidência solar não é igual nos dois hemisférios. O fato de que a distância da Terra ao Sol muda ao longo do ano **não** explica o fenômeno das estações, uma vez que essa variação é muito pequena.

O nascer do Sol ao longo das estações

A inclinação do eixo terrestre, associado ao movimento de translação da Terra, faz com que o Sol tenha o nascente e o poente em diferentes pontos do horizonte ao longo do ano.



Movimento do Sol ao longo do ano para um observador cuja latitude é próxima a São Paulo.

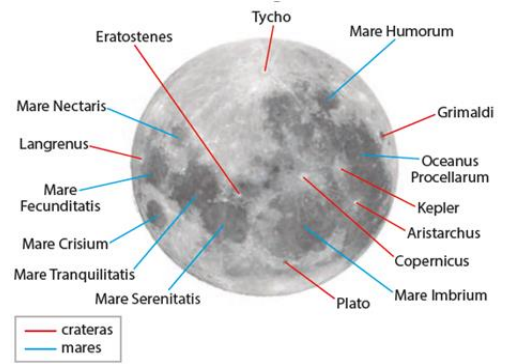


Nascer do Sol em diferentes épocas do ano. A linha contínua (1) indica a posição do ponto cardinal leste.

- 1 – Trajetória do Sol nos Equinócios. O Sol nasce exatamente no ponto cardinal leste e se põe no ponto cardinal oeste.
- 2 – Trajetória do Sol no Solstício de dezembro. O Sol nasce com o máximo afastamento à direita do ponto cardinal leste.
- 3 – Trajetória do Sol no Solstício de junho. O Sol nasce com o máximo afastamento à esquerda do ponto cardinal leste.

Lua e Eclipses

A Lua (com “L” maiúsculo) é o nome do satélite natural da Terra. Uma característica importante é que seu período de rotação é praticamente igual ao seu período de revolução. Ou seja, ela completa uma volta em torno de si ao mesmo tempo em que completa uma volta em torno da Terra. O efeito dessa sincronia é que vemos sempre a mesma face da Lua. A face que não pode ser vista, por um observador na Terra, ficou conhecida como o lado escuro da Lua.



Face da Lua visível da Terra

Fases da Lua

As fases da Lua resultam do fato de que ela não é um corpo luminoso, e sim um corpo iluminado pela luz do Sol. As fases da Lua representam o quanto da superfície da Lua iluminada pelo Sol está voltada para a Terra. Enquanto a parte da Lua iluminada pelo Sol parece aumentar com o passar do tempo, dizemos que ela está *crescente*. Enquanto parece diminuir, está *minguante*.

A rigor existem 29 fases, porém quatro fases são as mais conhecidas e receberam nomes; são elas: Nova, Quarto Crescente, Cheia, Quarto Minguante.

Não é verdade que a Lua nasce quando o Sol se põe. Olhando para o céu, é possível perceber que a Lua nasce e se põe em diferentes horários de acordo com sua fase. A tabela ao lado mostra os horários aproximados do nascer (nascente) e pôr (poente) da Lua em quatro diferentes fases.

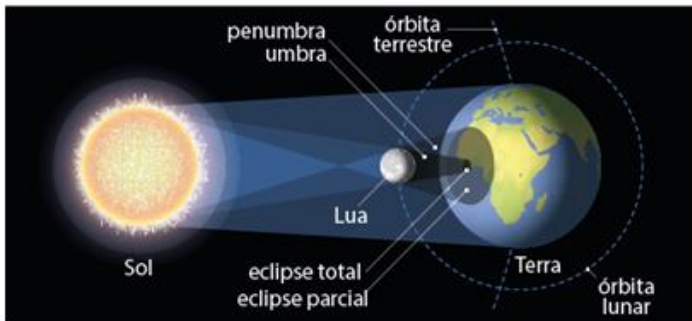
Fase da Lua	Nascente	Poente
Nova	Seis da manhã	Seis da tarde
Quarto Crescente	Meio-dia	Meia-noite
Cheia	Seis da tarde	Seis da manhã
Quarto Minguante	Meia-noite	Meio-dia

Horário do nascer e pôr da Lua de acordo com a fase.

Eclipses

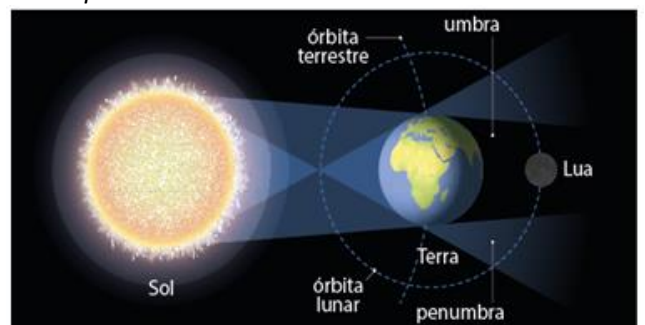
Eclipses são fenômenos envolvendo as posições relativas do Sol, da Lua e da Terra.

- *Eclipse solar*: alinhamento Sol – Lua Nova – Terra.



Eclipse solar

- *Eclipse lunar*: alinhamento Sol – Terra – Lua Cheia.



Eclipse lunar

É importante notar que o plano da órbita da Lua em torno da Terra não coincide com o plano da órbita da Terra em torno do Sol. Isso significa que, apesar de nos esquemas apresentados os três astros parecerem alinhados nas épocas de Lua Nova (eclipse solar) e Lua Cheia (eclipse lunar), nem sempre quando a fase é Nova ou Cheia ocorrem os eclipses, já que na realidade a Lua poderá estar ligeiramente acima ou abaixo do plano da órbita da Terra em torno do Sol. Apenas quando a Lua estiver nesse plano, ou muito próxima dele, é que poderá haver eclipses.

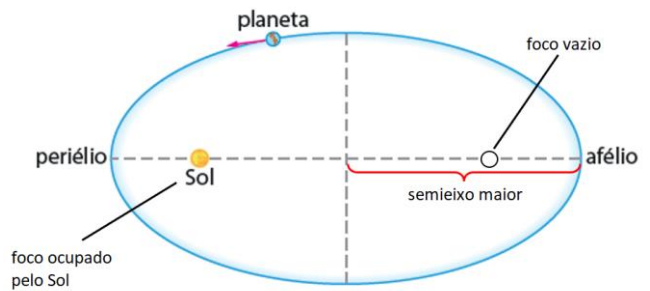
Mecânica Celeste

Leis de Kepler

- Primeira Lei de Kepler: “Lei das Órbitas”

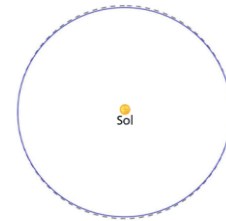
As órbitas dos planetas em torno do Sol são elipses com o Sol em um dos focos.

Como consequência, a distância do planeta ao Sol varia ao longo de sua órbita. O ponto de máxima aproximação é chamado *periélio*, e o ponto de maior afastamento, *afélio*.



Órbitas elípticas (fora de escala)

Atenção: Embora as órbitas dos planetas sejam elipses, as excentricidades são tão pequenas que se parecem com círculos. Na figura ao lado, mostramos a elipse que descreve a órbita da Terra em torno do Sol (linha contínua) na escala correta. A posição do Sol, no foco, está marcada por um pequeno círculo.

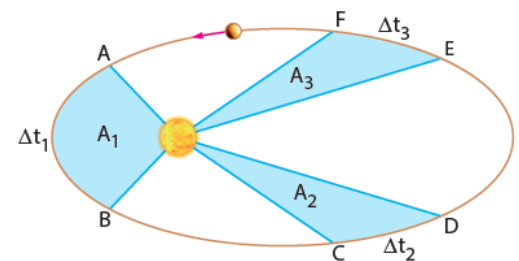


- Segunda Lei de Kepler: “Lei das Áreas”

A velocidade areal de cada planeta é constante em sua órbita.

Como consequência, temos que a velocidade escalar orbital **não** é uniforme, sendo máxima no periélio e mínima no afélio.

$$v_{areal} = \frac{A_1}{\Delta t_1} = \frac{A_2}{\Delta t_2} = \frac{A_3}{\Delta t_3}$$



Lei das áreas

Na figura acima, se os tempos para que o planeta percorra os arcos AB, CD e EF forem iguais, então as áreas A_1 , A_2 e A_3 serão iguais. Portanto, também é correto dizer que: *a linha que une cada planeta ao Sol, varre áreas iguais em tempos iguais.*

- Terceira Lei de Kepler: “Lei Harmônica”

O quadrado do período orbital dos planetas é diretamente proporcional ao cubo dos semieixos maiores de suas órbitas elípticas.

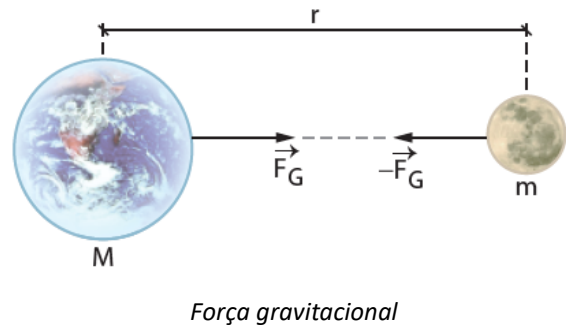
Essa lei estabelece que planetas com órbitas maiores levam mais tempo para completar sua órbita em torno do Sol. Sendo P o período orbital do planeta, a o semieixo maior da órbita e k uma constante, podemos expressar a terceira lei como:

$$P^2 = k \cdot a^3$$

Lei da Gravitação Universal

A Lei da Gravitação Universal estabelece que, se dois corpos possuem massa, eles sofrem a ação de uma força atrativa, chamada gravitacional (F_G), proporcional ao produto de suas massas (M e m) e inversamente proporcional ao quadrado da sua distância (r). Matematicamente:

$$F_G = \frac{G \cdot M \cdot m}{r^2}$$



Observações:

- A força gravitacional é sempre de atração.
- A força gravitacional, não depende do meio onde os corpos se encontram imersos.
- A constante da gravitação universal G teve seu valor comprovado experimentalmente por Henry Cavendish por meio de um instrumento chamado balança de torção. Seu valor, aproximado, é:

$$G = 6,67 \times 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{kg^2}$$

Leis de Newton

- Primeira Lei de Newton: “Princípio da inércia”

Se sobre um corpo não se exerce nenhuma força resultante, então o corpo permanece em repouso ou se desloca em movimento retilíneo e uniforme.

