



Gabarito elaborado pela equipe do projeto de extensão *Elaboração de Material de Preparação para a Olimpíada Brasileira de Física (OBF)*, do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro (IF-UFRJ).

Equipe

Hariom Nunes Choudhury João Octavio Oliveira Cony Lucas Bianchi Marcianesi
Maria Clara Vicente Coelho Maria Luisa Chaves Lino Sidney Natzuka Junior
Thiago Maia Martins

Revisão

Prof. Marcos G. Menezes Prof. Rodrigo B. Capaz

1. Conhecer as ciências a partir dos seus contextos históricos enriquece a compreensão conceitual, motivando e despertando estudantes e professores para uma aprendizagem mais significativa, ao mesmo tempo em que mostra que a evolução dos fatos que hoje sabemos não foi pensada do dia para noite, mas que passaram por refutações, discórdias, até ser cientificamente aceita.

Você já deve ter se perguntado a respeito de como foi possível medir o diâmetro da terra, a velocidade do som, a distância entre as estrelas, a existência do átomo, a equivalência entre energia e matéria e que a terra gira em torno de si mesma? Quem foram os responsáveis por esses experimentos que permitiram afirmar: “de fato, é assim que acontece”? A partir desse contexto, indicamos alguns cientistas importantes que talvez você já ouviu falar sobre eles. Identifique, nas proposições seguintes, nomes de pessoas que contribuíram significativamente para o desenvolvimento da física.

- a) Einstein, Galileu, Newton, Joule, Faraday;
- b) Einstein, Galileu, Darwin, Goethe, Joule;
- c) Joule, Newton, Planck, Pasteur, Einstein;
- d) Planck, Newton, Lineu, Bohr, Fermi;
- e) Henry, Lenz, Sabin, Heisenberg, Bohr.

Resolução

A opção onde todos os nomes apresentados deram contribuições significativas para a Física é a (a). Entre as contribuições de Einstein, destacamos o desenvolvimento da teoria da relatividade e a explicação do efeito fotoelétrico. Por essa última, inclusive, ele recebeu o prêmio Nobel de Física de 1921. Galileu e Newton estão presentes nas bases que fundamentam a mecânica clássica e a gravitação. Joule deu contribuições relevantes para o estudo da natureza do calor e a sua relação com a realização de trabalho mecânico. Contribuiu também para a descrição do efeito que leva seu nome, associado a dissipação de calor pela passagem de corrente em uma resistência elétrica. Por fim, Faraday observou e descreveu fenômenos muito importantes relacionados eletromagnetismo, com destaque para a lei da indução que leva o seu nome.

Nas outras alternativas, encontramos nomes que deram contribuições relevantes para outras áreas de conhecimento, como Darwin (naturalista e biólogo), Goethe (escritor), Pasteur (contribuiu para a química e a medicina), Lineu (biólogo) e Sabin (medicina). Além deles, encontramos ainda os nomes de Planck, Bohr, Fermi e Heisenberg, que deram contribuições relevantes para a Física. Eles foram muito importantes para o desenvolvimento da mecânica quântica e da mecânica estatística quântica.

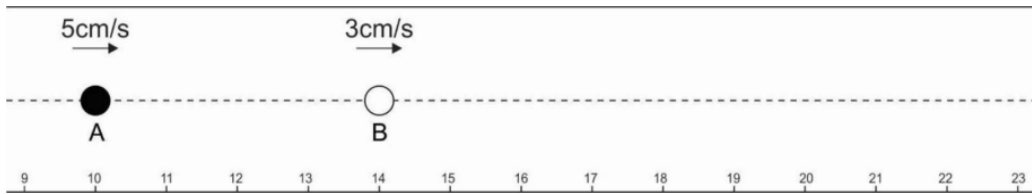
RESPOSTA: Alternativa A



2. Utilizando-se de um kit de experimentos constituído de um trilho de ar e duas esferas A e B, o Professor Physicson efetuou a seguinte experiência, representada pela figura a seguir. No esquema mostrado, as esferas movem-se em linha reta e com velocidades constantes, ao longo de uma régua centimetrada, cujas posições são mostradas na figura, de forma estática. Atentos ao desenrolar dos acontecimentos, os

alunos verificaram que a colisão entre as esferas ocorreu na posição correspondente a:

- a) 18 cm;
- b) 22 cm;
- c) 20 cm;
- d) 17 cm;
- e) 10 cm.



Resolução

Como o movimento das duas esferas é uniforme (velocidade constante), podemos escrever suas funções horárias como:

$$\begin{aligned} S_A(t) &= 10 + 5t \\ S_B(t) &= 14 + 3t \end{aligned} \quad (1)$$

onde o tempo é dado em segundos e a posição em centímetros. Note que o instante representado na figura corresponde a $t = 0$.

No instante da colisão, que representaremos como t^* , as posições das duas esferas devem ser iguais. Assim:

$$\begin{aligned} S_A(t^*) &= S_B(t^*) \\ 10 + 5t^* &= 14 + 3t^* \\ t^* &= 2 \text{ s} \end{aligned} \quad (2)$$

Finalmente, sabendo o instante da colisão, podemos determinar a posição onde ela ocorre:

$$S_A(2) = 10 + 5 \times 2 = 20 \text{ cm} \quad (3)$$

A colisão será na marcação de 20 cm da régua.

