Olimpíada Brasileira de Física
Prova Ensino Médio - 3^o e 4^o anos - Nível III
Primeira Fase - 2019

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

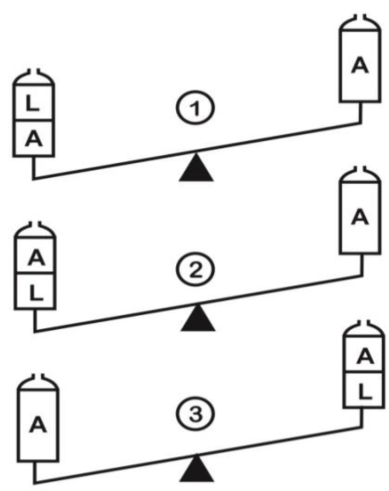
Adolpho Fonseca Lisboa Pousa   João Octavio Oliveira Cony   Lucas Bianchi Marcianesi
Maria Luisa Chaves Lino   Sidney Natzuka Junior   Vitoria Tavares da Silva

Revisão

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

---

1. O Professor Physicson dispõe de dois frascos exatamente iguais. Na sala de aula, ele coloca em um deles, um litro de água (A) e no outro meio litro de água e meio litro de um líquido não identificado (L), que não se mistura com a água. Em seguida os frascos são colocados nos pratos de uma balança bem regulada e sensível. No quadro, o Professor desenha três situações da balança, possíveis ou não:



Em relação às situações esquematizadas acima, qual a alternativa que representa corretamente a situação visualizada no experimento?

a) Tanto a 2 como a 3 são possíveis;
b) Tanto a 1 como a 3 são possíveis;
c) Somente a 1 é possível;
d) Tanto a 1 como a 2 são possíveis;
e) Somente a 2 é possível.

Resolução

Em um frasco contendo dois líquidos imiscíveis de densidades diferentes, o mais denso irá ocupar a parte de baixo do frasco.

Analisando a figura 1 do enunciado, vemos que o líquido L está acima da água, logo ele possui densidade menor que a água. Como os volumes de A e L dentro do frasco são iguais, podemos concluir que o lado esquerdo da balança (que tem o líquido L) é mais leve que o lado direito. Portanto, o esquema 1 não é possível.

Em um raciocínio análogo, analisando a situação 2 percebe-se que o líquido L está embaixo da água, logo ele é mais denso que a água. Portanto, como o lado esquerdo (com o líquido L) é mais pesado, o esquema 2 é fisicamente possível.

Finalmente, como o esquema 3 é o inverso do esquema 2, vemos que ele é fisicamente impossível. Logo, apenas o esquema 2 é fisicamente possível.

RESPOSTA: alternativa e)

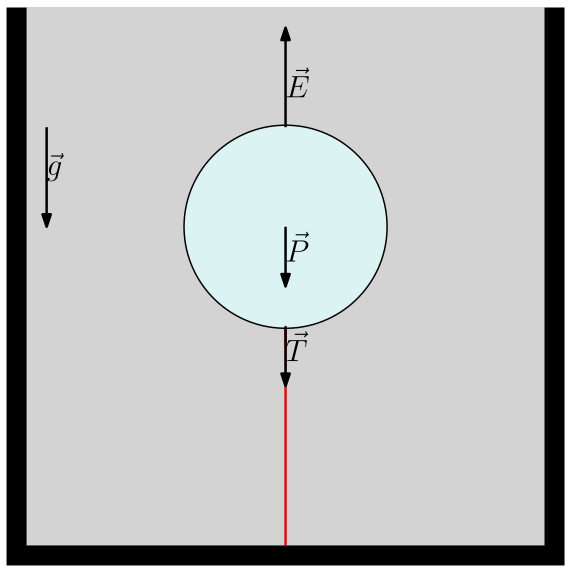
■

2. Uma bola homogênea de peso p e densidade d_B é presa ao fundo de um recipiente vazio por um fio, capaz de suportar uma tração máxima de $4p$. Ao colocarmos um líquido de densidade constante $d_L = 4d_B$ dentro do recipiente aberto, percebe-se que a bola passa a ser impulsionada para cima, tracionando o fio que a prende ao fundo do recipiente. Nesse sentido, ao deixar a bola completamente imersa:

   a) O fio não se arrebenta e o equilíbrio se estabelece;
   b) O fio se arrebenta e a bola sobe ficando com metade do seu volume imerso;
   c) A bola descerá até o fundo do recipiente;
   d) Nenhuma conclusão poderá ser obtida porque não se sabe a massa da bola;
   e) O fio se arrebenta e a bola sobe ficando com 25% do seu volume emerso.

   Resolução

   Como a densidade do fluido é maior que a da bola, ela subirá, por conta do empuxo, até que o fio esteja tracionado. A figura abaixo mostra as forças que atuam sobre a bola nessa situação:



   Analisando o equilíbrio de forças no eixo y (vertical):

$$E - p - T = 0 \tag{1}$$

   em que E representa o empuxo, p o peso da bola e T a tração no fio (os módulos das forças indicadas na figura). Quando a bola está totalmente imersa no fluido, o empuxo é dado por:

$$E = d_L V g = 4 d_B V g \tag{2}$$

   O peso da bola é obtido pela seguinte relação:

$$p = m_B g = d_B V g \tag{3}$$

   Assim, podemos associar o empuxo ao peso da seguinte forma:

$$E = 4p \tag{4}$$

   Substituindo a equação 4 na equação 1, obtemos:

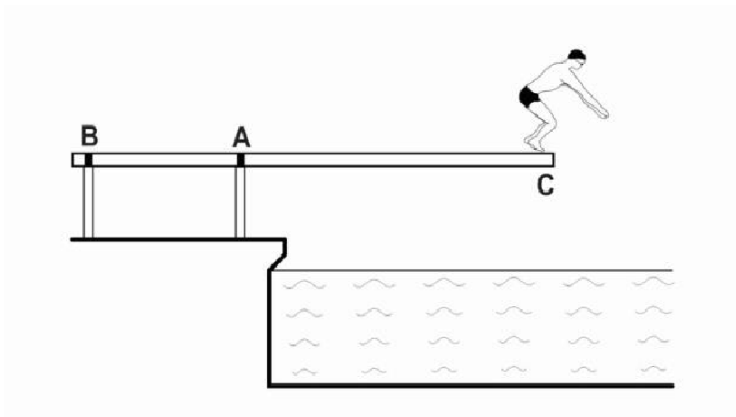
$$T = 3p \tag{5}$$

   Como a corda suporta uma tração máxima de $4p$, vemos que ela não se parte, de forma que essa é a situação final de equilíbrio.

