



GABARITO OBA NÍVEL 4

Instruções Gerais

1. A duração da prova é de **três** (3 horas).
2. A prova é composta por 10 questões (totalizando 10 pontos)
3. A prova é individual e sem consultas.
4. O uso de calculadoras é permitido, desde que não sejam programáveis/gráficas/com acesso a internet.
5. As resoluções das questões, numeradas de 1 a 10, podem ser feitas a lápis (bem escuro) ou caneta e devem ser apresentadas de forma clara, concisa e completa. Como esta prova é um simulado, procure fazer uma solução parecida com aquela que você faria na prova verdadeira.
6. Você pode utilizar folhas de rascunho para auxiliar no processo de resolução da prova, mas elas não devem ser entregues e nem serão corrigidas.

1. (1 ponto)

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.

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**.

1. () Uma semana depois do Equinócio de Outono, o Sol nascerá à direita do cume do Monte Fuji.
2. () Uma semana depois do Equinócio de Outono, o Sol nascerá à esquerda do cume do Monte Fuji.
3. () Este alinhamento ocorre quatro vezes por ano.
4. () No Equinócio da Primavera, o Sol também nasce alinhado com o cume do Monte Fuji.
5. () 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) 1^a (V). 2^a (F). 3^a (F). 4^a (V). 5^a (V).
- (b) 1^a (V). 2^a (F). 3^a (V). 4^a (V). 5^a (V).
- (c) 1^a (V). 2^a (F). 3^a (V). 4^a (F). 5^a (V).
- (d) 1^a (F). 2^a (V). 3^a (F). 4^a (V). 5^a (F).
- (e) 1^a (F). 2^a (V). 3^a (V). 4^a (F). 5^a (F).

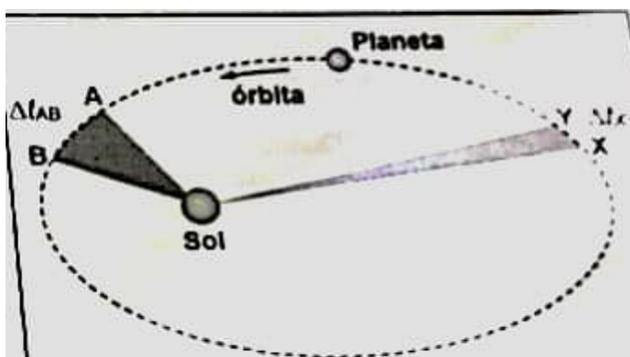
Solução:

1. (V) Sabemos que após o Equinócio de Outono, o Sol "caminha" até o Solstício de Inverno (para facilitar, podemos pensar como se fosse o Hemisfério Sul mesmo: depois do Equinócio de Outono em março, temos o Solstício de Inverno em Junho). Portanto, para um observador no Hemisfério Norte, o Sol vai um pouco mais para o Sul. Como estamos olhando para a direção Leste na imagem (Sol nasce no ponto cardinal Leste), sabemos que à esquerda está o Norte e à direita, o Sul. Como após o solstício o Sol vai para o Sul, uma semana após a imagem o Sol nascerá à direita do cume.

2. (F) Como explicado anteriormente.
3. (F) Podemos concluir que esse alinhamento com o cume do Monte quando a declinação do Sol é zero, i.e., nos Equinócios. Como existem apenas 2 Equinócios todo ano, essa afirmativa é falsa
4. (V) Pelo motivo dado antes, nos Equinócios há o alinhamento do nascer do Sol.
5. (V) Sabemos que nos Equinócios, o Sol nasce exatamente no ponto cardinal Leste. Então, a única forma de conseguirmos esse alinhamento, é estando na linha Leste-Oeste

Resposta: a)

2. (1 ponto) 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 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 tempo 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 que os pontos X e Y.
- 4ª) () Entre os pontos X e Y o planeta está acelerando.
- 5ª) () Entre os pontos A e B o planeta está acelerando.