RESPOSTA: Alternativa C



3. Procurando despertar os alunos para a compreensão da ação gravitacional que a Terra promove sobre todos os corpos dentro do seu campo, o professor de Ciências fez a seguinte ilustração, representada na figura a seguir, na qual temos quatro garrafas abertas, contendo certa quantidade de líquido, colocadas sobre a superfície da Terra, nas posições Norte, Sul, Leste e Oeste. Após o desenho da ilustração no quadro (em escala reduzida e não proporcional), ele solicitou que os alunos apontassem para a alternativa que melhor representa o que ocorre com o líquido dessas garrafas em cada uma das posições. Acertadamente eles escolheram a alternativa:

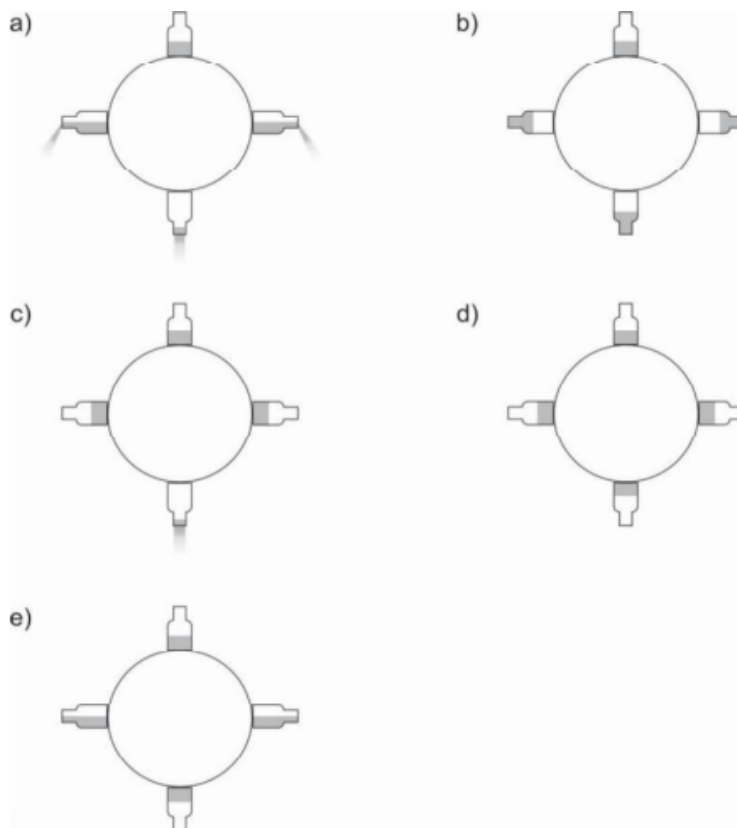
Resolução

De acordo com a lei da gravitação universal, a Terra exercerá uma força atrativa sobre o líquido em cada uma das garrafas, atraindo-o em direção ao centro do planeta. Isso ocorre independentemente da posição das garrafas sobre a superfície. Observando as figuras, vemos que esse fenômeno é corretamente representado pela alternativa (d).

OBS: Note ainda que o nível do líquido em cada garrafa, medido com relação a superfície, é essencialmente constante. Isso é consequência da garrafa ser muito pequena comparada com as dimensões da Terra (lembre que a figura está fora de escala), de modo que a variação do campo gravitacional da Terra sobre a superfície do líquido é desprezível.

RESPOSTA: Alternativa D





4. A altura do primeiro satélite artificial, o Sputnik, lançado pela União Soviética em 1957, alcançava uma altura máxima de 950,0 km. Hoje, a altura de um satélite estacionário, tipo Intelsat, é de, aproximadamente, 36000,0 km. Sabendo-se que as velocidades da luz e do som no ar, são respectivamente, iguais a $3,0 \times 10^8$ m/s e 340,0 m/s, podemos afirmar acertadamente que o tempo em segundos, aproximadamente, que decorre entre o instante que você fala por celular, via satélite, com seu amigo e o instante em que ele ouve sua voz, vale:

- a) 0,60
- b) 0,24
- c) 0,48
- d) 0,12
- e) 0,36

Resolução

Na situação proposta, a comunicação entre os celulares é realizada por intermédio de um satélite, que recebe uma onda eletromagnética enviada de seu celular e a reenvia até o celular de seu amigo. Os processos de captação e emissão da voz são realizados por um microfone e um alto-falante localizados em cada aparelho. Por isso, o atraso vem essencialmente do tempo que a onda eletromagnética leva para ir até o satélite e voltar à Terra. Sabemos que as ondas eletromagnéticas viajam à velocidade da luz, cujo valor no ar e no vácuo é aproximadamente $c = 3,0 \times 10^8$ m/s. Considerando ainda que a distância entre você e seu amigo é pequena em comparação à altura $h = 36000,00$ km do satélite, podemos supor que a onda percorrerá um caminho essencialmente vertical, indo até o satélite e retornando. Com a distância e a velocidade, podemos determinar o tempo que a onda leva para percorrer este trajeto:

$$t = \frac{2h}{c} = \frac{2 \times 36000 \times 10^3 \text{ m}}{3 \times 10^8 \text{ m/s}} = 0,24 \text{ s} \quad (4)$$

Este tempo representa efetivamente o atraso na comunicação.