- Segunda Lei de Newton: “Princípio fundamental da Dinâmica”

Quando sobre um corpo atua uma força resultante R produz-se uma aceleração, γ , de modo que ambas as grandezas são diretamente proporcionais. A constante de proporcionalidade é a massa m do corpo. Matematicamente:

$$\vec{R} = m \cdot \vec{\gamma}$$

É importante observar que R e γ têm a mesma direção e sentido. Para utilizar a equação em unidades compatíveis ao Sistema Internacional (SI), a massa deve ser expressa em kg , a aceleração em m/s^2 e a força será dada em N (newtons).

- Terceira Lei de Newton – “Princípio da ação e reação”

As forças produzidas pela interação entre dois corpos nunca ocorrem sozinhas: para cada força de ação sempre há uma força de reação. Segundo enunciado por Newton, para toda ação existe uma reação de mesma intensidade e mesma direção, mas de sentido oposto.

Qual força aparece primeiro: a ação ou a reação? Por se tratar de uma interação, ambas aparecem e desaparecem ao mesmo tempo, afinal são resultado de um mesmo processo. E qual delas é mais intensa? Nenhuma, pois ambas têm a mesma intensidade.

É importante observar que a ação e a reação nunca são aplicadas em um mesmo corpo, por isso nunca se anulam. Além disso, são forças colineares.

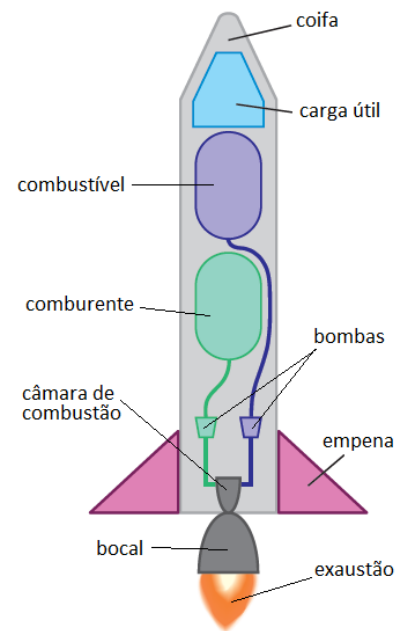
Astronáutica

A astronáutica é a ciência que se ocupa com máquinas projetadas para operarem fora da atmosfera terrestre, sejam elas tripuladas ou não. Entre essas máquinas estão: satélites artificiais, sondas espaciais, telescópios espaciais, robôs, etc. Todas essas máquinas são lançadas ao espaço por foguetes, que utilizam combustíveis líquidos ou sólidos, ativados em uma ou várias fases.

Foguetes espaciais

Para realizar uma viagem espacial, precisamos de um veículo que viaje além das camadas da atmosfera terrestre, este veículo é o foguete espacial. Todo foguete espacial possui um mecanismo de propulsão. A figura ao lado mostra a representação esquemática de um foguete de um único estágio.

A coifa serve para proteger a carga útil, que pode ser um satélite, um astronauta ou experimentos de microgravidade. A sua forma visa diminuir o atrito do foguete com a atmosfera terrestre. Em algumas situações, é de interesse recuperar a carga útil. Nesses casos, é necessária a utilização de um sistema de recuperação do tipo paraquedas para, quando o voo do foguete for descendente, diminuir a velocidade de impacto com o solo ou com a água. As empenas servem para estabilizar o voo do foguete.



Representação esquemática de um foguete com seus principais componentes.

Princípio de funcionamento

O princípio de funcionamento do foguete baseia-se na Terceira Lei de Newton, ação e reação, que diz que: a toda ação corresponde uma reação, com a mesma intensidade, mesma direção e sentido contrário.

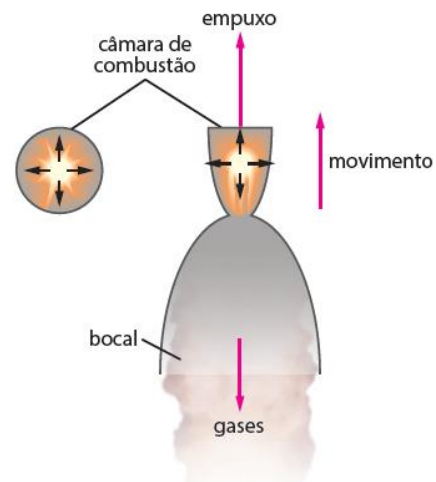
Imaginemos uma câmara fechada onde exista um gás em combustão. A queima do gás irá produzir pressão em todas as direções. A câmara não irá se mover em qualquer direção, pois as forças nas paredes opostas da câmara irão se anular.

Se introduzirmos um bocal na câmara, por onde os gases possam escapar, haverá desequilíbrio. A pressão exercida nas paredes laterais opostas continuará não produzindo força, pois a pressão de um lado anulará a do outro. Já a pressão exercida na parte superior da câmara produzirá uma força denominada empuxo, expressão que designa a força produzida pelas explosões, pois não há pressão no lado de baixo onde está o bocal.

Assim, o foguete se deslocará para cima devido à reação à pressão exercida pelos gases em combustão na câmara de combustão do motor. Por isso, este tipo de motor é chamado de motor de propulsão por reação.

Como no espaço exterior não há oxigênio para queimar com o combustível, o foguete deve levar, armazenado em tanques, não só o propelente (combustível), mas também o oxidante (comburente).

A intensidade do empuxo produzido depende da massa e da velocidade dos gases expelidos pelo bocal. Logo, quanto maior a temperatura dos gases expelidos, maior o empuxo.



Os gases expelidos pelo bocal provocam um movimento para cima devido ao par ação e reação.

Prova da OBA 2023

Astronomia

Questão 1) A imagem a seguir traz a foto do Monte Fuji, no Japão, no dia do Equinócio de Outono, visto do Monastério Keishin-in, uma escola budista. Neste dia o Sol nasce perfeitamente alinhado com o cume deste famoso vulcão, que ainda está ativo. As coordenadas do Monte Fuji são: Latitude $\phi = 35^{\circ}21'29''$ N e longitude $\lambda = 138^{\circ}43'52''$ E.



Imagem: Monte Fuji, Japão. Foto de Edgar Seura (2014).

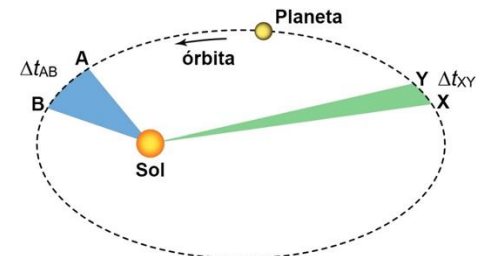
Sobre as informações dadas, PRIMEIRO coloque F ou V na frente de cada afirmação e DEPOIS escolha a linha que contém a sequência correta de F e V.

- 1ª) () Uma semana depois do Equinócio de Outono, o Sol nascerá à direita do cume do Monte Fuji.
 2ª) () Uma semana depois do Equinócio de Outono, o Sol nascerá à esquerda do cume do Monte Fuji.
 3ª) () Este alinhamento ocorre quatro vezes por ano.
 4ª) () No Equinócio da Primavera, o Sol também nasce alinhado com o cume do Monte Fuji.
 5ª) () O cume do Monte Fuji e o monastério estão alinhados com a direção Leste-Oeste.

Assinale a alternativa que contém a sequência correta de F e V.

- a) 1ª (V), 2ª (F), 3ª (F), 4ª (V), 5ª (V) b) 1ª (V), 2ª (F), 3ª (V), 4ª (V), 5ª (V)
 c) 1ª (V), 2ª (F), 3ª (V), 4ª (F), 5ª (V) d) 1ª (F), 2ª (V), 3ª (F), 4ª (V), 5ª (F)
 e) 1ª (F), 2ª (V), 3ª (V), 4ª (F), 5ª (F)

Questão 2) O desenho a seguir, fora de escala, ilustra a famosa Segunda Lei de Kepler, com o Sol ocupando um dos focos da elipse orbital, que neste caso está com a sua excentricidade exagerada.



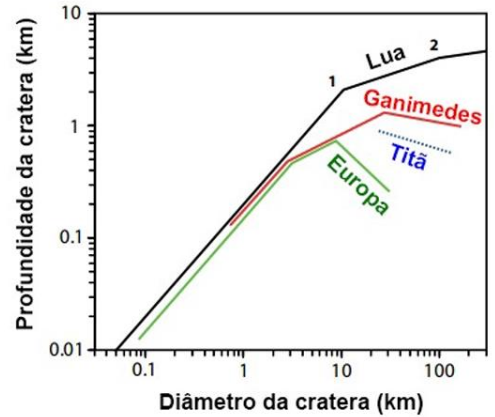
Sobre esta Lei e o desenho, PRIMEIRO coloque F ou V na frente de cada afirmação e DEPOIS escolha a linha que contém a sequência correta de F e V.

- 1ª) () Se os intervalos de tempos entre AB e XY forem os mesmos ($\Delta t_{AB} = \Delta t_{XY}$), então a área compreendida entre os pontos A-B-Sol é igual à área compreendida entre os pontos X-Y-Sol.
 2ª) () A velocidade orbital entre os pontos A e B é maior do que entre os pontos X e Y.
 3ª) () Os pontos A e B estão mais perto do periélio do planeta do que os pontos X e Y.
 4ª) () Entre os pontos X e Y o planeta está acelerado.
 5ª) () Entre os pontos A e B o planeta está acelerado.

Assinale a alternativa que contém a sequência correta de F e V.