   RESPOSTA: alternativa a)

   ■

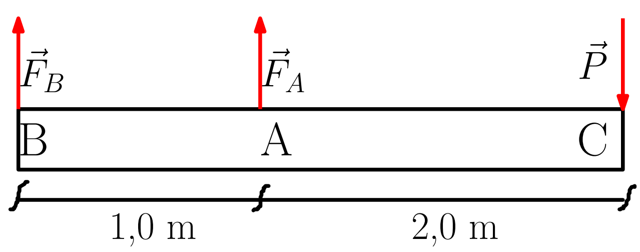
3. Na figura abaixo um nadador está na ponta do trampolim que é fixo em B e A. Se AB = 1,0 m, AC = 2,0 m e considerando o peso do nadador igual a P e desprezível o peso do trampolim, podemos acertadamente prever que os módulos das reações, no trampolim, nos pontos A e B, são respectivamente iguais a:



a) 2P para cima e 2P para baixo;
b) 2P para cima e 3P para baixo;
c) 3P para baixo e 2P para cima;
d) 3P para cima e 2P para baixo;
e) 3P para cima e 3P para baixo.

Resolução

Não é preciso saber, a priori, o sentido das forças nos pontos A e B, portanto vamos supor que nos pontos A e B os pinos fazem força para cima no trampolim, como mostrado na figura abaixo (se fizerem para baixo, valores negativos serão encontrados para as componentes verticais dessas forças).



.

Como o trampolim está em equilíbrio na vertical:

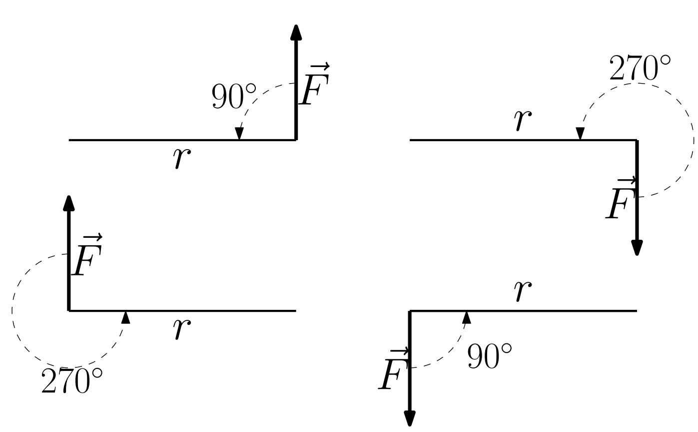
$$F_A + F_B - P = 0 \tag{6}$$

Como o trampolim é um corpo extenso, outra condição necessária para que ele esteja em equilíbrio é que a soma dos momentos de forças (conhecido também como torque) seja igual a zero em relação a algum ponto de referência. Um lema importante é o seguinte: se o corpo tem sobre ele uma força resultante nula e momento de força resultante nulo em relação a um ponto, ele terá também um momento de força resultante nulo em relação a qualquer outro ponto.

Relembrando a definição do momento de força:

$$\tau = F\ r\ \text{sen}\ \alpha \tag{7}$$

onde τ é o momento associado à força F aplicada a uma distância r do ponto de referência ($d = |r\ \text{sen}\ \alpha|$ é comumente chamado de braço de alavanca de F), e α é o ângulo orientado da força à posição no sentido anti-horário (trigonométrico), como ilustra a figura abaixo.



Analisemos então os momentos de força com relação ao ponto A. Note que a força F_A tem braço de alavanca nulo, a força F_B tem braço de alavanca de 1 m e o peso P tem braço de alavanca de 2 m. Assim, obtemos:

$$
\begin{aligned}
(2,0)P\,\text{sen}(270°) + (1,0)F_B\,\text{sen}(270°) &= 0 \\
-2P - F_B &= 0 \\
F_B &= -2P
\end{aligned}
\tag{8}
$$

Lembrando que um valor negativo significa que a força aponta em sentido contrário ao de nossa suposição inicial, chegamos a conclusão de que F_B aponta para baixo.

Voltando à equação 6 e substituindo o valor de F_B:

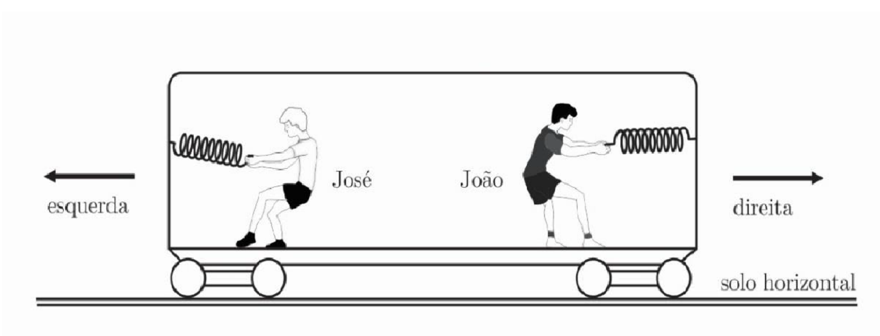
$$F_A - 2P - P = 0 \;\Rightarrow\; F_A = 3P \tag{9}$$

O sinal positivo de F_A revela que o seu sentido é legitimamente representado na imagem, portanto F_A aponta para cima.

RESPOSTA: alternativa d)

■

4. O Professor de física para explicar sobre sistemas isolados e conservativos projetou a imagem abaixo no Datashow da sala. A imagem sugere que o vagão pode deslocar-se sem atrito sobre trilhos horizontais e retilíneos. Dentro do vagão, José e João puxam molas presas a paredes opostas. Para essa situação, o professor pediu aos alunos que respondessem as seguintes proposições, colocando V (verdadeiro) ou F (falso) nas mesmas.