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

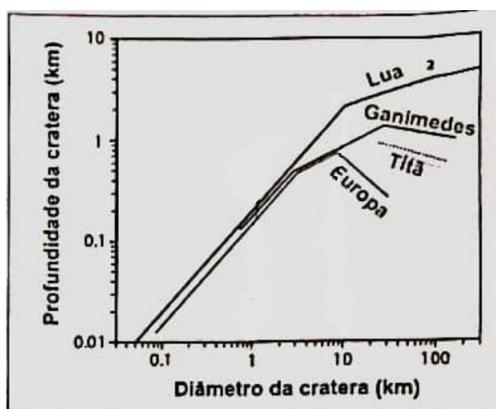
- a) () 1ª (V), 2ª (V), 3ª (V), 4ª (V), 5ª (F)
- b) () 1ª (V), 2ª (V), 3ª (V), 4ª (V), 5ª (V)
- c) () 1ª (V), 2ª (V), 3ª (V), 4ª (F), 5ª (F)
- d) () 1ª (F), 2ª (V), 3ª (F), 4ª (F), 5ª (V)
- e) () 1ª (F), 2ª (F), 3ª (F), 4ª (F), 5ª (F)

Solução:

1. (V) Sim, a Segunda Lei de Kepler afirma que em tempos iguais um corpo percorre áreas iguais em uma órbita, por isso o apelido de lei das áreas.
2. (V) Sim, em um mesmo tempo o planeta percorreu uma parcela maior de sua órbita entre os pontos AB do que entre os pontos XY.
3. (V) Sim, periélio é o nome dado ao ponto mais próximo do Sol em uma órbita.
4. (V) Sim, já que ele está se aproximando do periélio (ponto em que possui a maior velocidade).
5. (V) Sim, já que ele está se aproximando do periélio (ponto em que possui a maior velocidade).

Resposta: b)

3. (1 ponto) 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 informação correta.

- (a) De maneira geral, crateras com 1km de diâmetro também costumam ter 1km de profundidade.
- (b) Na lua Europa só encontramos crateras simples.
- (c) Na Lua, crateras com diâmetros de até 10km 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.

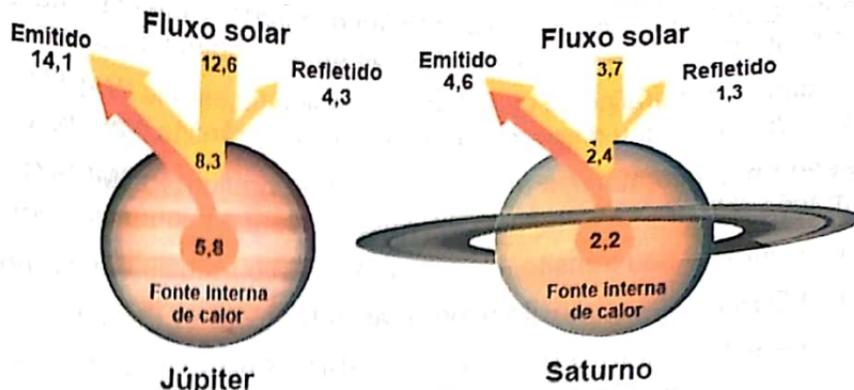
Solução:

(c) Ao analisar o gráfico percebe-se que a primeira quebra encontra-se próximo da marca dos 10km, ou seja, todas as menores são consideradas crateras simples.

Resposta: c)

4. (1 ponto) 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

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 de seus anéis.
- 3ª) () Ambos os planetas emitem mais energia do que recebem do Sol.
- 4ª) () Da luz 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)

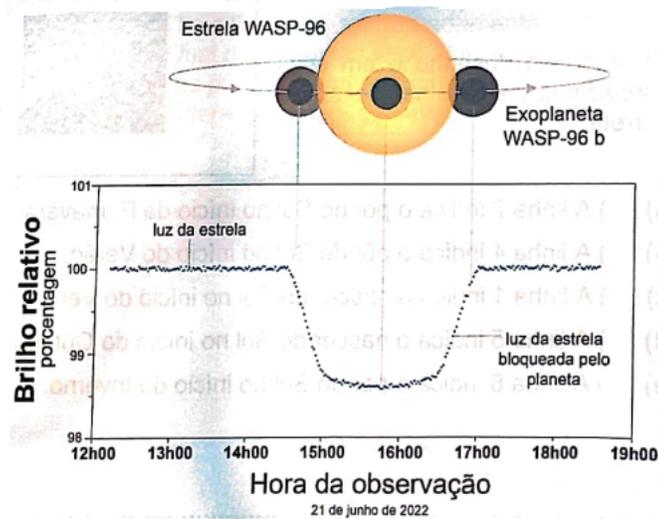
Solução:

- 1ª) (F) A porcentagem absorvida por Júpiter é $8,3/12,6 \approx 65,9\%$, enquanto a de Saturno é $2,4/3,7 \approx 64,9\%$. Assim, Saturno absorve, percentualmente, pouco menos que Júpiter.
- 2ª) (F) Como vimos, Saturno absorve menos luz percentualmente, possivelmente por conta de seus anéis.
- 3ª) (V) Ambas os fluxos emitidas são maiores do que o solar incidente.
- 4ª) (V) Como Saturno absorve, percentualmente pouco menos que Júpiter, ele reflete um pouco mais do que o último.
- 5ª) (V) O fluxo produzido pela fonte interna de Júpiter é maior que o de Saturno.

Resposta: d)

6. (1 ponto) Uma das maiores novidades do Telescópio Espacial James Webb (JWST) é sua capacidade de encontrar exoplanetas habitáveis. Isso porque ele leva um equipamento espacial a bordo chamado NIRISS, capaz de ler a assinatura química de lugares distantes. Para estrear 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 1150 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 de 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 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)

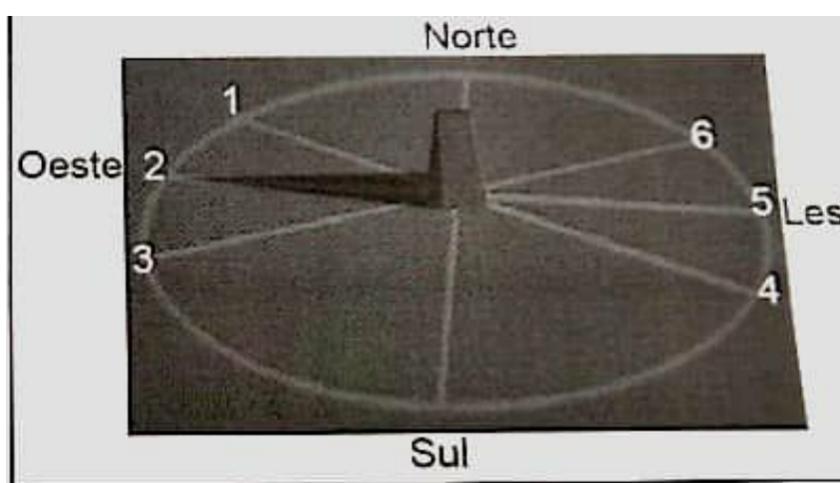
Solução:

- 1ª) (F) Pelo gráfico, percebemos que a redução foi menor do que 2%.
- 2ª) (F) O máximo do trânsito ocorreu antes das 16h.
- 3ª) (F) EM um ano terrestre, o planeta dá $365/3,5 \approx 104$ voltas em torno de WASP-96.
- 4ª) (F) A estrela está a $1150/3,26 \approx 353 pc$ de nós.
- 5ª) (V) Pela fórmula da densidade:

$$\rho = \frac{M}{4\pi R^3/3} \Rightarrow \frac{\rho}{\rho_J} = \frac{M}{M_J} \cdot \left(\frac{R_J}{R}\right)^3 = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{1.2^3} = 0,289 \approx 30\%$$

Resposta: c)

7. (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, 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 1 indica o nascer do Sol no início do Verão.
- d) A linha 5 indica o nascer do Sol no início do Outono.
- e) A linha 6 indica o pôr do Sol no início do Inverno.

Solução:

No Verão, o Sol estará mais próximo do ponto cardinal Sul e, sabendo que o Sol nasce próximo ao ponto cardinal leste, a linha 1 indica o Nascer do Sol no início do Verão. Perceba que, nascendo no Sudeste, o Sol projetará sua sombra no Noroeste, de modo que sua sombra será

projetada exatamente na linha 1.