RESPOSTA: Alternativa B

OBS: É importante ressaltar que as comunicações usuais entre telefones celulares são realizadas por intermédio de torres de celular espalhadas pela vizinhança, diferentemente da situação proposta acima. A comunicação via satélite é mais utilizada em situações onde não há torres de celular, como em áreas mais remotas.



5. O Professor Physicson dirige seu carro numa estrada plana e reta, mantendo-se a 72,0 km/h. Uma cerca longa, com postes espaçados em 4,0 m margeia esta estrada. Tomando o automóvel como referencial, pode-se afirmar corretamente que o número de postes que passam pelo carro, por segundo, é de:

- a) 3 a 4;
- b) 7 a 8;
- c) 20 a 21;
- d) 5 a 6;
- e) 72 a 73.

Resolução

Vamos converter a velocidade do carro de km/h para m/s para facilitar a resolução:

$$1 \text{ h} = 3600 \text{ s} \quad \text{e} \quad 1 \text{ km} = 1000 \text{ m}$$

$$72,0 \text{ km/h} = 72,0 \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 20 \text{ m/s} \quad (5)$$

Como temos um poste a cada 4 metros, e o carro percorre 20 metros a cada segundo, concluímos que devem passar de 5 a 6 postes pelo carro a cada segundo.

RESPOSTA: Alternativa D



6. Um observador A, em cima da carroceria de um caminhão que se desloca em linha reta com uma velocidade constante de 10,0 m/s, lança verticalmente para cima uma pedra. Nesse instante, outro observador B, sentado à margem da estrada, vê o caminhão passar, observando o lançamento da pedra. Desprezando-se todas as resistências que atuam sobre a pedra lançada, é possível afirmar-se que os valores das velocidades da pedra quando ela atinge o ponto mais alto de sua trajetória, em relação a cada observador, vale respectivamente:

- a) $V_A = 0$ e $V_B = 10,0 \text{ m/s}$;
- b) $V_A = 10,0 \text{ m/s}$ e $V_B = 10,0 \text{ m/s}$
- c) $V_A = 0$ e $V_B = 0$
- d) $V_A = 10,0 \text{ m/s}$ e $V_B = 0$
- e) $V_A = 0$ e $V_B = 5,0 \text{ m/s}$

Resolução

Como o caminhão se move em linha reta com velocidade constante com relação a estrada, o observador A estará em um referencial inercial e verá simplesmente o movimento vertical da pedra sob a ação da gravidade. Portanto, para este observador, a velocidade no ponto mais alto da trajetória será $V_A = 0$ em razão da inversão de sentido de movimento da pedra.

Por outro lado, o observador B está em um outro referencial inercial e verá a pedra ser jogada em uma direção diferente da vertical, com uma componente horizontal da velocidade igual a 10,0 m/s em razão do movimento do caminhão. Como não há forças atuando sobre a pedra na direção horizontal, esta componente permanecerá constante ao longo de todo o movimento. No ponto mais alto da trajetória, a componente vertical da velocidade da pedra será nula, mais uma vez em razão da inversão de sentido, de modo que a velocidade será puramente horizontal. Portanto, teremos neste ponto $V_B = 10,0 \text{ m/s}$.

Vale a pena dizer ainda que a trajetória da pedra vista por A será um segmento de reta enquanto que para B será um arco de parábola (resultado de um lançamento oblíquo).

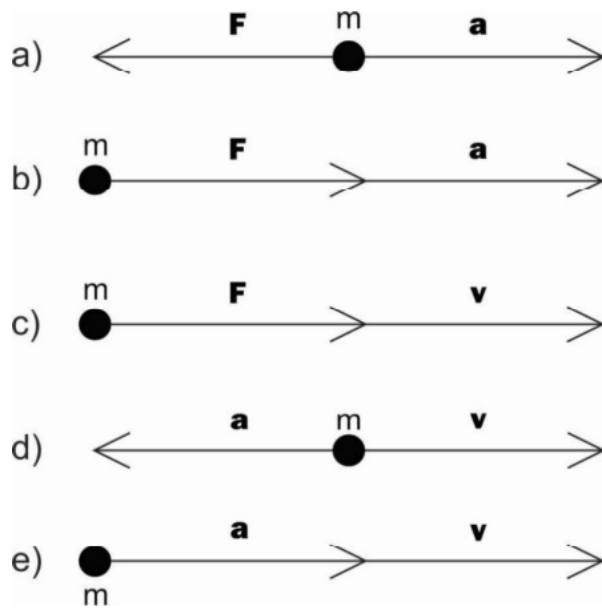
RESPOSTA: Alternativa A

OBS: Note que a trajetória vista pelo observador A seria diferente se o caminhão estivesse em movimento acelerado com relação à estrada. Isso está relacionado ao fato de um referencial atrelado ao movimento do caminhão não ser mais inercial nessa situação.



7. Considere uma partícula de massa (m) em movimento retilíneo sob a ação de uma força resultante \vec{F} . Sejam \vec{v} e \vec{a} , respectivamente, os vetores velocidade e aceleração dessa partícula, num instante qualquer de movimento. Nas alternativas abaixo, estão indicadas as possíveis direções e sentidos dos respectivos vetores. Identifique a composição incorreta:

Resolução



Observe que a alternativa (a) contradiz a segunda lei de Newton:

$$\vec{F} = m\vec{a} \quad (6)$$

Como a massa m é uma grandeza sempre positiva, a aceleração e a força resultante têm necessariamente o mesmo sentido. A figura mostra esses vetores com sentidos opostos. A relação correta entre esses dois vetores é mostrada na alternativa (b).