I. Quando apenas José puxa a mola, o vagão passa a mover-se para a direita, sob a ação da força aplicada à mola;
II. Quando apenas João puxa a mola, o vagão move-se para a direita, sob a ação da força aplicada à mola;
III. Quando ambos aplicam forças às molas, o vagão só não se move se as forças aplicadas forem de mesma intensidade.

a) Todas são verdadeiras;
b) Todas são falsas;
c) Apenas I e III são verdadeiras;
d) Apenas III é verdadeira;
e) Apenas II e III são verdadeiras.

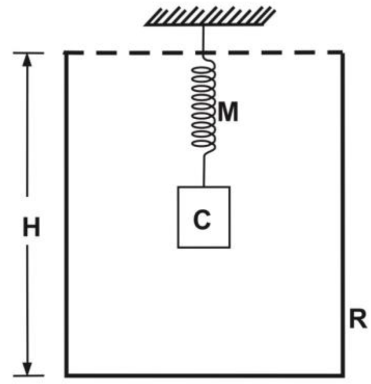
Resolução

Entende-se que estamos analisando a possibilidade de que o sistema - composto pelo vagão, João, José e as molas - adquira alguma velocidade de forma permanente a partir de uma ação interna de João ou José. Analisando o sistema, concluímos que quaisquer forças aplicadas por João e José sobre as molas e o piso do trem são forças internas. Essas forças geram uma resultante nula sobre o sistema pois são canceladas por suas respectivas reações. Dessa forma, o sistema só entraria em movimento se estivesse sob a ação de forças externas, que não existem neste caso.

RESPOSTA: alternativa b)

■

5. Na figura a seguir, R é um recipiente cilíndrico de altura H, inicialmente vazio, C é um corpo sólido e maciço, de densidade igual a 0,50 g/cm^3 e M é uma mola ideal de constante elástica igual a K.



Enchendo-se de água (densidade igual a 1,0 g/cm^3) o recipiente R, determine a intensidade da força elástica que atua na mola, em Newtons, quando metade do corpo C estiver imerso: (considere que durante este evento a mola fica sempre na vertical).

a) 0,5;
b) 5,0;
c) 0,0;
d) 1,0;
e) 10,0

Resolução

Considerando que, depois que a água é colocada no recipiente, C está em equilíbrio com metade de seu volume submerso, são analisadas as forças que atuam sobre este corpo e chega-se à seguinte equação para os módulos destas forças:

$$E - P - F_{el} = 0 \tag{10}$$

onde E é o empuxo, P é o peso de C e F_{el} é a força elástica exercida pela mola (módulos).

O peso de C é dado por:

$$P = m_C \; g = d_C \; V_C \; g \tag{11}$$

e o empuxo por:

$$E = d_{água} \; V_{sub} \; g \tag{12}$$

Como a densidade da água é o dobro da densidade do material do bloco C e o volume submerso na água é a metade do volume total do bloco C, obtemos:

$$\begin{aligned} E &= d_{água} \; V_{sub} \; g \\ &= 2d_C \; \frac{V_C}{2} \; g \\ &= d_C \; V_C \; g \\ &= P \end{aligned} \tag{13}$$

Como $E - P - F_{el} = 0$ e $E = P$, obtemos:

$$F_{el} = 0 \tag{14}$$

RESPOSTA: alternativa c)

■

6. Muitos anos antes do nascimento de Isaac Newton (1643 - 1727) o grande pintor e cientista italiano Leonardo da Vinci (1452 - 1519) afirmou: "Se uma força desloca certo corpo durante um determinado intervalo de tempo a certa distância, esta mesma força deslocará a metade deste corpo nesta mesma distância em duas vezes menos tempo". Você concorda com essa afirmação?

a) Não, mas em $\sqrt{2}$ vezes menos tempo;
b) Sim, mas em $0,5$ vezes menos tempo;
c) Sim, mas em 4 vezes menos tempo;
d) Não, mas em $\sqrt{2}$ vezes mais tempo ;
e) Não, mas em $0,5$ vezes mais tempo.

Resolução

Para verificar a afirmação de da Vinci, utilizaremos a segunda lei de Newton considerando uma força constante de módulo F aplicada sobre um corpo de massa m. Consideramos esta é a única força que atua sobre o corpo:

$$F = ma \quad \Rightarrow \quad a = \frac{F}{m}. \tag{15}$$

Como a força é constante, a aceleração também será constante. Considerando a velocidade inicial do corpo como nula, a distância Δs percorrida por ele após um intervalo de tempo t será:

$$\Delta s = \frac{at^2}{2} = \frac{Ft^2}{2m}. \tag{16}$$

Desta forma, podemos obter o intervalo de tempo:

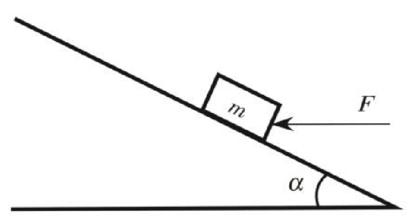
$$t = \sqrt{\frac{2m\Delta s}{F}} \tag{17}$$

Para Δs e F fixos, vemos que t é proporcional a $\sqrt{m}$. Se o corpo é cortado pela metade, sua massa é diminuida pela metade ($m \to m/2$), de forma que o tempo de deslocamento é decrescido em $\sqrt{2}$ vezes.

RESPOSTA: alternativa a)

■

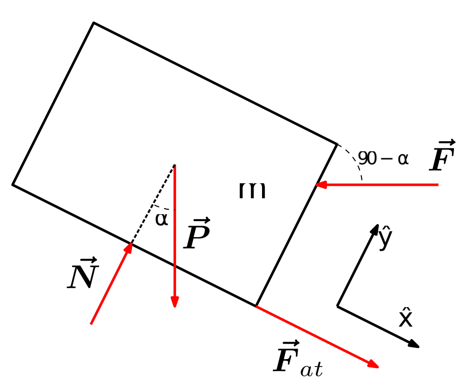
7. Que força horizontal mínima F, aproximadamente, é aplicada sobre um corpo de massa 2,0 kg, conforme a figura, para que o mesmo se desloque à velocidade constante, subindo sobre o plano inclinado fixo ($\alpha = 30°$), sabendo-se que o coeficiente de atrito entre suas superfícies de contato vale 0,3. Considere $g = 10{,}0$ m/s^2, sen(30°) = 0,5 e cos(30°) = 0,87.