Resposta: c)

8. (1 ponto) Ao Final de 2012, havia 1191 satélites operando em órbita terrestre. Dez anos depois temos 6905 satélites. Somente nesta década, há a expectativa de que mais de 14000 satélites sejam lançados no espaço. Como você já sabe, são os foguetes que levam os satélites ao espaço. Eles podem fazê-lo 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 1000 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 precisa completar a tabela.

Item b) Suponha que você tenha dois satélites de 7500kg para colocar em órbita. Qual dos foguetes você usaria, considerando o menor preço do foguete. Considere que o foguete levará somente seus satélites.

Item c) Os satélites atuais têm massas variando de 0,25kg a 5000kg, aproximadamente. Considere que você deseje lançar 60 satélites de 1,5kg 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 seus satélites.

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

- a) Falcon 9, Falcon 9, Electron
- b) Falcon 9, Proton e Electron
- c) Falcon9, Falcon 9 e Kuaizhou-1A
- d) Ariane 5, PSLV e Kuaizhou-1A
- e) Ariane 5, PSLV e Falcon 9

Solução:

Item a) - Podemos calcular o custo específico ao dividir o preço do foguete pela sua capacidade de carga, ou seja, chegamos ao resultado: Falcon 9 - 4000, Kuaizhou-1A - 20000, Proton -

7000. Portanto, o foguete com o menor custo específico é o **Falcon 9**.

Item b) - Como o foguete mais barato que tem capacidade de levar 15000kg para órbita é o **Falcon 9** ele seria o escolhido

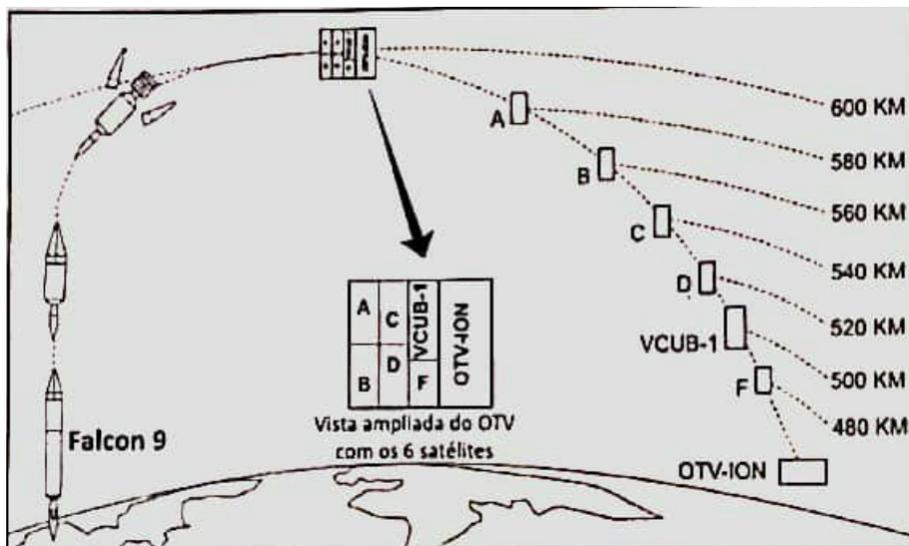
Item c) - Como 60 foguetes de 1,5kg cada pesam 90kg precisamos escolher o foguete mais barato que consiga lançar 90kg de carga e siga a orientação do enunciado, ou seja, não seja chinês. Portanto, o escolhido seria o **Electron**.

Resposta: a)

9. (1 ponto) O VCUB-1, da empresa Visiona, é o primeiro satélite brasileiro a fazer uso de uma nova tecnologia espacial que são os Veículos de Transferência Orbital (OTV - Orbital Transfer Vehicles). De modo simplificado, um OTV pode ser entendido como um satélite que, colocado em uma órbita terrestre por meio de um foguete, é capaz de inserir vários pequenos satélites em diferentes órbitas, por meio de manobras orbitais.

Em decorrência da diminuição do tamanho dos satélites, por conta da miniaturização da eletrônica, um foguete como o Falcon 9 (SpaceX), é capaz de levar em um único voo dezenas de satélites. Como cada satélite tem umas especificidades em relação à altitude e o plano orbital, faz-se uso de um OTV para efetuar os ajustes orbitais de cada um dos pequenos satélites que ele transporta. Para tanto, o OTV possui seu próprio sistema propulsivo.