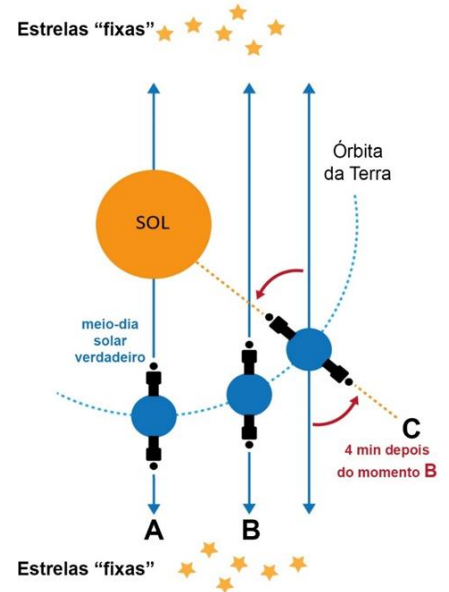
- a) 1ª (V), 2ª (V), 3ª (V), 4ª (V), 5ª (F) b) 1ª (V), 2ª (V), 3ª (V), 4ª (V), 5ª (V)
 c) 1ª (V), 2ª (V), 3ª (V), 4ª (F), 5ª (F) d) 1ª (F), 2ª (V), 3ª (F), 4ª (F), 5ª (V)
 e) 1ª (F), 2ª (F), 3ª (F), 4ª (F), 5ª (F)

Questão 3) O gráfico traz a relação entre a profundidade e o diâmetro das crateras em quatro luas do Sistema Solar. As “quebras” das linhas marcam a transição de crateras simples para complexas (primeira “quebra” em 1) e de crateras complexas para bacias com multianéis (segunda “quebra” em 2). Baseado nas informações apresentadas no gráfico, assinale a afirmação correta.



- a) De maneira geral, crateras com 1 km de diâmetro também costumam ter 1 km de profundidade.
- b) Na lua Europa só encontramos crateras simples.
- c) Na Lua, crateras com diâmetros de até 10 km são consideradas crateras simples.
- d) A profundidade das crateras da Lua é sempre menor do que as de Ganimedes.
- e) Em Titã encontramos todos os três tipos de crateras.

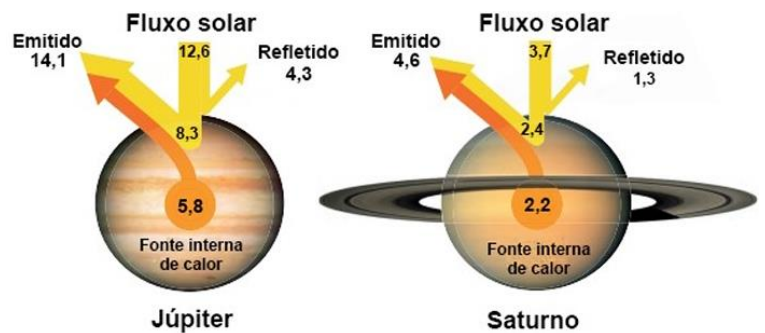
Questão 4) Quando o Sol passa pelo ponto mais alto do céu, dizemos que está acontecendo o meio-dia solar verdadeiro. Quando, no dia seguinte, ele passa novamente por este ponto, dizemos que se passou 1 Dia Solar. Se usarmos as estrelas como referência, quando uma determinada estrela passa pelo mesmo lugar no dia seguinte, dizemos que se passou 1 Dia Sideral. A imagem a seguir traz o esquema, fora de escala, da órbita da Terra em torno do Sol em três momentos distintos e consecutivos: A, B e C.



Sobre esta imagem e baseado nos seus conhecimentos, assinale a opção correta.

- a) Entre o momento A e o momento C se passou um Dia Sideral.
- b) Entre o momento A e o momento B se passou um Dia Sideral.
- c) Entre o momento A e o momento B se passou um Dia Solar.
- d) Entre o momento A e o momento B se passaram 24 horas.
- e) Entre o momento A e o momento C se passaram 24 horas e 4 min.

Questão 5) A imagem a seguir traz o balanço médio de energia dos dois gigantes gasosos do Sistema Solar entre a luz solar incidente (fluxo solar), uma parte da qual é refletida e o restante é absorvida e subsequentemente reemitida no comprimento de onda do infravermelho térmico. Além disso, ambos os planetas possuem fontes internas de energia que contribuem para aumentar suas emissões em infravermelho. Os valores apresentados estão em W/m^2 , extraídos de várias fontes.



Baseado nas informações apresentadas, PRIMEIRO

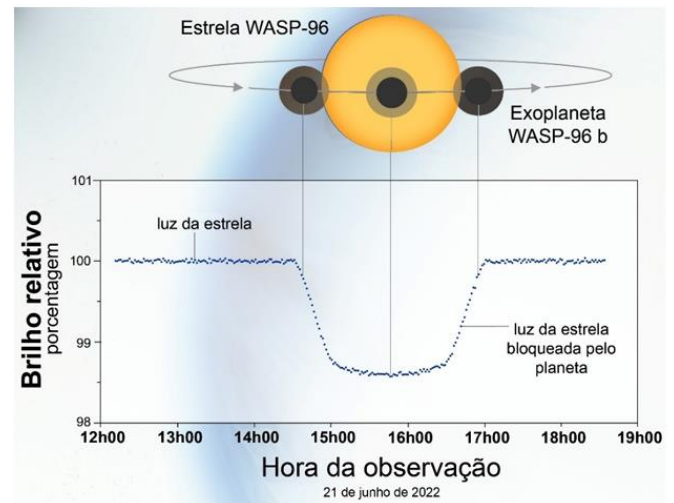
coloque F ou V na frente de cada afirmação e DEPOIS escolha a linha que contém a sequência correta de F e V.

- 1ª) () Da luz solar que recebem, Júpiter absorve, percentualmente, um pouco menos do que Saturno.
 2ª) () A luz solar recebida por Saturno é, percentualmente, mais intensa do que a de Júpiter por conta dos seus anéis.
 3ª) () Ambos os planetas emitem mais energia do que recebem do Sol.
 4ª) () Da luz solar que recebem, Saturno reflete, percentualmente, um pouco mais do que Júpiter.
 5ª) () Júpiter possui uma fonte interna de calor mais intensa do que a de Saturno.

Assinale a alternativa que contém a sequência correta de F e V.

- a) 1ª (F), 2ª (F), 3ª (V), 4ª (V), 5ª (F) b) 1ª (F), 2ª (F), 3ª (V), 4ª (F), 5ª (F)
 c) 1ª (V), 2ª (V), 3ª (F), 4ª (V), 5ª (V) d) 1ª (F), 2ª (F), 3ª (V), 4ª (V), 5ª (V)
 e) 1ª (V), 2ª (V), 3ª (F), 4ª (F), 5ª (F)

Questão 6) Uma das maiores novidades do Telescópio Espacial James Webb (JWST) é sua capacidade de encontrar exoplanetas habitáveis. Isso porque ele leva um equipamento especial a bordo chamado NIRISS, capaz de ler a assinatura química de lugares distantes. Para estreir o equipamento, os operadores do James Webb apontaram o telescópio para o exoplaneta WASP-96 b. Ele é um entre os mais de 5 mil que conhecemos na Via Láctea, e está localizado a 1.150 anos-luz de nós. Localizado na constelação da Fênix, esse é um tipo de gigante gasoso de raio 1,2 vezes o de Júpiter, mas com metade da sua massa. Além disso, é muito quente. Com temperatura média próxima dos 500°C, ele está muito perto da sua estrela — chamada WASP-96. Sua órbita é tão pequena que um ano completo lá tem cerca de 3,5 dias terrestres. A imagem traz o gráfico da curva de luz, o brilho da estrela WASP-96, quando da passagem do planeta WASP-96 b pelo seu disco, ou seja, durante um trânsito planetário.



Baseado nas informações apresentadas e no gráfico, PRIMEIRO coloque F ou V na frente de cada afirmação e DEPOIS escolha a linha que contém a sequência correta de F e V.

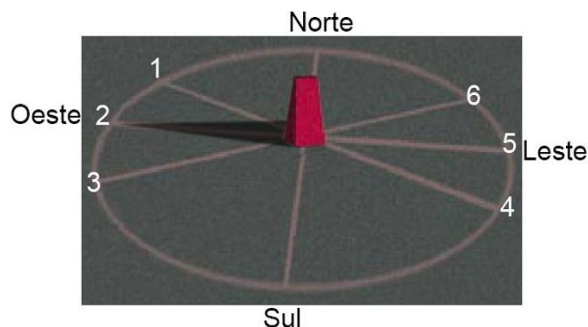
- 1ª) () Durante seu trânsito, planeta WASP-96 b reduziu em 2% do brilho da sua estrela.
 2ª) () O máximo do trânsito ocorreu às 16h do dia 21 de junho de 2022.
 3ª) () Em 1 ano terrestre, o planeta WASP-96 b dá 100 voltas em torno de WASP-96.
 4ª) () Se um parsec tem 3,26 anos-luz, então a estrela WASP-96 está a 360 parsecs de nós.
 5ª) () O planeta WASP-96 b tem cerca de 30% da densidade de Júpiter.

Assinale a alternativa que contém a sequência correta de F e V.

- a) 1ª (V), 2ª (F), 3ª (F), 4ª (F), 5ª (V) b) 1ª (V), 2ª (F), 3ª (V), 4ª (F), 5ª (V)
 c) 1ª (F), 2ª (F), 3ª (F), 4ª (F), 5ª (V) d) 1ª (F), 2ª (F), 3ª (F), 4ª (V), 5ª (F)
 e) 1ª (V), 2ª (V), 3ª (V), 4ª (V), 5ª (F)

Questão 7) 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, indicado pelas linhas no chão, numeradas de 1 a 6.

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



- a) A linha 2 indica o pôr do Sol no início da Primavera.
- b) A linha 4 indica o pôr do Sol no início do Verão.
- c) A linha 5 indica o nascer do Sol no início do Outono.
- d) A linha 6 indica o pôr do Sol no início do Inverno.
- e) A linha 1 indica o nascer do Sol no início do Verão.