a) $36,14$ N;
b) $18,0$ N;
c) $31,21$ N;
d) $42,81$ N;
e) $21,14$ N;

Resolução

O diagrama de forças para o bloco em questão é mostrado na figura abaixo:



Além da força $\vec{F}$, atuam sobre o bloco as forças peso $\vec{P}$, a força normal $\vec{N}$ e a força de atrito $\vec{F}_{at}$. Como o bloco está subindo, a força de atrito aponta no sentido da descida do plano. Além disso, como o atrito é cinético:

$$F_{at} = \mu N, \tag{18}$$

em que μ é o coeficiente de atrito cinético. Como o bloco se move com velocidade constante, a soma das componentes das forças nas direções x e y (indicadas na figura) são nulas. Para o eixo y temos:

$$N - P\cos\alpha - F\,\mathrm{sen}\,\alpha = 0$$
$$N = P\cos\alpha + F\,\mathrm{sen}\,\alpha \tag{19}$$

e para o eixo x:

$$\mu N + P \operatorname{sen} \alpha - F \cos \alpha = 0 \tag{20}$$

Substituindo a equação 19 na equação 20, obtemos:

$$\mu(P \cos \alpha + F \operatorname{sen} \alpha) + P \operatorname{sen} \alpha - F \cos \alpha = 0$$
$$F(\cos \alpha - \mu \operatorname{sen} \alpha) = P(\operatorname{sen} \alpha + \mu \cos \alpha) \tag{21}$$

Isolando F e lembrando que $P = mg$, é obtida a relação:

$$F = mg \, \frac{\operatorname{sen} \alpha + \mu \cos \alpha}{\cos \alpha - \mu \operatorname{sen} \alpha} \tag{22}$$

Substituindo os valores do enunciado, obtemos:

$$F = 21,14\text{N} \tag{23}$$

RESPOSTA: alternativa e)

■

8. Durante uma aula sobre queda livre de corpos próximos à superfície da terra, um dos alunos do Professor Physicson perguntou: "Professor, qual o peso equivalente que uma pedrinha de massa 0,5 kg teria ao chegar ao solo, caindo em queda livre do 5º andar de um edifício?" Para responder a essa pergunta, o Professor escreveu no quadro quatro possíveis respostas:

I. O peso da pedra não varia pelo fato de ela estar em repouso ou caindo;
II. Considerando a altura total igual a 10,0 m, seria de 50,0 N;
III. O peso da pedra varia conforme o solo, se ele é fofo ou duro;
IV. A força que a pedra exerce sobre o solo depende se ele é fofo ou duro.

Analisando as afirmações, podemos acertadamente afirmar que:

a) Somente III e IV estão corretas;
b) Somente II e III estão corretas;
c) Somente I e IV estão corretas;
d) Todas estão corretas;
e) Todas estão erradas.

Resolução

Analisaremos cada uma das proposições separadamente:

I. Verdadeira. O peso de uma pedra de massa m é resultado da força de atração que a Terra exerce sobre ela, sendo seu módulo dado por:

$$P = mg. \tag{24}$$

Observe que o peso não varia de acordo a posição da pedra, uma vez que a massa é constante e a aceleração da gravidade g é aproximadamente constante na vizinhança da superfície da Terra.

II. Falsa. Partindo da resposta anterior, percebe-se que não há sentido nessa afirmação, uma vez que a força peso não depende da altura de queda. Além disso, utilizando a equação acima, vemos que o peso da pedrinha vale $P = 0{,}5 \times 10 = 5{,}0$ N.

III. Falsa. Como já visto, nenhuma condição exceto a massa e a aceleração da gravidade afetam o peso da pedra.

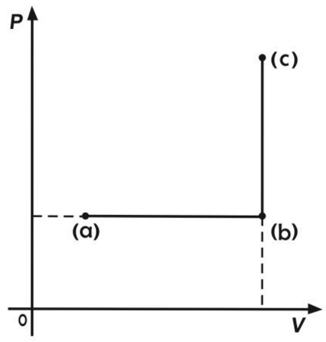
IV. Verdadeira. De fato, um solo mais fofo amortece o impacto da pedra, reduzindo a intensidade da força média que ela exerce sobre o mesmo. Em um solo mais duro, a variação da quantidade de movimento (impulso) para levar a pedra ao repouso é igual, mas ela ocorre em um intervalo de tempo mais curto, de forma que a força média de impacto é mais intensa.

Vemos então que apenas as afirmações I e IV são verdadeiras, de forma que a resposta correta é dada pela alternativa **(c)**.

RESPOSTA: alternativa c)

■

9. O gráfico abaixo representa a pressão (P) de uma amostra de um gás ideal em função de seu volume (V). As temperaturas absolutas da amostra do gás, correspondentes aos pontos (a), (b) e (c) do gráfico, são, respectivamente, T_A, T_B e T_C. Identifique nas proposições qual das seguintes relações é correta:



a) $T_A < T_B < T_C$
b) $T_A > T_B > T_C$
c) $T_A = T_B < T_C$
d) $T_A = T_B > T_C$
e) $T_B = T_C < T_A$

Resolução

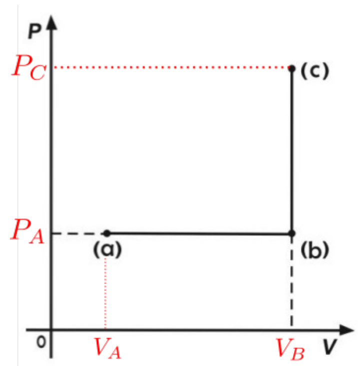
Como se trata de um gás ideal, podemos usar a relação:

$$PV = nRT, \tag{25}$$

onde n é o numero de mols do gás e R é uma constante. Como n e R são constantes nesse problema, obtemos:

$$\frac{PV}{T} = nR = \text{constante.} \tag{26}$$

A partir da figura, podemos comparar as temperaturas ao observar as pressões e volumes em cada ponto, representadas por P_A, P_B, P_C, V_A, V_B e V_C.