Nos outros itens vemos a associação entre aceleração ou força resultante com a velocidade. Nesse caso, é possível termos movimentos retilíneos em que a aceleração (ou a força resultante) e a velocidade tem o mesmo sentido ou sentidos opostos. A situação de mesmo sentido corresponde a um movimento acelerado, onde o módulo da velocidade da partícula aumenta com o tempo, e a situação de sentidos contrários representa um movimento retardado, onde o módulo da velocidade decresce com o tempo.

RESPOSTA: Alternativa A



8. Um dos grandes problemas descritos pela legislação brasileira para a renovação da Carteira Nacional de Habilitação (CNH) para idosos, acima de 65 anos, refere-se ao tempo de reação dos mesmos. Como sabemos, o tempo médio de reação de um motorista é da ordem de 0,7 s (tempo de reação é o intervalo entre a percepção do sinal vermelho, por exemplo, e o momento de apertar os freios). Se um automóvel pode ser desacelerado a razão de $5,0 \text{ m/s}^2$, de quanto seria a distância percorrida entre a percepção do sinal vermelho e a parada do carro que trafega com uma velocidade de 36,0 km/h?

- a) 10,0 m
- b) 7,0 m
- c) 6,5 m
- d) 13,0 m
- e) 17,0 m

Resolução

Vamos converter a velocidade inicial do carro de km/h para m/s para facilitar a resolução:

$$1 \text{ h} = 3600 \text{ s} \quad \text{e} \quad 1 \text{ km} = 1000 \text{ m} \quad (7)$$

$$36,0 \text{ km/h} = 36,0 \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 10 \text{ m/s}$$

Durante o intervalo de reação, o motorista ainda não acionou o freio, de modo que o carro se move com velocidade constante. Assim, a distância percorrida pelo carro nesse intervalo é:

$$\Delta S_1 = v_0 \Delta t = 10 \text{ m/s} \times 0,7 \text{ s} = 7,0 \text{ m} \quad (8)$$

Quando o motorista começa a frear, a aceleração do carro é constante e contrária à velocidade até o carro parar. Assim, para determinar a distância percorrida nesse segundo momento, podemos utilizar a equação de Torricelli:

$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta S_2$$

$$\Delta S_2 = \frac{v^2 - v_0^2}{2a} = \frac{-(10,0 \text{ m/s})^2}{2 \times (-5,0 \text{ m/s}^2)} = 10,0 \text{ m} \quad (9)$$

onde tomamos $v = 0$ no instante em que o carro para e atribuímos um sinal negativo à aceleração para indicar que ela tem sentido contrário ao da velocidade.

Assim, a distância total percorrida pelo carro até parar é $\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 = 17,0 \text{ m}$.

RESPOSTA: Alternativa E



9. Um curioso estudante de engenharia aferiu as três dimensões de uma resma (500 folhas) de papel ofício, do tipo A4, encontrando os seguintes valores: 210 mm para a largura, 29,7 cm para o comprimento e 5,2 cm de espessura. Desejando medir o volume de uma folha, um estudante encontrou, aproximadamente, em cm^3 :
- 64,9
 - 8,68
 - 86,6
 - 6,49
 - 88,6

Resolução

Como queremos a resposta em cm^3 , é conveniente fazer a conversão da largura para cm, lembrando que $1 \text{ cm} = 10 \text{ mm}$:

$$210 \text{ mm} = 21,0 \text{ cm} \quad (10)$$

O volume da resma de papel é o volume de um paralelepípedo com as dimensões informadas no enunciado. Como a resma tem 500 folhas, para determinar o volume de cada folha individualmente dividimos por 500:

$$V = \frac{5,2 \text{ cm} \times 29,7 \text{ cm} \times 21 \text{ cm}}{500} = 6,49 \text{ cm}^3 \quad (11)$$

RESPOSTA: Alternativa D



10. Uma partícula se move em um sistema de coordenadas xy sob a ação de duas forças, cujos módulos são respectivamente iguais a 30,0 N e 40,0 N. Desprezando-se as resistências oferecidas ao seu deslocamento, o módulo da resultante (R) das forças aplicadas em Newtons pode assumir valores:
- $R \leq 10,0$
 - $10,0 \leq R \leq 70,0$
 - $R \leq 70,0$
 - $20 \leq R \leq 50,0$
 - $R \leq 20,0$

Resolução

Seja a força de módulo 30,0 N denotada por \vec{F}_1 e a de módulo 40,0 N por \vec{F}_2 . A força resultante é dada pela soma vetorial $\vec{F}_1 + \vec{F}_2$ e seu módulo é representado por:

$$R = |\vec{F}_1 + \vec{F}_2| \quad (12)$$

Observe que o valor de R será definido pelas direções e sentidos de \vec{F}_1 e \vec{F}_2 . O valor máximo ocorrerá quando os dois vetores tiverem a mesma direção e sentido, de forma que seus módulos se somam. Por outro lado, o valor mínimo ocorrerá quando eles tiverem a mesma direção e sentidos opostos, de forma que seus módulos se subtraem. Assim, podemos escrever:

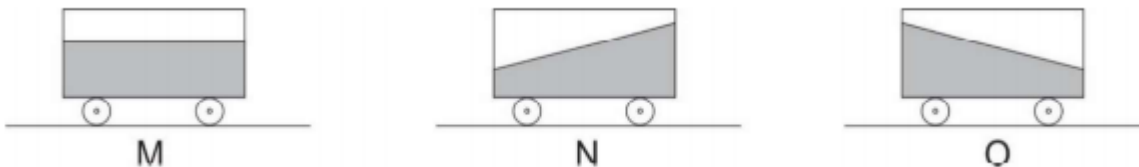
$$\left| |\vec{F}_1| - |\vec{F}_2| \right| \leq R \leq |\vec{F}_1| + |\vec{F}_2| \quad \Rightarrow \quad 10,0 \text{ N} \leq R \leq 70,0 \text{ N} \quad (13)$$

RESPOSTA: Alternativa B



11. Considere que um vagão ferroviário, transportando óleo, movimentar-se da esquerda para a direita, na horizontal. Três situações podem ocorrer:

- I. O vagão se move com velocidade constante;
- II. O vagão é acelerado para a direita;
- III. O vagão é desacelerado.



Cada um desses casos está associado a uma das figuras a seguir. As figuras que correspondem, respectivamente, às situações I, II e III, são:

- a) N, O, M
- b) M, O, N
- c) M, N, O
- d) O, N, M
- e) O, M, N

Resolução

Para resolver essa questão usaremos a **primeira lei de newton, a lei da inércia**:

“Todo corpo continua em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em uma linha reta, a menos que seja forçado a mudar aquele estado por forças aplicadas sobre ele.”

Na situação **M**, o óleo está estabilizado o que significa que não há nenhuma força resultante sobre ele. Assim, o vagão se move com velocidade constante e deve corresponder à situação **(I)**.

Na situação **O**, observe que o óleo está se acumulando na parte de trás do vagão, de modo que o vagão está aumentando sua velocidade, mas o óleo não acompanha essa mudança e tende a continuar com sua velocidade anterior. Portanto, o vagão é acelerado para a direita e temos a situação **(II)**.

Na situação **N**, o óleo se acumula na parte da frente, o que mostra que o óleo tende a continuar com uma velocidade maior que a do vagão, que está sendo reduzida. Portanto, o vagão é desacelerado e temos a situação **(III)**.

OBS: Note que as situações II e III são idênticas a quando um carro é acelerado ou freiado e seu corpo tende a ir para trás ou para frente, respectivamente.

RESPOSTA: Alternativa B



12. Durante a exibição de um vídeo em sala de aula sobre paraquedismo, o professor Physicson explicou aos seus alunos sobre os diversos parâmetros que devem ser levados em consideração no que a resistência do ar produz sobre corpos em movimento, em especial sobre o conjunto paraquedas e o paraquedista. A expressão que define esses parâmetros é dada por $F = kv^2$, onde (F) representa a força de resistência oferecida pelo ar sobre o corpo em movimento, (v) é a velocidade do corpo imerso nesse fluido e (k) representa uma constante que depende de outros fatores como área de contato do corpo com o ar, coeficiente de arrasto, etc. A partir de uma análise dimensional, pode-se garantir que essa constante (k) possui a seguinte unidade de medida:

- a) kg.m
- b) m/s
- c) J/s
- d) N.s
- e) kg/m

Resolução

Vamos primeiro isolar a constante k da expressão dada para então definir as grandezas envolvidas e suas unidades:

$$F = k \cdot v^2$$

$$k = F/v^2 \tag{14}$$

Vamos utilizar colchetes [] para indicar as unidades das grandezas físicas. Lembre-se que, pela 2ª lei de newton $F = ma$, onde m é a massa de uma partícula e a é o módulo de sua aceleração. Com isso:

$$[k] = \underbrace{([massa] \cdot [aceleração])}_{F = m a} / [velocidade]^2 \tag{15}$$

Considerando as unidades de medida de cada uma das grandezas acima no Sistema Internacional (S.I.), obtemos:

$$[k] = \frac{[\text{massa}][\text{aceleração}]}{[\text{velocidade}]^2} = \frac{\text{kg} \cdot \text{m/s}^2}{(\text{m/s})^2} = \frac{\text{kg} \cdot \cancel{\text{m/s}}}{\text{m} \cdot \cancel{\text{m/s}}} \Rightarrow [k] = \text{kg/m} \quad (16)$$