Astronáutica

Questão 8) Ao final de 2012, havia 1.191 satélites operando em órbita terrestre. Dez anos depois temos 6.905 satélites. Somente nesta década, há a expectativa de que mais 14.000 satélites sejam lançados ao espaço. Como você já sabe, são os foguetes que levam os satélites ao espaço. Eles podem fazê-lo tanto individualmente, ou seja, levando um satélite de cada vez, ou em conjunto, como foi o caso de um foguete Falcon 9, que levou 143 ao espaço em um único voo. A tabela apresenta foguetes oriundos dos EUA, Europa, China, Índia e Rússia. A tabela também mostra a capacidade máxima de carga que cada foguete consegue levar para colocar um objeto em uma órbita de 1.000 km acima da superfície terrestre.

Foguete (País)	Capacidade de carga [kg]	Preço do foguete [Dólares]	Custo específico [Dólares / kg]
Falcon 9 (EUA)	17.500	70.000.000	
Ariane 5 (Europa)	15.000	180.000.000	12.000
Kuaizhou-1A (China)	300	6.000.000	
Electron (EUA)	300	7.500.000	25.000
PSLV (Índia)	3.000	30.000.000	10.000
Proton (Rússia)	25.000	175.000.000	

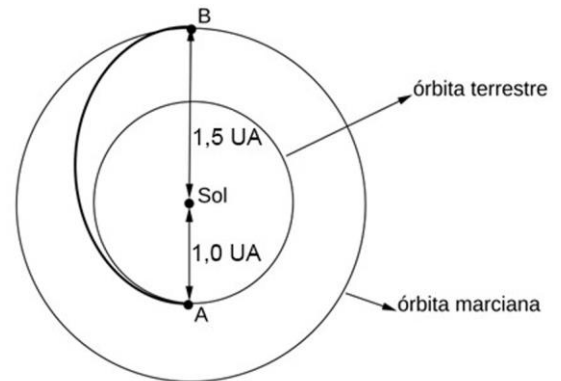
Item a) Baseado nos dados da tabela, qual dos foguetes apresenta o menor custo específico? O custo específico é obtido quando se divide o preço do foguete pela sua capacidade de carga. Para responder a esta questão você precisará completar a Tabela.

Item b) Suponha que você tenha dois satélites de 7.500 kg para colocar em órbita. Qual dos foguetes você usaria, considerando o menor preço do foguete. Considere que o foguete levará somente os seus satélites.

Item c) Os satélites atuais têm massas variando de 0,25 kg a 5.000 kg, aproximadamente. Considere que você deseje lançar 60 satélites de 1,5 kg cada um. Qual dos foguetes você usaria, considerando o menor custo de lançamento e o fato de que seus satélites possuem componentes norte-americanos e, por isso, não podem voar em foguetes chineses. Considere que o foguete levará somente os seus satélites.

Questão 10) A exploração de Marte é uma das áreas mais ativas da pesquisa espacial, com cerca de 50 missões já realizadas e/ou planejadas não tripuladas ao planeta vermelho e até há planos para levar humanos para lá em um futuro próximo. Neste momento, há dois jipes-robôs deslocando-se na superfície marciana (*Curiosity* e *Perseverance*), um pequeno helicóptero (*Ingenuity*) e sete satélites orbitando o planeta vermelho. Chegar a Marte é um desafio extraordinário, razão pela qual metade das missões para lá enviadas falharam. Imagine você arremessar uma espaçonave do tamanho de um carro em direção a um ponto do espaço onde Marte estará daqui a alguns meses. Para tanto, são utilizados foguetes que possuem 60

m de altura e 531.000 kg de massa. Isso mesmo, para arremessar uma espaçonave de 1.000 kg em direção a Marte, são necessários 480.000 kg de propelente (combustível + oxidante), que são consumidos em apenas 20 minutos. Durante quase toda a trajetória rumo a Marte, o gigantesco foguete já não mais existe. Pequenos motores-foguetes da espaçonave são utilizados apenas para correções de trajetória e para amortissagem (pouso em Marte). Durante essa fase de voo não propulsado, a espaçonave fica sob influência quase exclusiva do campo gravitacional do Sol. Muito antes que os grandes foguetes pudessem ser desenvolvidos, o cientista alemão Walter Hohmann propôs, em 1925, uma trajetória de transferência orbital que envolvia o menor consumo de propelente, desde então conhecida como órbita de transferência de Hohmann. Nessa trajetória (ver figura) o periélio da órbita de transferência encontra-se na órbita da Terra que corresponde ao ponto A, enquanto o afélio se encontra na órbita de Marte no ponto B. Para as questões abaixo, considere que as órbitas da Terra e de Marte são circulares e coplanares.



Item a) Sabendo que o semieixo maior de uma órbita elíptica ao redor do Sol corresponde à metade da distância entre o periélio e o afélio, calcule o valor do semieixo maior da órbita de transferência. Considere que a distância da Terra ao Sol seja de 1,0 UA e que a distância entre Marte e Sol seja de 1,5 UA. Apresente o resultado em unidades astronômicas (UA).

Item b) Em 1619, o alemão Johannes Kepler propôs a Terceira Lei de Kepler que diz que o quadrado do período de uma órbita dividido pelo cubo do semieixo maior dessa órbita é constante para todos os corpos que orbitam um mesmo corpo central. Por exemplo, sendo T o período e S o semieixo maior da órbita de transferência, tem-se que: $\frac{T^2}{S^3} = \frac{T_T^2}{R_T^3}$, onde T_T é o período da órbita da Terra, ou seja, 12 meses e R_T é a distância da Terra ao Sol, ou seja, 1,0 UA. Sendo assim, calcule o tempo para uma espaçonave viajar do ponto A ao B na órbita de transferência em meses. Lembre-se de que apenas metade da elipse é percorrida e que por isso, esse tempo corresponde à metade do período da órbita de transferência. Considere $\sqrt{1,50} = 1,22$ e $\sqrt{1,25} = 1,12$

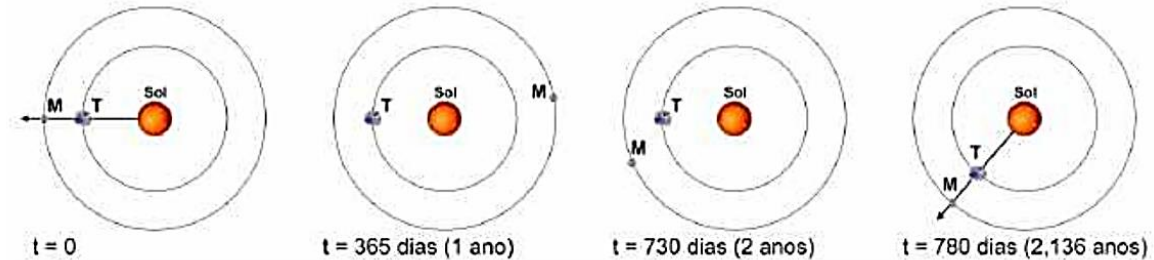
Assinale a alternativa que contém as respostas corretas aos itens “a” e “b”, acima, e na sequência correta.

- 1,50 UA e 11,0 meses.
- 1,25 UA e 16,8 meses.
- 1,22 UA e 22,0 meses.
- 1,22 UA e 8,4 meses.
- 1,25 UA e 8,4 meses.

Prova da OBA 2024

Astronomia

Questão 1) Vistos da Terra (T), o tempo decorrido para que planetas retornem à mesma configuração no céu é conhecido como Período Sinódico (S). No esquema a seguir, fora de escala, temos em $t = 0$, Marte (M) em oposição. Devido à diferença entre os dois períodos orbitais (o período da Terra é mais curto), uma nova oposição de Marte só acontecerá cerca de 780 dias depois da primeira.



O Período Sinódico S pode ser calculado através da seguinte fórmula:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{P_1} - \frac{1}{P_2}$$

onde P_1 e P_2 são os períodos orbitais dos planetas em questão, onde $P_1 < P_2$. No nosso exemplo:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{P_{Terra}} - \frac{1}{P_{Marte}} = \frac{1}{1365 \text{ dias}} - \frac{1}{1687 \text{ dias}} \Rightarrow S \cong 780 \text{ dias}$$

Considere, agora, um asteroide do Cinturão Principal de Asteroides, localizado entre as órbitas de Marte e de Júpiter, cujo período orbital seja de 6 anos. Assinale a opção que traz o intervalo de tempo entre duas oposições consecutivas deste asteroide.

- a) 1,0 ano. b) 1,2 ano. c) 2,5 anos. d) 5,0 anos. e) 6,0 anos.

Questão 2) Buys-Ballot é o nome de uma cratera de impacto no lado oculto da Lua. O nome foi oficialmente adotado pela União Astronômica Internacional (UAI) em 1970, em homenagem ao químico e meteorologista holandês Christoph Hendrik Diederik Buys Ballot (1817-1890). A observação desta cratera foi relatada pela primeira vez em 1965 por uma espaçonave do programa espacial soviético, a Zond 3. Na imagem (a) vemos a cratera Buys-Ballot, com seu estranho formato oval e sua longa cordilheira

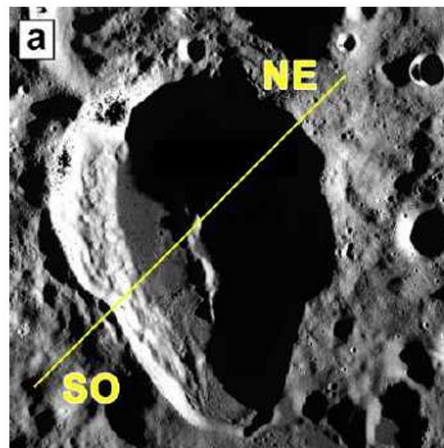


Imagem: Selenological and Engineering Explorer (JAXA)

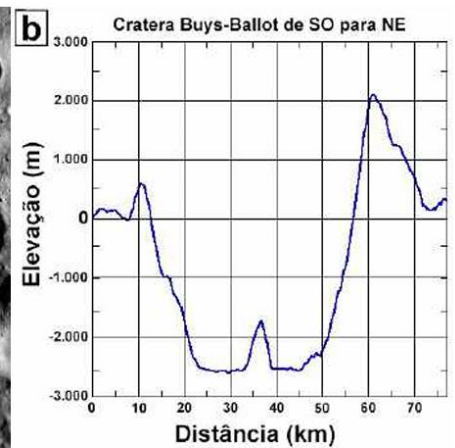


Imagem: NASA/GSFC/DLR/Arizona State University

central e na imagem (b) temos o gráfico de um perfil topográfico (altamente exagerado) através da cratera, no sentido sudoeste (SO) - nordeste (NE), como destacado na imagem (a).