Essas quantidades devem satisfazer:

$$\frac{P_A V_A}{T_A} = \frac{P_B V_B}{T_B} = \frac{P_C V_C}{T_C}. \tag{27}$$

Note que, pela figura, $P_A = P_B$, e $V_A < V_B$. Dessa forma, a equação 27 dá:

$$\frac{V_A}{T_A} = \frac{V_B}{T_B} \rightarrow \ T_A < T_B. \tag{28}$$

Da mesma forma, vemos na figura que $V_B = V_C$ e $P_B < P_C$. Portanto:

$$\frac{P_B}{T_B} = \frac{P_C}{T_C} \rightarrow \ T_B < T_C. \tag{29}$$

Concluímos então que $T_A < T_B < T_C$.

RESPOSTA: alternativa a)

■

10. Em 1873, J. Maxwell (1831 – 1879), físico e matemático escocês, publicou o "A Treatise on Electricity and Magnetism", no qual apresentou a formulação matemática das leis empíricas do eletromagnetismo, conhecidas como as equações de Maxwell, terminando por conjecturar com uma afirmação que tinha feito entre 1861 e 1862, em que dizia que a "a luz é uma onda eletromagnética que se propaga no meio luminífero". Dessa forma, podemos entender que a natureza de uma onda eletromagnética se caracteriza:

a) Pela existência de um campo magnético e que se propaga a velocidade da luz;
b) Pela interdependência entre dois campos, elétrico e magnético, perpendiculares entre si e que se propaga com a velocidade da luz;
c) Pela existência de um campo elétrico e que se propaga a velocidade da luz;
d) Pelo fluxo de elétrons que se desloca com a velocidade da luz;
e) Pelo fluxo de elétrons que se desloca com a velocidade bem menor que a velocidade da luz.

Resolução

Como discutido nos livros de Ensino Médio, a luz é uma onda eletromagnética formada pela oscilação de campos elétricos e magnéticos perpendiculares entre si. A derivação rigorosa deste resultado é feita a partir das equações de Maxwell e é mostrada nos cursos de Física básica em nível universitário. Como a luz não é um feixe de elétrons e não corresponde à existência solitária de um campo elétrico ou magnético no espaço, apenas a alternativa b) é a correta.

RESPOSTA: alternativa b)

■

11. Na tabela abaixo estão indicados o comprimento e a secção reta de cinco pedaços de fios de cobre (1, 2, 3, 4 e 5), com os quais se deseja utilizar num circuito simples, constituído de uma pilha em série com uma lâmpada pequena e uma chave liga-desliga. Após as cinco montagens com a chave ligada, constatou-se que em duas situações a lâmpada apresentou o mesmo brilho. Identifique em qual dos pares isso foi possível:

	Comprimento (cm)	Secção reta (cm^2)
1	10	5
2	10	10
3	20	5
4	20	10
5	30	5

a) 2 e 3
b) 1 e 3
c) 3 e 4
d) 1 e 4
e) 1 e 2

Resolução:

Para determinar a condição em que as lâmpadas têm o mesmo brilho, é útil lembrar da relação $P = ri^2$, que descreve a potência dissipada pela lâmpada em forma de calor e luz como função de sua resistência interna r e da corrente elétrica i que percorre o circuito. A partir desta relação, nota-se que as lâmpadas terão o mesmo brilho quando a mesma corrente i percorrer o circuito. Considerando que todos os circuitos são submetidos à mesma d.d.p., a corrente será determinada principalmente pela resistência R dos fios de cobre (supostamente muito maiores que a resistência interna da lâmpada, que pode ser desprezada, ou seja, $R >> r$).

Portanto, usaremos a relação $R = \rho L/A$ para obtermos as resistências dos pedaços de fio em cada um dos 5 casos, em que L é o comprimento do fio e A sua área de secção reta. Note que, como todos os fios são feitos de cobre, a resistividade (ρ) será a mesma em todos os casos. Assim, podemos calcular numericamente em cada caso a quantidade R/ρ:

$$
\begin{aligned}
Caso\ 1 &: R/\rho = 10/5 \text{ cm}^{-1} = 2 \text{ cm}^{-1} \\
Caso\ 2 &: R/\rho = 10/10 \text{ cm}^{-1} = 1 \text{ cm}^{-1} \\
Caso\ 3 &: R/\rho = 20/5 \text{ cm}^{-1} = 4 \text{ cm}^{-1} \\
Caso\ 4 &: R/\rho = 20/10 \text{ cm}^{-1} = 2 \text{ cm}^{-1} \\
Caso\ 5 &: R/\rho = 30/5 \text{ cm}^{-1} = 6 \text{ cm}^{-1}
\end{aligned} \tag{30}
$$

Como vemos que nos casos 1 e 4 obtivemos os mesmos resultados, a alternativa correta é a **(d)**.

RESPOSTA: alternativa d)

■

12. Em 1924, de Broglie (1892 – 1987) publicou um trabalho nos Comptes Rendus de l'Academie des Sciences de Paris, no qual complementou sua ideia sobre a "onda de matéria" associada a uma partícula não-relativista de massa (m), encontrando as relações fundamentais entre comprimento de onda (λ) e velocidade (v). Posteriormente, na física quântica, essa relação ficou conhecida como o principio da dualidade onda-partícula, ou seja, o princípio propõe que partículas de matéria, como os elétrons, podem comportar-se como ondas de maneira similar à luz, que por sua vez são constituídas de partículas chamadas de fótons. Relacionando o texto acima com outros conhecimentos de física, analise as proposições:

    I. Considerando a dualidade onda-partícula para a luz, verifica-se que a energia dos fótons associados à luz no vácuo é inversamente proporcional ao comprimento de onda;
    II. Considerando a dualidade onda-partícula para a luz, verifica-se que a quantidade de movimento linear dos fótons é diretamente proporcional a frequência da luz no vácuo;
    III. Para explicar o efeito fotoelétrico supõe-se que a energia da luz emitida é continua;
    IV. Para explicar o efeito fotoelétrico supõe-se que a energia da luz emitida é quantizada.

    Selecione a alternativa que apresenta a(s) proposição(ões) correta(s):

    a) I, II e III;
    b) I, II e IV;
    c) Somente I;
    d) Somente II;
    e) I e II.

    Resolução:

    Pela relação de de Broglie, o comprimento de onda λ é inversamente proporcional à quantidade de movimento da partícula p (momento linear) através da relação $p = h/\lambda$, em que h é a constante de Planck. Além disso, sabemos que a energia E de um fóton é diretamente proporcional à frequência f da luz: $E = hf$. Lembramos ainda que, no caso da luz, a frequência e o comprimento de onda estão relacionados por $c = \lambda f$, em que c é a velocidade da luz.