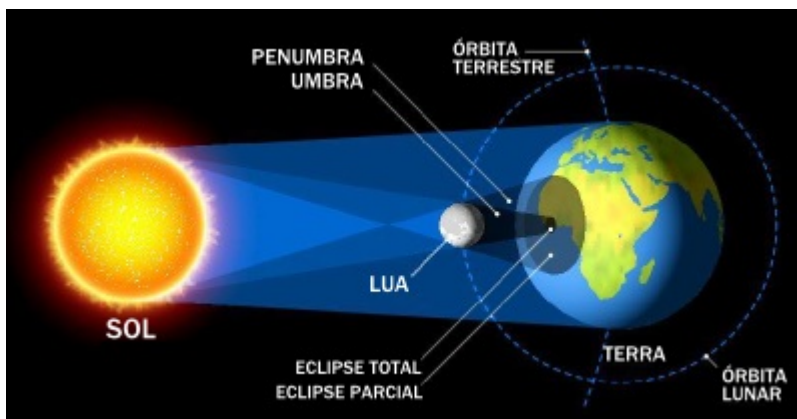
RESPOSTA: Alternativa E



13. “A questão que minha mente formulou foi respondida pelo radiante céu do Brasil”. Com essa afirmação, o físico alemão Albert Einstein (1879-1955) apresentava ao mundo a comprovação da sua Teoria da Relatividade Geral, a partir dos resultados fotográficos realizados pela Royal Astronomical Society de Londres, durante o eclipse total do Sol em 29 de maio de 1919, na cidade de Sobral, Ceará. Num eclipse como esse, o Sol:
- a) Se apaga b) Se oculta atrás de um planeta c) Se oculta atrás da Lua
d) É ocultado pela sombra da Terra e) Brilha mais.

Resolução

No eclipse solar, a Lua se posiciona entre o Sol e a Terra, produzindo regiões de sombra, onde o eclipse é total, e penumbra, onde o eclipse é parcial, como mostrado na figura abaixo. Com isso, vemos que no eclipse total o Sol se oculta atrás da Lua.



Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/eclipse-solar.htm>

OBS: Note que a região onde o eclipse total é observado é definida pelo cone de sombra da Lua, como mostrado na figura.

RESPOSTA: Alternativa C



14. Cada Alternativa abaixo contém um enunciado de um teorema ou de uma lei física ou uma proposta decorrente de sua análise. Dentre elas existe **uma** que não corresponde corretamente a uma realidade física. Identifique-a:
- a) O trabalho realizado sobre um corpo, pela força resultante, é igual a sua variação de energia mecânica;
b) Calor e temperatura são grandezas físicas diferentes;
c) A lei da inércia é válida para sistemas mecanicamente isolados;
d) As leis de Newton são as bases da mecânica clássica;
e) Quando um móvel em movimento retilíneo e uniforme sofre deslocamentos iguais em tempos iguais, dizemos que a resultante das forças que nele atua é nula.

Resolução

Vamos analisar cada uma das alternativas:

(a) Na verdade, o trabalho realizado sobre um corpo é igual a variação de sua energia **cinética** (energia associada ao movimento), não de sua energia mecânica. Lembre que a energia mecânica é a soma das energias cinética e potencial de um corpo. Portanto, **vemos que essa alternativa está incorreta.**

(b) De fato, calor corresponde a energia térmica em movimento e temperatura é a grandeza que mede o grau de agitação das partículas. Assim, são grandezas diferentes.

(c) Correto. Um sistema isolado se manterá em repouso ou em movimento retilíneo uniforme porque não haverá nenhuma força externa atuando sobre ele para alterar o seu estado de movimento, em acordo com a lei da inércia.

(d) De fato, as observações e cálculos de Newton transformaram a ciência, fundamentando a mecânica clássica.

(e) Correto. Se um móvel está em movimento retilíneo e uniforme, concluímos pela 1ª lei de Newton que a resultante das forças que atuam sobre ele é nula.

RESPOSTA: Alternativa A



15. Durante uma aula sobre as leis de Newton, o professor Physicson como num truque de mágica, puxou rapidamente a toalha de mesa sem derrubar os copos que estavam sobre ela. Ao chamar a atenção dos alunos para o fato dos copos permanecerem em repouso, o professor estava evidenciando de forma experimental:

- a) A lei da ação e reação b) A lei fundamental da dinâmica c) A lei da gravitação universal
d) A lei da inércia e) A lei de Hooke

Resolução

Segundo a lei da inércia, os copos parados não vão se mover se não for exercida alguma força sobre eles. Quando puxamos um pano de mesa vagarosamente, os copos vão se mexer por causa da força de atrito com o pano. No entanto, ao puxar o pano rapidamente, a força de atrito da toalha sobre os copos atua por um tempo desprezível, de modo que podemos considerar que não existiu nenhuma força para tirar os copos do repouso. Além disso, note que o professor não deve puxar a toalha para cima, pois isso empurraria os copos e os forçaria a entrar em movimento.

RESPOSTA: Alternativa D



16. Ainda durante as aulas sobre as leis de Newton, o professor formou dois grupos com quatro alunos cada, para que pudessem participar de uma brincadeira chamada “cabo de guerra”. Em uma das extremidades da corda, com massa desprezível, o professor colocou o grupo A e, na outra extremidade, o grupo B. O grupo A conseguiu arrastar o grupo B, vencendo a batalha. Dos vários comentários realizados e tomando as leis de Newton como referência, identifique a(s) proposição(ões) que explica(m), adequadamente, a brincadeira realizada.