Baseado nas informações fornecidas, PRIMEIRO coloque F ou V na frente de cada afirmação e DEPOIS escolha a opção que contém a sequência correta de F e V.

- 1ª) () O piso liso da cratera está a cerca de 2,5 km de profundidade.
 - 2ª) () Esta cratera pode ser observada da Terra através de um telescópio de médio porte.
 - 3ª) () O Sol estava nascendo para a cratera Buys-Ballot, então, poucos dias depois que a imagem foi feita o fundo da cratera ficou completamente na escuridão.
 - 4ª) () No perfil topográfico apresentado a cratera está com cerca de 50 km de largura.
 - 5ª) () No perfil topográfico apresentado podemos ter cerca de 4,5 km de altura entre o piso e a borda da cratera.
- Assinale a alternativa que contém a sequência correta de F e V.

- a) 1ª (V), 2ª (F), 3ª (V), 4ª (F), 5ª (V)
- b) 1ª (V), 2ª (F), 3ª (V), 4ª (V), 5ª (V)
- c) 1ª (V), 2ª (F), 3ª (F), 4ª (V), 5ª (V)
- d) 1ª (F), 2ª (V), 3ª (F), 4ª (V), 5ª (F)
- e) 1ª (F), 2ª (V), 3ª (V), 4ª (F), 5ª (F)

Questão 3) Cometas periódicos ou cometas de curto período são geralmente definidos como aqueles que têm períodos orbitais de menos de 200 anos. Eles geralmente orbitam, mais ou menos, no plano da Eclíptica e na mesma direção que os planetas. Ao lado temos uma tirinha cômica, com uma “conversa”, ao longo de décadas, entre a nossa Lua e um cometa de curto período.

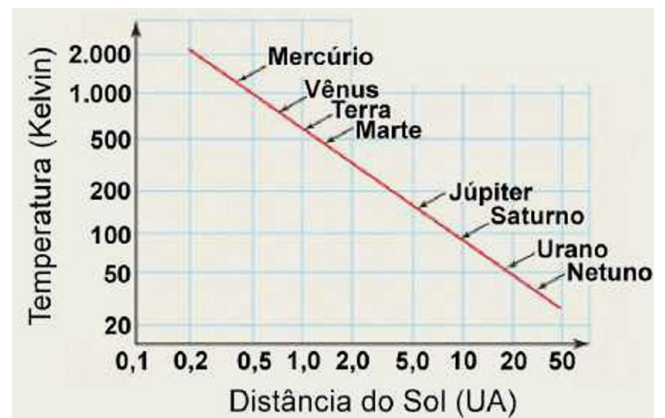
Baseado nas informações fornecidas na tirinha, assinale a opção que traz o valor do período orbital do cometa.

- a) 15 anos.
- b) 25 anos.
- c) 65 anos.
- d) 75 anos.
- e) 95 anos.



Imagem: Tom Gauld (adaptada).

Questão 4) Os pequenos corpos do Sistema Solar (asteroides e cometas), em geral, não têm fontes internas de energia, e só são detectáveis por conta da radiação solar que eles refletem ou reemitem termicamente. Uma consequência deste fato é que a energia proveniente do Sol é também responsável, em grande parte, pelas temperaturas destes corpos. Para corpos sem atmosfera e sem fontes internas de calor, sua maior temperatura possível é obtida supondo-se o equilíbrio entre a radiação que eles recebem do Sol e a radiação que eles emitem para o espaço. O gráfico a seguir traz a maior temperatura que um pequeno corpo teria em função da sua distância ao Sol. As



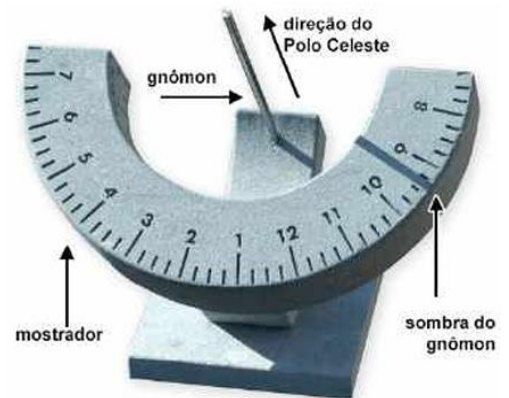
distâncias dos planetas ao Sol foram identificadas apenas como referência de posição, não tendo nada a ver com a temperatura média destes planetas. A partir das informações do gráfico e considerando que no vácuo o gelo de água sublima (passa do estado sólido para o estado gasoso) a uma temperatura de 150 K, assinale a opção que traz a partir da órbita de qual planeta é possível encontrar gelo de água na superfície de um pequeno corpo sem atmosfera.

- a) A partir de Netuno. b) A partir de Urano. c) A partir de Saturno. d) A partir de Júpiter. e) A partir de Marte.

Questão 5) Um Relógio de Sol funciona com base no movimento aparente do Sol pela esfera celeste e no consequente deslocamento da sombra produzida por este quando incide sobre uma haste chamada gnômon. A sombra do gnômon (haste) sobre o mostrador indica as horas, tal qual o ponteiro de um relógio. Para funcionar adequadamente, é muito importante que o gnômon esteja paralelo com o eixo de rotação da Terra, ou seja, o gnômon precisa apontar para o Polo Celeste visível no hemisfério no qual está o relógio de Sol. Ao lado temos a imagem de um Relógio de Sol do tipo Equatorial (existem muitos tipos!) projetado para funcionar somente no Hemisfério Norte. Repare que a hora central de seu mostrador, o momento em que a sombra indica a passagem do Sol pelo seu ponto mais alto no céu, chamado de meio-dia solar verdadeiro, está indicada como 1h da tarde.

Baseado em seus conhecimentos e nas informações fornecidas, PRIMEIRO coloque F ou V na frente de cada afirmação e DEPOIS escolha a linha que contém a sequência correta de F e V.

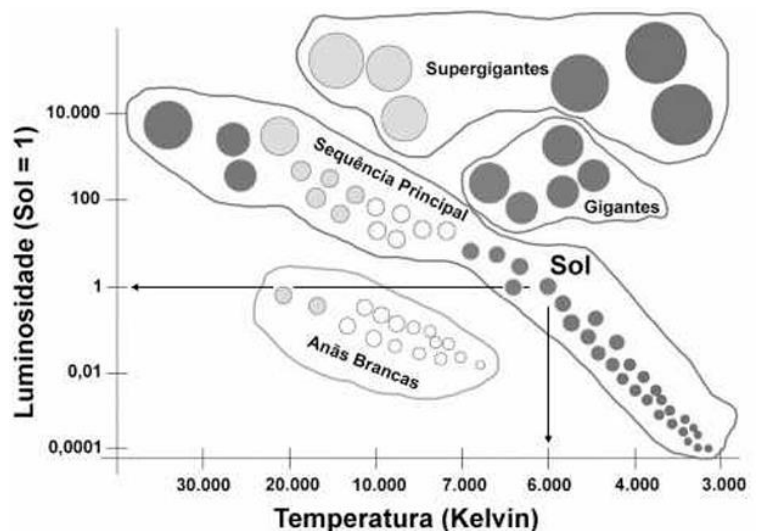
- 1ª) () O gnômon de um relógio de Sol deve apontar para o Equador Celeste.
 2ª) () Este relógio também irá funcionar no Hemisfério Sul.
 3ª) () Seu mostrador foi corrigido para o Horário de Verão.
 4ª) () Seu mostrador indica que são cerca de 9h20 da manhã, no horário local.
 5ª) () Em dias nublados é impossível saber a hora por este relógio.
 Assinale a alternativa que contém a sequência correta de F e V.



- a) 1ª (F), 2ª (F), 3ª (V), 4ª (V), 5ª (F) b) 1ª (F), 2ª (F), 3ª (V), 4ª (F), 5ª (F)
 c) 1ª (V), 2ª (V), 3ª (F), 4ª (V), 5ª (V) d) 1ª (F), 2ª (F), 3ª (V), 4ª (V), 5ª (V)
 e) 1ª (V), 2ª (V), 3ª (F), 4ª (F), 5ª (F)

Questão 6) Sabemos que a Luminosidade (L) das estrelas é equivalente à potência das lâmpadas e não depende da distância delas até nós. Quando montamos um gráfico entre a Luminosidade (L) e a Temperatura superficial (T) das estrelas temos o que se conhece como o Diagrama de Hertzsprung-Russell, ou simplesmente Diagrama HR. Ele é uma ferramenta fundamental na astronomia para classificar e entender a evolução estelar.

As estrelas são posicionadas no diagrama HR de acordo com sua temperatura superficial (eixo horizontal) e sua luminosidade (eixo vertical), revelando conjuntos estelares conhecidos como Sequência Principal, Anãs Brancas



Branças, Gigantes e Supergigantes, como em destaque na imagem. O Sol, por ter temperatura superficial $T = 6.000 \text{ K}$ e luminosidade solar $L = 1$, foi posicionado nas coordenadas $(6.000, 1)$, sendo classificado, então, como uma estrela da Sequência Principal.