    A partir desses conhecimentos, vamos analisar cada proposição:

    I) **Verdadeira**. Combinando essas duas informações, vemos que a energia é inversamente proporcional ao comprimento de onda: $E = hc/\lambda$.

    II) **Verdadeira**. A frequência da luz é inversamente proporcional a seu comprimento de onda. Portanto, pela relação de de Broglie, a quantidade de movimento deve ser diretamente proporcional à frequência: $p = hf/c$.

    III) **Falsa**. Para uma explicação correta do efeito fotoelétrico, Einstein propôs que a luz é quantizada em "pacotes" conhecidos como fótons, de forma que a sua energia é quantizada.

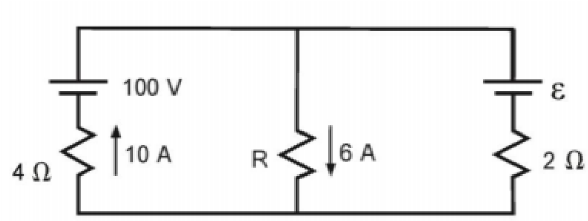
    IV) **Verdadeira**. Como explicado acima, a energia da luz é quantizada em termos da quantidade de fótons.

    RESPOSTA: alternativa b)

    ■

13. O circuito elétrico esquematizado abaixo foi proposto durante um experimento realizado no laboratório pelo professor, com o objetivo de reforçar alguns conceitos da eletrodinâmica. Os amperímetros ideais

são colocados em série com os resistores. No primeiro resistor ($R_1 = 4{,}0\ \Omega$), ele indica 10,0 A de corrente, enquanto no segundo resistor (R) a corrente medida vale 6,0 A. Para essa situação, deseja-se saber os valores da corrente no resistor de 2,0 Ω , o valor da resistência (R) e o valor da força contra eletromotriz ($\mathcal{E}$), considerando todo o circuito como ideal.



a) 4,0 A, 10,0 Ω e 52,0 volts;
b) 4,0 A, 15,0 Ω e 42,0 volts;
c) 2,0 A, 5,0 Ω e 26,0 volts;
d) 2,0 A, 10,0 Ω e 26,0 volts;
e) 8,0 A, 10,0 Ω e 100,0 volts;

Resolução:

Para responder a primeira pergunta, "qual é o valor da corrente no resistor de 2 ohms", é importante saber que a soma das correntes elétricas que chegam em um nó do circuito tem que ser igual à soma das correntes que saem. Essa é a lei dos nós de Kirchoff, que basicamente expressa a conservação da carga elétrica no sistema. Assim, dos 10 A que chegam ao nó superior, 6 A vão para o resistor R e apenas 4 A seguem até o resistor de 2 Ω e à segunda bateria.

Para calcularmos a resistência R, vamos calcular primeiro a diferença de potencial (DDP) entre os nós superior e inferior. Essa DDP será igual àquela observada entre o terminal superior da bateria de 100 V e o terminal inferior do resistor de 4 Ω. Assim:

$$\begin{aligned} V &= 100\text{V} - (4\Omega) \times (10\text{A}) \\ &= 60\text{V} \end{aligned} \tag{31}$$

Utilizando agora a Lei de Ohm para o resistor R, obtemos:

$$\begin{aligned} V &= R\, i \\ 60\text{V} &= R \times (6\text{A}) \\ R &= 10\ \Omega \end{aligned} \tag{32}$$

Por fim, para saber o valor total da força contra eletromotriz (fem) na segunda bateria, usaremos a equação do receptor e igualaremos a DDP entre o terminal superior dessa bateria e o terminal inferior do resistor de 2 Ω à DDP V determinada acima:

$$\begin{aligned} V &= \mathcal{E} + (2\Omega) \times (4\text{A}) \\ 60\text{V} &= \mathcal{E} + 8\text{V} \\ \mathcal{E} &= 52\text{V} \end{aligned} \tag{33}$$

RESPOSTA: alternativa a)

■

14. Após uma aula de eletrização de corpos, num dia com baixa umidade do ar, o professor realizou algumas experiências eletrostáticas, para em seguida fazer as seguintes afirmações:

I. Atritando-se no cabelo seco de uma aluna dois pentes de plásticos iguais e pendurando-os por um fio isolante, quando um pente for aproximado do outro, eles se atraem;
II. Atritando-se um pente de plástico no cabelo seco de uma aluna e aproximando-o de um filete de água, este filete será atraído pelo pente;
III. Atritando-se um pente de plástico no cabelo seco de uma aluna e aproximando-o, sem tocar, de pedaços de papel, eles serão repelidos.

Qual a alternativa apresenta uma resposta coerente?

a) Somente I está correta;
b) II e III estão corretas;

c) Somente II está correta;
d) Todas estão corretas
e) Todas estão falsas

Resolução:

Vamos analisar cada afirmação:

I) **Falsa**. Como os dois pentes são iguais, pode-se concluir que ambos adquirem cargas com sinais iguais (positivo ou negativo), portanto, os pentes irão se repelir.

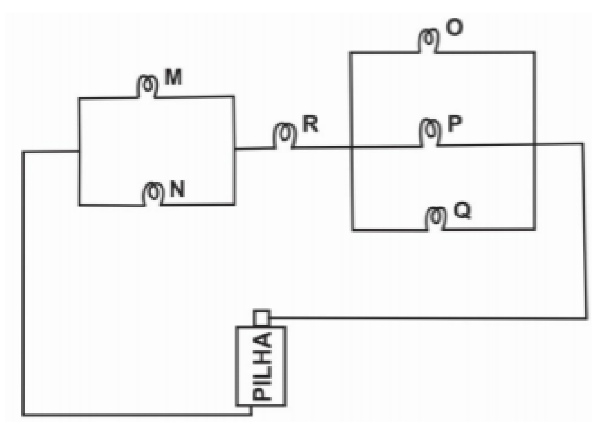
II) **Verdadeira**. A água é uma molécula polar, isto é, ela possui regiões com carga positiva e regiões com carga negativa, ainda que sua carga total seja zero. Assim, essas moléculas se orientam de forma que a região de carga oposta à do pente fique mais próxima dele, de forma que o resultado é uma força elétrica resultante atrativa.