- I. O grupo A exerceu mais força na corda do que o grupo B
II. O grupo A exerceu mais força sobre o solo do que o grupo B
III. A força resultante sobre a corda é nula

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

Resolução

É importante notar que a corda em questão tem massa desprezível, assim, a resultante das forças que atuam sobre ela deve ser nula. Dessa forma, se o grupo A faz uma força \vec{F}_a na corda e o time B faz uma força \vec{F}_b na corda, teremos:

$$\vec{F}_a + \vec{F}_b = \vec{0} \quad \rightarrow \quad \vec{F}_a = -\vec{F}_b \quad (17)$$

Portanto, as forças que cada grupo exerce sobre a corda tem o mesmo módulo, de forma que **a proposição I está errada e a III está certa**. Note que o principal papel da corda em uma disputa de cabo de guerra é o de tração/tensão, ou seja, transferir a força das equipes de um lado para o outro.

Vamos analisar agora o papel do solo. Para puxar a corda, cada equipe deve empurrar o chão com seus pés, de forma que, pela terceira lei de Newton, o chão exerce uma força de mesmo módulo e sentido contrário, na forma de uma força de atrito. Olhando para o sistema formado por cabo + duas equipes, o módulo da força resultante será dado pela diferença entre os módulos das forças que o chão exerce sobre cada equipe, de forma que o grupo vencedor, no caso o A, deve ter exercido uma força maior sobre o chão. **Vemos então que a proposição II também está correta.**

Curiosidade: Se alguém pular durante o jogo, não conseguirá deter o adversário de puxá-lo, já que perderá o contato com o chão. Por isso, pela falta de contato com o chão, não é possível fazer cabo de guerra no ar nem no espaço. Da mesma forma, o atrito reduzido entre nossos sapatos e o gelo tornaria o cabo de guerra impraticável nesta superfície. Além disso, existe até um campeonato mundial de cabo

de guerra!

RESPOSTA: Alternativa A



17. Um carro com massa m desloca-se em linha reta com uma aceleração máxima de $3,0 \text{ m/s}^2$. Para que esse carro reboque um segundo carro com o dobro de sua massa e em linha reta, realizando o mesmo trabalho, deverá ter uma aceleração máxima de:
- a) $3,0 \text{ m/s}^2$ b) $1,5 \text{ m/s}^2$ c) $2,5 \text{ m/s}^2$
d) $1,0 \text{ m/s}^2$ e) $6,0 \text{ m/s}^2$

Resolução

Sejam W_1 e W_2 os trabalhos realizados na situação em que o carro está sozinho e quando ele reboca o segundo carro, respectivamente. Considerando que a aceleração será máxima e constante nas duas situações, o trabalho pode ser escrito como:

$$W = F\Delta S \quad (18)$$

onde ΔS é o deslocamento e F é o módulo da força resultante que atua sobre o carro, na mesma direção de seu movimento. Pela segunda lei de Newton, sabemos que $F = ma$, onde a é o módulo da aceleração máxima. Com isso, $W = ma\Delta S$.

Além disso, vamos supor que o deslocamento é o mesmo nas duas situações, de forma que $\Delta S_1 = \Delta S_2 = \Delta S$. Por último, note que a massa na primeira situação vale m e na segunda situação será igual à soma das massas dos dois carros, um de massa m e outro com o dobro de massa ($2m$). Reunindo esses resultados, obtemos:

$$\begin{aligned} W_1 &= W_2 \\ m a_1 \Delta S &= 3m a_2 \Delta S \\ \cancel{m} a_1 \cancel{\Delta S} &= 3\cancel{m} a_2 \cancel{\Delta S} \\ 3a_2 &= a_1 \\ 3a_2 &= 3,0 \text{ m/s}^2 \\ a_2 &= 1,0 \text{ m/s}^2 \end{aligned} \quad (19)$$

Portanto, a aceleração máxima na segunda situação valerá $1,0 \text{ m/s}^2$.

RESPOSTA: Alternativa D



18. A necessidade de economizar energia tem sido um dos assuntos mais debatidos em todos os fóruns internacionais sobre produção de energias limpas e de recursos renováveis. Dentre as várias fontes citadas nas posições abaixo, uma é dita como não-renovável. Identifique-a:
- a) Luz solar b) Ventos c) Marés
d) Petróleo e) Quedas d'água

Resolução

Os recursos renováveis se repõem dentro do nosso tempo biológico, isto é, nós podemos acompanhar a sua formação. Por exemplo, algumas plantas podem ser usadas para produzir o biodiesel e o crescimento delas demoram alguns meses, por isso são renováveis. Em contrapartida, fontes de energias que só se restauram dentro ou além da escala de tempo geológica são consideradas não-renováveis, ou seja demoram muito tempo para formarem-se. O petróleo leva milhões de anos para ser constituído, por isso ele é não renovável. Por outro lado, a luz Solar chega à Terra diariamente; os ventos são constantemente causados pelas diferenças de temperatura e pressão no planeta; as marés ocorrem periodicamente devido a atração que a Lua e o Sol exercem sobre os oceanos e as quedas d'água se renovam graças ao ciclo da água (evaporação-condensação-chuva).