Posicione e classifique, três estrelas imaginárias, E1, E2 e E3, conforme suas características descritas a seguir:

- E1 é dez mil vezes mais luminosa que o Sol e sua temperatura superficial é cinco vezes maior do que a do Sol;
- E2 tem a mesma luminosidade que E1 e sua temperatura superficial é de 4.000 K ;
- E3 tem a mesma temperatura superficial que E2 e sua luminosidade é cem vezes menor que a do Sol.

Uma vez posicionadas as estrelas E1, E2 e E3 no Diagrama HR, assinale a única opção verdadeira.

- E2 é classificada como uma estrela gigante.
- E3 é classificada como uma estrela anã branca.
- E1 e E2 são classificadas como estrelas supergigantes.
- E1 e E3 são classificadas como estrelas da Sequência Principal.
- E1, E2 e E3 são classificadas como estrelas da Sequência Principal.

Questão 7) A Voyager 1 e sua gêmea, a Voyager 2, lançadas em 1977, são as sondas espaciais em operação há mais tempo na história. Elas continuam funcionando mesmo depois de 47 anos no espaço. Recentemente a Voyager 1 ficou cinco meses sem enviar sinais para a Terra, mas os engenheiros da NASA conseguiram corrigir o problema de comunicação com a espaçonave mais distante da humanidade no espaço. A velocidade da Voyager 1, em relação ao Sol, é cerca de 17 km/s , o que significa que em apenas 1 dia, a sonda percorre cerca de $1.500.000 \text{ km}$.

Sendo assim, assinale a opção que contém quantos quilômetros a sonda se afastou do Sol nesses 5 meses em que a NASA perdeu a comunicação com ela. Considere $1 \text{ mês} = 30 \text{ dias}$.



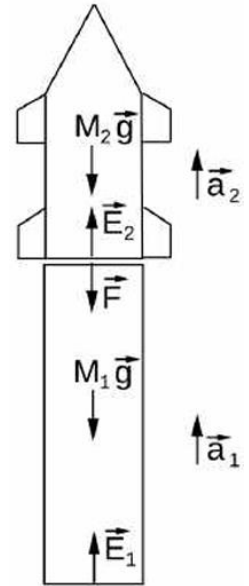
Imagem: NASA.

- 7,5 milhões de quilômetros.
- 15 milhões de quilômetros.
- 22,5 milhões de quilômetros.
- 45 milhões de quilômetros.
- 225 milhões de quilômetros.

Astronáutica

Questão 8) O foguete Starship da SpaceX é composto de dois estágios. O primeiro, chamado de Super Heavy, tem massa total de $3.600.000 \text{ kg}$ no momento em que seus 33 motores Raptor são acionados. O segundo estágio, possui massa total de $1.400.000 \text{ kg}$ (M_2) quando inicia a ignição de seus 6 motores Raptor. O Starship pretende transportar 100.000 kg à órbita terrestre e reutilizar seus dois estágios. No voo teste ocorrido em novembro de 2023, os 33 motores do Raptor do primeiro estágio funcionaram por 2 minutos e 41 segundos levando o foguete a 70 km de altitude. Neste instante é iniciado o processo de separação entre o primeiro e o segundo estágio. Nesse voo foi utilizada pela primeira vez a separação a quente, que consiste em se acionar os 6 motores do segundo estágio enquanto este ainda está acoplado ao primeiro estágio. Dessa forma, os gases expelidos pelos motores do segundo estágio “empurram” o primeiro estágio para baixo, conforme ilustrado na Figura ao lado pela força F . A partir de então agirão sobre o segundo estágio a força de Empuxo E_2 , resultante do acionamento dos 6 motores Raptor, além da força da gravidade. Sobre o primeiro estágio,

atuarão, além da força F , a força da gravidade e o empuxo de apenas 3 dos 33 motores Raptor, que continuam a funcionar para controlar o seu retorno à superfície terrestre. Em função da altitude na qual a separação ocorre, as forças aerodinâmicas foram consideradas desprezíveis. Considere $g = 10\text{m/s}^2$. **Item a)** Utilize a Segunda Lei de Newton para calcular a aceleração a_2 do segundo estágio no instante da separação. Para tanto, considere que a força empuxo dos 6 motores Raptor seja $E_2 = 1,4 \times 10^7 \text{ N}$.



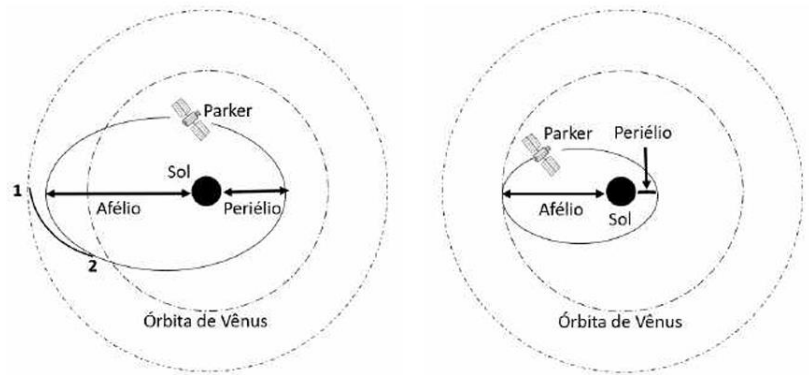
Item b) Calcule a aceleração do primeiro estágio supondo que, no momento da separação, o primeiro estágio tenha uma massa total $M_1 = 700.000 \text{ kg}$ e 3 motores Raptors ativos, correspondendo a uma força empuxo $E_1 = 7,0 \times 10^6 \text{ N}$. Considere ainda que a força F dos gases sobre o motor do primeiro estágio é cerca de 80% da força de empuxo do segundo estágio, ou seja $F = 1,12 \times 10^7 \text{ N}$.

Item c) Calcule a aceleração relativa $a_{rel} = a_2 - a_1$ no instante do início da separação.

Assinale a alternativa que contém as respostas aos itens “a”, “b” e “c” acima, nesta ordem.

- a) $10 \text{ m/s}^2, 10 \text{ m/s}^2, 10 \text{ m/s}^2$. b) $5 \text{ m/s}^2, -16 \text{ m/s}^2, 0 \text{ m/s}^2$. c) $0 \text{ m/s}^2, -16 \text{ m/s}^2, 16 \text{ m/s}^2$.
- d) $0 \text{ m/s}^2, 10 \text{ m/s}^2, 16 \text{ m/s}^2$. e) $-5 \text{ m/s}^2, -10 \text{ m/s}^2, -10 \text{ m/s}^2$.

Questão 9) Desde o início da Era Espacial em 1957, a humanidade já enviou centenas de espaçonaves não tripuladas para explorar o sistema solar. Atualmente, existem duas delas em órbita do Sol. A norte-americana Parker e a europeia Solar Orbiter. A Sonda Parker foi lançada ao espaço em 12 de agosto de 2018, pelo foguete Delta 4 Heavy (Ponto 1 da Figura), ingressando em órbita solar em 19 de janeiro de 2019. Ao passar pelo planeta Vênus (Ponto 2 da Figura), a sonda Parker realizou sua primeira manobra assistida por gravidade (“fly by”), tema de uma questão da OBA em 2018. Como resultado dessa manobra, a Parker teve sua velocidade aumentada e seu periélio (distância mínima ao Sol) diminuído. Ao longo de seus 7 anos de operação, a Sonda Parker realizará 24 órbitas ao redor do Sol com 7 passagens próximas de Vênus. Ao final desse processo, seu periélio será reduzido para 6 milhões de quilômetros. Em seu último periélio, a Parker tornar-se-á o objeto mais rápido feito pelo homem. Neste exercício simplificado, calcularemos o valor dessa velocidade. Para tanto, considere uma das órbitas elípticas que a Sonda Parker descreve ao redor do Sol. Nessa órbita, tem-se que vale o princípio da conservação da energia, com a soma da energia cinética E_{cin} e energia potencial E_{pot} sendo igual à energia mecânica E_{mec} : $E_{cin} + E_{pot} = E_{mec}$



Item a) Calcule a energia potencial gravitacional da Sonda Parker no periélio de sua última órbita. Para isso, utilize a fórmula $E_{pot} = -\frac{m_s \times M \times G}{d}$, onde $m_s = 600 \text{ kg}$, correspondente à massa da Parker, M é a massa do Sol e G é a constante da gravitação universal. d é o menor periélio de todas as órbitas.

Para simplificar seus cálculos, considere: $M \times G = 1,27 \times 10^{20} \text{ m}^3/\text{s}^2$.

Item b) Calcule a velocidade da Sonda Parker no menor periélio de todas as órbitas. Para isso, considere $E_{mec} = -7 \times 10^{11} J$ e E_{pot} calculada no item a.

Dica: $E_{cin} = \frac{m_S \times V^2}{2}$, onde V é o módulo da velocidade.

Assinale a alternativa que contém as respostas aos itens “a” e “b” acima, nesta ordem.

- a) $1,00 \times 10^{13} J$ e 200 km/s. b) $1,27 \times 10^{13} J$ e 100 km/s. c) $2,54 \times 10^{13} J$ e 300 km/s.
 d) $1,27 \times 10^{13} J$ e 200 km/s. e) $1,00 \times 10^{13} J$ e 100 km/s.

Questão 10) O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) utiliza imagens de satélites para estimar o desmatamento na Amazônia. A Figura abaixo mostra a evolução do desmatamento nos últimos 6 anos, bem como a quantidade de multas aplicadas pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Os levantamentos são realizados entre agosto de um determinado ano e julho do ano seguinte. Sendo assim, entre agosto de 2020 e julho de 2021 foi desmatada uma área de 13.038 km^2 . Nesse mesmo período, foram aplicadas 1964 multas pelo IBAMA.



Baseado nas informações fornecidas, PRIMEIRO coloque F ou V na frente de cada afirmação e DEPOIS escolha a opção que contém a sequência correta de F e V.