O VCUB-1, com 12kg de massa, foi ao espaço em abril de 2023. O foguete Falcon 9 colocou o OTV-ION em uma órbita inicial de 600km de altitude (ver figura). A partir dessa altitude, o OTV-ION inseriu os satélites A,B,C,D,VCUB1 e F em suas órbitas finais de 580, 560, 540, 520, 500 e 480km, respectivamente. Para que possa realizar suas manobras orbitais, o OTV-ION possui um sistema propulsivo próprio com 2,6kg de propelente. Depois de colocar o último satélite em órbita, o OTV-ION entrou na atmosfera terrestre, onde foi destruído pelo intenso calor gerado na reentrada.



Item a) Para cada redução de 20km na sua altitude, o OTV-ION necessita de 1 dia. Considerando-se que a ejeção dos satélites é instantânea quantos dias foram necessários, no mínimo, para a colocação do VCUB-1 em sua órbita de 500km?

Item b) Para correção de 10km na altitude o sistema propulsivo do OTV-ION consome 200g de propelente. Quanto de massa de propelente será consumida pelo OTV-ION para colocar o VCUB-1 em sua órbita final, após lançar o satélite D?

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

- a) 4 dias e 0,4kg
- b) 5 dias e 0,8kg
- c) 4 dias e 0,2kg
- d) 5 dias e 0,4kg
- e) 5 dias e 0,2kg

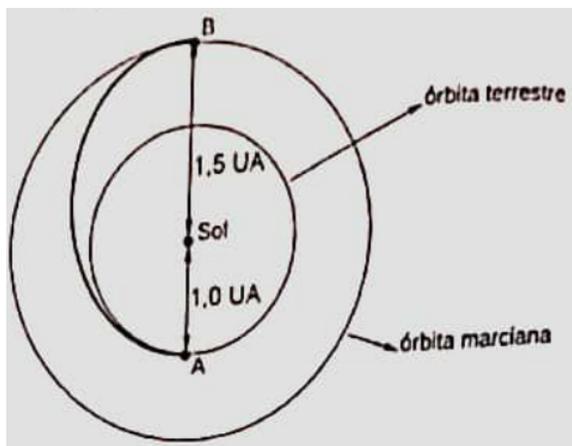
Solução:

Item a) - Podemos contar as reduções - $600 \Rightarrow 580 \Rightarrow 560 \Rightarrow 540 \Rightarrow 520 \Rightarrow 500$, ou seja, foram necessárias 5 manobras, como cada uma leva um dia foram necessário **5 dias**.

Item b) - Se o satélite consome 0,2kg a cada 10km e precisou percorrer 20km ($520 \Rightarrow 500$), ele consumiu $0,2\text{kg} \cdot 2 = \mathbf{0,4\text{kg}}$.

Resposta: d)

10. (1 ponto) 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 com 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 $\sqrt{1,5} = 1,22$ e $\sqrt{1,25} = 1,12$. Assinale a alternativa que contém as respostas corretas aos itens “a” e “b”, acima, e na sequência correta.

- a) 1,5 UA e 11,0 meses
- b) 1,25 UA e 16,8 meses
- c) 1,22 UA 22,0 meses
- d) 1,22 UA e 8,4 meses
- e) 1,25 UA e 8,4 meses

Solução:

Item a) Nesse caso, basta perceber que o periélio ocorre quando o foguete está na órbita terrestre e o afélio quando o foguete está na órbita marciana, logo:

$$2a = R_T + R_M = 2,5 \text{ UA}$$

$$a = 1,25 \text{ UA}$$

Item b) Nesse caso, utilizando a 3ª Lei de Kepler:

$$\frac{T_M^2}{a^3} = \frac{T_T^2}{R_T^3} = \frac{1 \text{ anos}^2}{\text{UA}^3}$$

$$T_T = \sqrt{(1,25)^3} \text{ anos}$$

$$T_T = 1,4 \text{ anos}$$

então:

$$\Delta t = \frac{T_T}{2} = 0,7 \text{ anos}$$

$$\Delta t = 8,4 \text{ meses}$$

Resposta: e)