RESPOSTA: Alternativa D



19. Durante uma corrida de 5,0 km um atleta profissional fez o percurso em 20 minutos. Dessa forma, pode-se afirmar corretamente que a máxima velocidade que ele desenvolveu foi necessariamente:
- a) Maior do que 4,17 m/s b) Menor do que 4,0 m/s c) Compreendida entre 3,5 m/s e 4,0 m/s
d) Igual a 10,17 m/s e) Igual a 4,0 m/s

Resolução

Perceba primeiro que a unidade de medida da velocidade está em m/s, por isso é preciso converter a distância e o tempo para unidades do SI (sistema internacional):

$$5 \text{ km} = 5000 \text{ m} \quad 20\text{min} = 20 \times 60 \text{ s} \quad (20)$$

Como a velocidade máxima desenvolvida pelo atleta ($V_{m\acute{a}x}$) deve ser superior à velocidade média ($V_{m\acute{e}dia}$), podemos afirmar que:

$$\begin{aligned} V_{m\acute{a}x} &> V_{m\acute{e}dia} \\ V_{m\acute{a}x} &> \frac{5000}{20 \times 60} \text{ m/s} \\ V_{m\acute{a}x} &> \frac{50}{12} \text{ m/s} \\ V_{m\acute{a}x} &\gtrapprox 4,17 \text{ m/s} \end{aligned} \quad (21)$$

RESPOSTA: Alternativa A



20. Para explicar sobre o processo de conservação e transferência de energia entre corpos, uma pessoa realiza três atividades sobre um corpo de massa (m), transferindo-lhe as energias E_1 , E_2 e E_3 , respectivamente:
- I. Elevar o corpo a uma altura de 1,0 m acima do solo;
II. lançar o corpo, a partir do repouso, sobre um plano horizontal sem atrito, variando sua velocidade para 1,0 m/s;
III. Aplicar-lhe uma força constante, produzindo um deslocamento de 1,0 m ao longo de um plano horizontal, sem atrito, com aceleração constante de $1,0 \text{ m/s}^2$.

Identifique a alternativa que melhor expressa a relação entre as energias transferidas ao corpo durante estas atividades:

- a) $E_1 > E_3 > E_2$ b) $E_3 > E_2 > E_1$ c) $E_3 > E_1 > E_2$
d) $E_1 > E_2 > E_3$ e) $E_2 > E_3 > E_1$

Resolução

A energia total de um corpo corresponde à sua energia mecânica, que é dada pela soma das suas energias cinética (K) potencial (U):

$$E = K + U \quad (22)$$

Dessa forma, a variação de energia mecânica pode ser escrita como $\Delta E = \Delta K + \Delta U$, onde o símbolo Δ representa a variação de cada quantidade. Calculemos a variação de energia mecânica para cada caso, identificando os tipos de energias envolvidas:

I. Ao elevar o corpo, há o aumento da energia potencial gravitacional ($U = mgh$). Por outro lado a velocidade final deve ser igual à inicial, de forma que não haverá variação de energia cinética. Portanto, nesse caso:

$$\Delta E_1 = \Delta U_1 = mg\Delta h \quad (23)$$

Vamos considerar a aceleração da gravidade como $g = 10 \text{ m/s}^2$. Como a elevação vale $\Delta h = 1,0 \text{ m}$, teremos:

$$\Delta E_1 = mg\Delta h = 10m \quad (24)$$

Note que, na expressão acima, se a massa m estiver em quilos, a energia estará em Joules.

II. Aqui a energia cinética inicial vale zero porque o corpo estava em repouso. Como ele entra em movimento, sua energia cinética deverá variar e atingir o valor final para a velocidade $v = 1 \text{ m/s}$. Além

disso, como o movimento é horizontal, a energia potencial não deve se alterar ($\Delta h = 0$). Assim:

$$\begin{aligned}\Delta E_2 &= \Delta K_2 + \cancel{\Delta U} \\ \Delta E_2 &= K_f - K_0 \\ \Delta E_2 &= \frac{mv^2}{2} - 0 \\ \Delta E_2 &= \frac{m \cdot 1^2}{2} - 0 = \boxed{m/2}\end{aligned}\tag{25}$$

onde adotamos as mesmas escolhas de unidades do caso anterior.

III. Nessa situação, Já que o movimento é retilíneo e não há atrito, a variação de energia mecânica é igual à variação de energia cinética:

$$\Delta E_3 = \Delta K_3\tag{26}$$

Além disso, pelo teorema trabalho-energia (cinética), sabemos que:

$$W_3 = \Delta K_3\tag{27}$$

onde W_3 é o trabalho total realizado sobre o corpo.

Como a força aplicada sobre o corpo é constante, podemos escrever $W = F\Delta S$, onde F representa o módulo da força resultante na direção de deslocamento e ΔS é o deslocamento. Pela segunda lei de Newton, temos ainda que $F = ma$, onde a é o módulo da aceleração do corpo. Reunindo essas informações, podemos escrever:

$$\Delta E_3 = ma\Delta S\tag{28}$$

A aceleração tem módulo igual a $1,0 \text{ m/s}^2$ e o deslocamento vale $1,0 \text{ m}$. Substituindo as variáveis, encontramos a energia transferida:

$$\Delta E_3 = m \cdot 1 \cdot 1 = \boxed{m}\tag{29}$$

onde mais uma vez adotamos as mesmas escolhas de unidades das situações anteriores.

Comparando as energias obtidas, chegamos no resultado:

$$10m > m > \frac{m}{2} \longrightarrow \Delta E_1 > \Delta E_3 > \Delta E_2\tag{30}$$

Na notação original do problema, essas variações correspondem às energias transferidas E_1 , E_2 e E_3 , de forma que verificamos que a alternativa (a) expressa a relação correta.

RESPOSTA: Alternativa A

■