- 1ª) () O período entre agosto de 2019 e julho de 2020 representou o maior período de desmatamento.
 2ª) () Em relação ao período anterior, a quantidade de multas emitidas pelo IBAMA mais do que dobrou no período 2022-2023.
 3ª) () O Estado de Alagoas possui uma área de 28.000 km^2 , aproximadamente. O total da área desmatada nos 6 últimos anos é equivalente à 3 vezes a área de Alagoas.
 4ª) () Em relação ao período anterior, a taxa de desmatamento no período 2022-2023 caiu 22%, aproximadamente.
 5ª) () A taxa de desmatamento decresce na medida em que as multas do IBAMA crescem.

Assinale a alternativa que contém a sequência correta de F e V.

- a) 1ª (F), 2ª (V), 3ª (V), 4ª (F), 5ª (V). b) 1ª (F), 2ª (V), 3ª (V), 4ª (V), 5ª (V).
 c) 1ª (F), 2ª (V), 3ª (F), 4ª (V), 5ª (V). d) 1ª (V), 2ª (F), 3ª (F), 4ª (V), 5ª (F).
 e) 1ª (V), 2ª (F), 3ª (V), 4ª (F), 5ª (F).

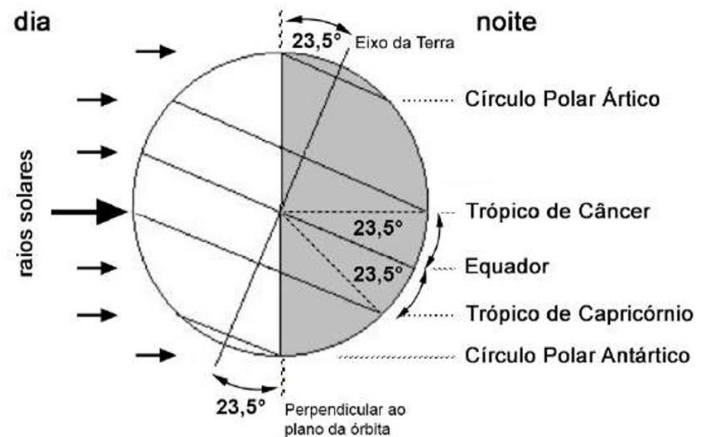
Prova da OBA 2025

Astronomia

Questão 1) Conforme os dados mais recentes da União Astronômica Internacional (IAU), até abril de 2025, o número médio de satélites naturais (luas) do Sistema Solar era de 36 luas/planeta. Considere que nos próximos 5 anos sejam descobertas mais 40 luas em torno dos planetas do Sistema Solar. Sendo assim, a nova média será:

- a) 40,4 b) 41,0 c) 42,6 d) 44,0 e) 45,6

Questão 2) Como você pode ver na figura, o Trópico de Capricórnio é a latitude geográfica para a qual os raios solares incidem perpendicularmente à superfície da Terra (seta maior, à esquerda) no Solstício de Inverno do Hemisfério Norte. Pela geometria, o valor da latitude geográfica do Trópico de Capricórnio é o mesmo da inclinação do Eixo de Rotação da Terra em relação à perpendicular ao plano da órbita, ou seja, 23,5° S do Equador. Se a inclinação do Eixo de Rotação da Terra em relação à perpendicular ao plano da órbita fosse menor, então os dois trópicos estariam mais “perto” da linha do equador.



Baseado no esquema apresentado, qual é o ângulo entre os dois Círculos Polares?

- a) 47,0° b) 66,5° c) 90,0° d) 133,0° e) 156,5°

Questão 3) A Terceira Lei de Kepler afirma que o quadrado do período P de revolução de um planeta de massa m ao redor do Sol é diretamente proporcional ao cubo de sua distância r do planeta ao Sol, segundo a equação:

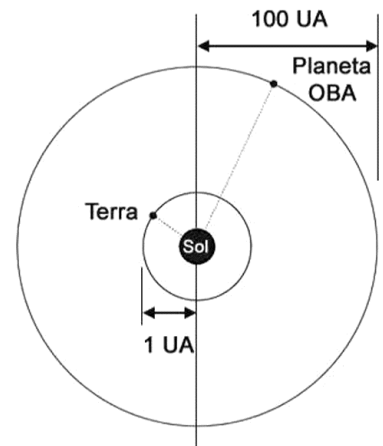
$$P^2 = \frac{4\pi^2}{G(M_{Sol} + m_{planeta})} r^3$$

Como a massa de qualquer planeta do Sistema Solar é muito menor do que a massa do Sol ($m_{planeta} \ll M_{Sol}$), ela pode ser desprezada na equação. Além disso, se o período P for medido em anos terrestres e a distância r ao Sol for medida em Unidades Astronômicas (UA), que é a distância média da Terra ao Sol, então essa equação ficará simplesmente:

$$P^2 = r^3$$

Suponha que o recém descoberto Planeta OBA esteja a uma distância ao Sol 100 vezes maior do que a distância da Terra ao Sol, como mostrado na figura a seguir, fora de escala.

Sendo assim, assinale a opção que traz o período de revolução do Planeta OBA em torno do Sol.



- a) 100 anos b) 316 anos c) 1.000 anos d) 3.162 anos e) 10.000 anos.

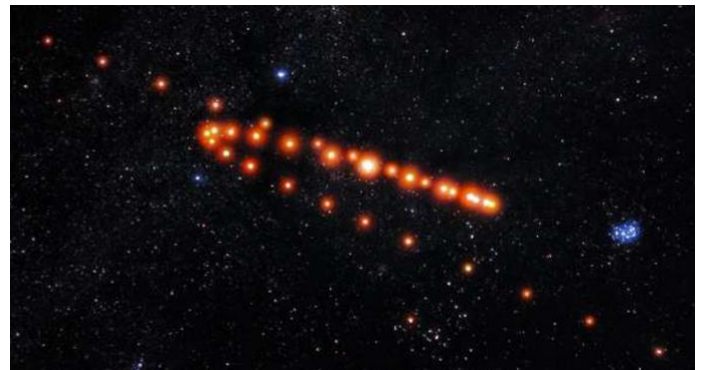
Questão 4) Em Astronomia, chamamos de Período Sinódico (S) o tempo que um corpo celeste leva para retornar à mesma posição relativa ao Sol, quando visto da Terra. Em outras palavras, é o tempo entre duas configurações iguais consecutivas de um astro em relação ao Sol e à Terra e pode ser calculado pela seguinte fórmula:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{P_1} - \frac{1}{P_2}$$

Onde P_1 e P_2 são os períodos orbitais entre os astros envolvidos, sendo $P_1 < P_2$, para a conta resultar num valor positivo. Por exemplo, o período orbital da Lua em torno da Terra é de, aproximadamente, 27 dias. Portanto, para termos duas Luas Cheias consecutivas, devemos esperar, aproximadamente:

$$\frac{1}{S_{Lua}} = \frac{1}{27 \text{ dias}} - \frac{1}{365 \text{ dias}} \Rightarrow S_{Lua} \cong 29 \text{ dias}$$

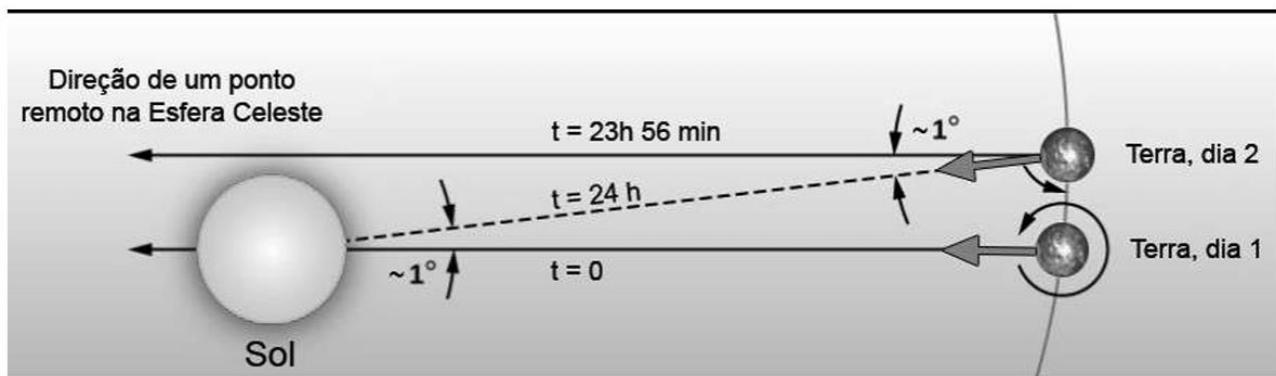
Em dezembro de 2024, Marte começou a apresentar seu movimento retrógrado no céu, ou seja, Marte que em geral se desloca para o leste quando observado em relação às estrelas, passa a se mover para oeste por alguns meses e depois volta a se locomover para leste, formando um “laço” no céu.



A configuração Sol-Terra-Marte que leva ao movimento retrógrado repete-se periodicamente. Na imagem a seguir podemos ver uma fotomontagem de Marte, de alguns anos atrás, mostrando esse efeito. Dado que Marte orbita o Sol uma vez a cada 687 dias (ou 1,88 ano terrestre), aproximadamente, em qual dessas datas (mês e ano) você espera que Marte comece seu movimento retrógrado novamente?

- a) Dezembro de 2025.
- b) Maio de 2026.
- c) Outubro de 2026.
- d) Dezembro de 2026.
- e) Janeiro de 2027.

Questão 5) A unidade astronômica mais fundamental de tempo é o dia, medido em termos da rotação da Terra. Há, no entanto, mais de uma maneira de definir o dia. Normalmente, pensamos nele como o período de rotação da Terra em relação ao Sol, chamado de DIA SOLAR. Afinal, para a maioria das pessoas, o nascer do Sol é mais importante do que o horário do nascer de Betelgeuse (Alpha Orionis) ou de alguma outra estrela. No entanto, os astrônomos também usam o DIA SIDERAL, que é definido em termos do período de rotação da Terra em relação às estrelas muito distantes, supostamente fixas na Esfera Celeste. Um dia solar, definido como tendo 24 horas de duração, é um pouco mais longo do que um dia sideral porque a Terra não apenas gira, mas também se move ao longo da sua órbita ao redor do Sol em um dia. A geometria deste sistema pode ser vista na figura a seguir, fora de escala.