III) **Falsa**. Nesse caso, o papel também é neutro, mas na ausência do pente ele é apolar, ou seja, não apresenta a polarização interna descrita acima. Por outro lado, quando aproximamos o pente carregado (sem contato), uma polarização é induzida nas moléculas do papel, criando regiões de carga positiva e negativa numa forma similar à descrita para o caso da água. O resultado é novamente uma força atrativa.

RESPOSTA: alternativa c)

■

15. O Professor Physicson montou o circuito da figura abaixo com lâmpadas iguais e antes de efetuar suas medições, fechando o circuito, ele plotou no quadro para que seus alunos pudessem tirar algumas conclusões a respeito do brilho das lâmpadas. A partir do momento que o circuito foi fechado, podemos acertadamente dizer que:



a) A lâmpada M brilha mais que a lâmpada R;
b) A lâmpada N brilha mais que a lâmpada R;
c) A lâmpada P brilha mais que a lâmpada N;
d) A lâmpada O brilha mais que a lâmpada Q;
e) A lâmpada R brilha mais que a lâmpada O;

Resolução:

Tendo em vista que as lâmpadas são iguais, podemos afirmar que todas têm a mesma resistência elétrica inicial. Sabendo que o brilho delas está diretamente ligado com a potência dissipada pela resitência e que essa potência é dada por $P = Ri^2$, percebe-se que, quanto maior a corrente i que passa por uma lâmpada, maior será o brilho dela. Note ainda que a corrente que passa por cada lâmpada será determinada pelas subdivisões (nós) do circuito. Como as resistências das lâmpadas são todas iguais, se uma corrente total I é fornecida pela pilha, vemos que uma corrente $I/2$ flui sobre M e N, uma corrente $I/3$ flui sobre O, P e Q e uma corrente I flui sobre R. Portanto, a lâmpada R deve apresentar o maior brilho.

RESPOSTA: alternativa e)

■

16. Considere dois capacitores de capacitância A e B. Quando ligados em paralelo a capacitância equivalente é igual a 20,0 μF e quando ligados em série, a capacitância equivalente é igual a 1/5 da capacitância A. Assim, podemos afirmar corretamente que os valores de A e B em μF, são respectivamente iguais a:

a) 2,0 e 8,0
b) 4,0 e 16,0
c) 16,0 e 4,0

d) 16,0 e 8,0
e) 8,0 e 4,0

Resolução:
Para a ligação em paralelo, a capacitância equivalente é dada por:

$$A + B = 20{,}0\ \mu\text{F} \tag{34}$$

Para a ligação em série, temos:

$$\frac{1}{A} + \frac{1}{B} = \frac{1}{A/5}, \tag{35}$$

que resulta em:

$$A = 4B \tag{36}$$

Substituindo na primeira equação:

$$4B + B = 20{,}0\ \mu\text{F} \tag{37}$$

de forma que:

$$\begin{aligned} A &= 16{,}0\ \mu\text{F} \\ B &= 4{,}0\ \mu\text{F} \end{aligned} \tag{38}$$

RESPOSTA: alternativa c)

■

17. Comentando sobre as leis de Kepler para o movimento planetário em sala de aula, o Professor Physicson escreveu no quadro três indagações:

I- Todos os planetas do nosso sistema solar descrevem órbitas elípticas em torno do Sol, tomando-o como centro dessas elipses;
II- Sabemos que os dias são mais curtos no inverno e mais longos no verão, assim podemos concluir que o vetor posição da Terra (linha que une esta ao Sol) varre uma área do espaço menor no inverno do que no verão para o mesmo período de 24 horas;
III- As leis de Kepler não fazem referência à força de interação entre o Sol e os planetas.

Verifique quais as afirmações que estão corretas e assinale a opção correspondente.

a) só a I está correta;
b) Só a II está correta;
c) II e III estão corretas;
d) Só a III está correta;
e) I e III estão corretas.

Resolução:
Vamos analisar cada afirmação:

I- **Falsa**. É verdade que as órbitas são elípticas, mas o Sol está em um dos focos da elipse, não no centro dela.

II- **Falsa**. A lei das áreas diz que, independentemente da distância que o planeta estiver do Sol, o vetor posição percorrerá uma mesma área em um mesmo intervalo de tempo, ou seja, a velocidade areolar do planeta em relação ao sol é constante. Cabe lembrar aqui lembrar a relação matemática da lei das áreas:

$$\frac{\Delta A}{\Delta t} = \text{constante} \tag{39}$$

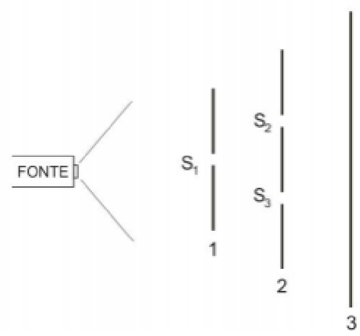
Note ainda que a duração dos dias com relação às estações do ano está relacionada com o fato do eixo de rotação da Terra não ser perpendicular ao plano de sua órbita.

III- **Verdadeira**. As leis de Kepler não fazem referência à força de interação entre o Sol e os planetas. De fato, a forma da força de interação é descrita pela lei da gravitação universal de Newton.

RESPOSTA: alternativa d)

■

18. A figura abaixo representa esquematicamente um arranjo experimental para se estudar o comportamento de ondas, conhecido como experiência da dupla fenda ou experimento de Thomas Young (1773 – 1829). Na situação do arranjo, considere um feixe de luz monocromático e coerente, emitido por uma fonte luminosa de frequência constante. Inicialmente, o feixe luminoso passa pela fenda S_1 do primeiro anteparo metálico (1), pelas fendas S_2 e S_3 do segundo anteparo metálico (2), até se projetar no anteparo (3). Considere que as aberturas das fendas são da mesma ordem de grandeza do comprimento de onda da luz incidente e muito menor que a distância entre as fendas e o anteparo.