A Terra dá uma volta de 360° torno do Sol em cerca de 365 dias, logo, ela percorre: $\frac{360 \text{ graus}}{365 \text{ dias}} \approx 1 \frac{\text{grau}}{\text{dia}}$.

Sendo assim, para que o Sol passe pelo seu meridiano local duas vezes consecutivas, que representa o “Dia Solar”, a Terra tem que girar 361 graus sobre seu eixo de rotação. Resumindo: 1 dia solar (24h = 1.440 min) corresponde a 361° e um dia sideral corresponde a 360°.

Usando a “regra de três”, temos: $\frac{1440 \text{ min}}{x_{\text{min}}} = \frac{361^\circ}{360^\circ} \Rightarrow x \cong 1436 \text{ min} \cong 1 \text{ dia sideral}$

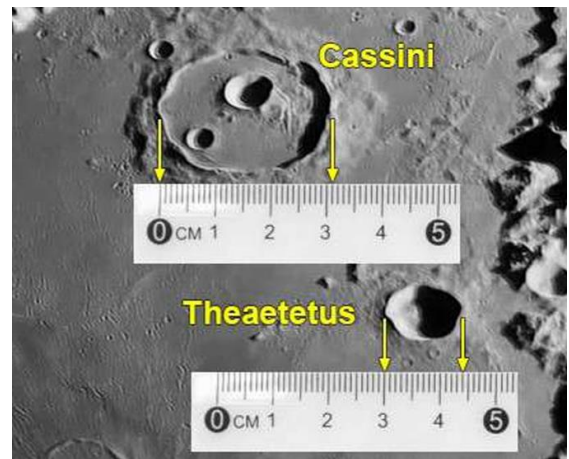
Logo, o dia solar (1.440 min) é maior do que o dia sideral (1.436 min) em 4 minutos (1.440 min - 1.436 min = 4 min). Portanto, o DIA SIDERAL é cerca de 4 minutos mais curto do que o DIA SOLAR e toda estrela nasce 4 min mais cedo a cada dia.

Suponha que numa determinada noite você veja, da sua janela, a estrela Canopus (a estrela mais brilhante da constelação de Carina e a segunda estrela mais brilhante no céu noturno) nascendo por detrás de um prédio às 23h.

Assinale a opção que traz a hora de nascimento de Canopus depois de 45 dias.

- a) 0h b) 2h c) 19h d) 20h e) 23h

Questão 6) Na foto a seguir, vemos em detalhe duas crateras lunares localizadas no canto nordeste do *Mare Imbrium*: Cassini e Theaetetus. A primeira nomeada em homenagem ao astrônomo francês Jean Dominique Cassini (1625-1712), descobridor de 4 satélites de Saturno e da principal divisão de seus anéis e a segunda, em homenagem ao filósofo grego do século IV a.C., amigo de Platão, Théétète, na forma latinizada do seu nome. Considere que ambas as crateras são circulares e que Cassini tem 58 km de diâmetro. Baseado nas medidas feitas com as régua, assinale a opção que traz o valor aproximado do diâmetro da cratera Theaetetus.



- a) 20 km b) 23 km c) 26 km d) 29 km e) 32 km

Questão 7) A tabela a seguir traz algumas características gerais dos planetas rochosos do Sistema Solar.

	Mercúrio	Vênus	Terra	Marte
Diâmetro Equatorial, em diâmetro da Terra	0,382	0,948	1	0,532
Massa, em massa da Terra	0,055	0,815	1	0,107
Distância média ao Sol, em UA	0,387	0,723	1	1,524
Período orbital, em ano(s)	0,241	0,615	1	1,881

Baseado nas informações contidas nessa tabela, PRIMEIRO coloque F ou V na frente de cada afirmação e DEPOIS escolha a opção que contém a sequência correta de F e V.

- 1ª) () A massa da Terra é cerca de 18 vezes a massa de Mercúrio;
 2ª) () Se a massa de Marte fosse a mesma da Terra, seu período orbital também seria de 1 ano;
 3ª) () Se Vênus estivesse à mesma distância média do Sol que está Mercúrio, seu período orbital seria de cerca de 88 dias;

4ª) () Marte tem quase o dobro da área superficial de Mercúrio;

5ª) () Mercúrio tem quase 40% do diâmetro da Terra. Portanto, se ele estivesse à mesma distância do Sol que está a Terra, seu período orbital seria de cerca 40% mais curto do que o da Terra.

Assinale a alternativa que contém a sequência correta de F e V.

a) 1ª (V) – 2ª (F) – 3ª (V) – 4ª (V) – 5ª (F)

b) 1ª (V) – 2ª (V) – 3ª (V) – 4ª (V) – 5ª (F)

c) 1ª (V) – 2ª (V) – 3ª (V) – 4ª (F) – 5ª (F)

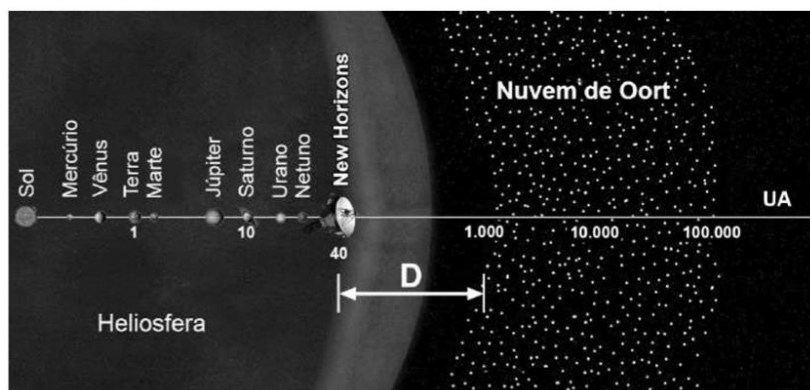
d) 1ª (F) – 2ª (V) – 3ª (V) – 4ª (F) – 5ª (F)

e) 1ª (F) – 2ª (V) – 3ª (F) – 4ª (F) – 5ª (V)

Astronáutica

Questão 8) A nuvem de Oort, também chamada de nuvem de Öpik-Oort, é uma nuvem esférica de cometas e asteroides hipotética (ou seja, não observada diretamente) que possivelmente se localiza nos limites do Sistema Solar. A borda interna da parte principal da Nuvem de Oort pode estar a até 1.000 UA do nosso Sol. A borda externa é estimada em cerca de 100.000 UA do Sol. A existência da Nuvem de Oort foi proposta pelo astrônomo e astrofísico holandês Jan Oort (1900 - 1992) para explicar a origem dos cometas de longo período e por que eles parecem vir de todas as direções do Sistema Solar.

A sonda New Horizons, que passou pelo planeta anão Plutão em julho de 2015, é uma das naves espaciais mais rápidas já montadas. Quando passou por Plutão (cerca de 40 UA do Sol) ela estava se movendo com velocidade relativa de $v \approx 14,2$ km/s ($\approx 3,0$ UA/ano). Mantendo essa velocidade, quanto tempo levará, aproximadamente, para a New Horizons percorrer a distância D entre Plutão e o início da Nuvem de Oort, distante cerca de 1.000 UA do Sol?



a) 14,2 anos

b) 40 anos

c) 320 anos

d) 333 anos

e) 960 anos.

Questão 9) O Projeto Lessonia-1 é uma constelação de satélites brasileiros de sensoriamento remoto óptico que operarão em órbita baixa heliossíncrona — uma trajetória que permite ao satélite passar sobre cada ponto da Terra sempre no mesmo horário local, ideal para comparações de imagens ao longo do tempo. Com resolução espacial de até 1 metro, os satélites do Lessonia-1 fornecem imagens de alta qualidade para monitorar desmatamentos, queimadas, cheias de rios, ocupação urbana, agricultura e desastres naturais.

Assinale a alternativa correta:

a) Satélites em órbita heliossíncrona como os do Projeto Lessonia-1 são ideais para obter imagens consistentes da Terra, com boa resolução e frequência de revisita.

b) O Projeto Lessonia-1 é composto por satélites geoestacionários que transmitem sinal de TV para áreas rurais do Brasil.

c) Sensoriamento remoto por satélites de baixa órbita só funciona durante a noite, com sensores infravermelhos.

d) A principal função dos satélites do Lessonia-1 é fornecer dados meteorológicos para redes de televisão.

e) Satélites de órbita heliossíncrona só são úteis para missões de observação astronômica fora da Via Láctea.

Questão 10) Para um foguete subir e sair da Terra, ele precisa queimar propelente. Quando isso acontece, o foguete lança os gases bem fortes para baixo e, com isso, ele sobe. Nos foguetes, o ar que sai são gases bem quentes e rápidos, que empurram o foguete para cima. Suponha que durante a decolagem, um foguete queima propelente a uma taxa de 3,0 kg/s e que os gases da queima são expelidos com uma velocidade constante de 4.000 m/s. Sabendo que a massa inicial do foguete (antes de começar a queima) é de 1.000 kg, assinale a opção que traz a aceleração inicial do foguete, desprezando a resistência do ar e os efeitos da gravidade.



Dica: $F = \frac{\Delta m}{\Delta t} v_e$ e $a = \frac{F}{m}$, onde F é a força para cima, $\frac{\Delta m}{\Delta t}$ é a taxa de queima de propelente, v_e é a velocidade dos gases de exaustão e a é a aceleração inicial.

Assinale a alternativa correta:

- a) 3 m/s² b) 4 m/s² c) 6 m/s² d) 8 m/s² e) 12 m/s²

Gabaritos

Prova OBA 2023

1	A	2	B	3	C	4	B	5	D
6	C	7	E	8	A	9	D	10	E

Prova OBA 2024

1	B	2	C	3	B	4	D	5	D
6	D	7	E	8	C	9	D	10	C

Prova OBA 2025

1	B	2	D	3	C	4	E	5	D
6	C	7	A	8	C	9	A	10	E