A partir do exposto, julgue os itens a seguir em verdadeiro (V) ou falso (F):

I. Ao atravessar a fenda S_1, a luz sofre difração;
II. Ao atravessar as fendas S_2 e S_3, cada uma delas comporta-se como uma fonte puntiforme;
III. O comprimento de onda entre o primeiro e o segundo anteparos é igual ao comprimento de onda que sai da fonte;
IV. Para que se observem franjas de interferência sobre o anteparo (3), faz-se necessário que as ondas incidentes possuam fases diferentes, continuamente com o tempo.

a) V, V, V. F;
b) V, V, F, F;
c) F, V, F, V;
d) F, F, V, V;
e) V, F, F, V

Resolução:

Vamos analisar cada item:

I. **(V)**. A difração é observada pois o comprimento de onda da luz incidente é da mesma ordem de grandeza que as dimensões da fenda. Pelo princípio de Huygens, cada ponto da frente de onda que atravessa a fenda S1 irá atuar como uma nova fonte, dando origem à difração.

II. **(V)**. Pelo princípio de Huygens, como a abertura das fendas S2 e S3 é muito menor que a distância entre as fendas e o anteparo, cada uma delas se comportará como uma fonte puntiforme.

III. **(V)**. Sabemos que os efeitos de difração que a luz sofre ao atravessar S_1 não mudam sua frequência nem o seu comprimento de onda.

IV. **(F)**. As franjas de interferência serão observadas mesmo que as ondas que emanam de S_2 e S_3 tenham a mesma fase, como de fato ocorre na situação da figura. O padrão de interferência se origina por causa da diferença de fase das ondas que chegam a partir de S_2 e S_3 em diferentes pontos do anteparo, devido às distâncias diferentes de S_2 e S_3 para esses pontos.

RESPOSTA: alternativa a)

■

19. Em um experimento realizado com bolas de massas diferentes ($m_A = 2m_B$), a bola A desloca-se sobre uma mesa com uma velocidade de 4,0 m/s, colidindo com a bola B, que se encontrava em repouso sobre a mesma mesa. Considerando que essa colisão é do tipo perfeitamente elástica, identifique os valores aproximados das velocidades das bolas A e B, após a colisão, em m/s:
a) 1,33 e 5,33;
b) 2,33 e 4,33;
c) 0,0 e 4,0;
d) 1,33 e 1,33;
e) 5,33 e 0,0;

Resolução:

Sabemos que a quantidade de movimento total Q se conserva na ausência de forças externas, independentemente do tipo de colisão. Assim:

$$Q_{antes} = Q_{depois}$$
$$m_A.(4{,}0 \text{ m/s}) = m_A V_A + m_B V_B \tag{40}$$

onde V_A e V_B são as velocidades de A e B após a colisão. Utilizando a relação entre as massas, $m_A = 2m_B$, obtemos:

$$2V_A + V_B = 8{,}0 \text{ m/s} \tag{41}$$

Além disso, como a colisão é perfeitamente elástica, a energia cinética total K também deve se conservar. Assim:

$$K_{antes} = K_{depois}$$
$$\frac{1}{2}m_A(4{,}0m/s)^2 = \frac{1}{2}m_A V_A^2 + \frac{1}{2}m_B V_B^2 \tag{42}$$

Usando novamente a relação entre as massas, obtemos:

$$2V_A^2 + V_B^2 = 32 \text{ m}^2/\text{s}^2 \tag{43}$$

Resolvendo o sistema formado pelas equações 41 e 43, encontramos:

$$V_A \approx 1{,}33 \text{ m/s} \tag{44}$$

e,

$$V_B \approx 5{,}33 \text{ m/s} \tag{45}$$

RESPOSTA: alternativa a)

■

20. Utilizando um acelerador de partículas, o professor de Física Moderna e Contemporânea mostrou aos seus alunos, como uma partícula alfa descreve uma trajetória curva de raio R, ao ser acelerada a partir do repouso por uma diferença de potencial igual a 1,0 kV ao adentrar em uma região cujo campo de indução magnética uniforme é igual a 0,2 T com direção perpendicular ao movimento da partícula. Indicando que a massa da partícula é igual a $6{,}68 \times 10^{-27}$ kg e a carga $3{,}2 \times 10^{-19}$ C, o valor do raio encontrado pelo professor foi, aproximadamente igual a:

a) 0,32 cm;
b) 3,2 m;
c) 32,0 cm;
d) 3,2 cm;
e) 32,0 m

Resolução:

Como o campo magnético é uniforme e tem direção perpendicular ao movimento da partícula, sabemos que, na ausência de outras forças, ela descreverá um movimento circular uniforme de raio R. Nessa situação, a força magnética que atua sobre a partícula é a própria resultante centrípeta. Aplicando a segunda lei de Newton ao problema, obtemos (em módulo):

$$F_m = F_{cp}$$
$$q|\vec{\boldsymbol{v}} \times \vec{\boldsymbol{B}}| = m\,\frac{v^2}{R}$$
$$qvB \text{ sen}90° = m\,\frac{v^2}{R} \tag{46}$$

Na equação acima, q é a carga da partícula, m a sua massa, v o módulo de sua velocidade (na região de campo magnético) e B é o módulo do campo magnético. Utilizamos ainda o fato da velocidade ser perpendicular à direção do campo. Resolvendo para o raio R, obtemos:

$$R = \frac{mv}{qB} \tag{47}$$

A velocidade da partícula na região de campo magnético pode ser calculada a partir da diferença de potencial que a acelerou. Utilizando o princípio da conservação de energia mecânica, e considerando a situação de repouso imediatamente antes da entrada na região de campo, conclui-se que a energia cinética adquirida será igual à variação na energia potencial elétrica que acelerou a partícula:

$$qV = \frac{1}{2}mv^2 \tag{48}$$

Na equação acima, V é a diferença de potencial que acelera a partícula e q é a sua carga. Desta forma, obtemos a velocidade v:

$$v = \sqrt{\frac{2qV}{m}} \tag{49}$$

Substituindo na equação 47:

$$R = \sqrt{\frac{2mV}{qB^2}} \tag{50}$$

Finalmente, substituindo os valores do enunciado e fazendo as conversões apropriadas para o SI, obtemos:

$$R = \sqrt{\frac{2 \cdot (6{,}68 \times 10^{-27}) \cdot (1{,}0 \times 10^3)}{(3{,}2 \times 10^{-19}) \cdot (0{,}2)^2}} \approx 3{,}2 \text{ cm} \tag{51}$$

RESPOSTA: alternativa d)

■