

PEIES[®] 2008

Caderno de Soluções

FÍSICA >>>

Volume 7 | 2009





MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA

CLOVIS SILVA LIMA
Reitor

FELIPE MARTINS MÜLLER
Vice - Reitor

Questões comentadas das provas PEIES 2008

Joecir Palandi (Grupo de Ensino de Física - UFSM)

Caderno de Soluções / Universidade Federal de Santa Maria.

Comissão Permanente do Vestibular. – n.1, 1995 - ____.- Santa Maria : UFSM, 2009.
Anual.

N.7, (2009)

1. Educação. 2. Ensino Médio.

CDU: 37

373.51

Ficha catalográfica elaborada por Denise Barbosa dos Santos. CRB10 / 1456 – Biblioteca Central da UFSM
Revisão do texto, digitação e diagramação: Comissão Permanente do Vestibular.

Jorge Luiz da Cunha

Pró-Reitor de Graduação

Thomé Lovato

Pró-Reitor Adjunto de Graduação

Edgar César Durante

Presidente da COPERVES

Nara Augustin Gehrke

Orlando Fonseca

Thais Scotti do Canto-Dorow

Membros da COPERVES

Gladys Therezinha Haubold

Auditora de Linguagem

COPERVES

Comissão Permanente do Vestibular

Angela Oliveira da Silva

Responsável pelo Banco de Dados

Andressa Fighera

Gerente Administrativa I

Andréia Noro Melo

Assessora de Inscrições e Fiscalização

Diogo Gonçalves

Analista de Sistemas

Grazielli Fernandes

Revisora de Linguagem

Maira Diederichs Wentz

Diagramadora

Maria Inês Pereira de Souza

Responsável pelo Serviço de Informações

Márcia Segabinazzi

Assessora da Secretaria Executiva

Michael Rossato Muniz

Assessor de Infraestrutura

Simone Marion

Responsável pelos eventos

Solange Mainardi de Souza

Pedagoga e Resp. pela Secretaria Executiva

Victorio Venturini

Profissional de Marketing

Vitor Secretti Bertoncetto

Analista de Sistemas

Viviane Böck

Assistente de Infraestrutura e Fiscalização

EQUIPE COPERVES

PRIMEIRA PARTE: PEIES I

Enunciado da Questão 29

Considere as seguintes afirmativas:

- I. Um automóvel pode estar parado ou em movimento, mas uma estrada sempre está parada.
- II. Tomando o Sol como referencial, a Terra percorre uma órbita elíptica.
- III. Num referencial inercial, uma partícula livre só pode estar parada ou em movimento retilíneo uniforme.

Está(ão) correta(s)

- a) apenas I.
- b) apenas II.
- c) apenas III.
- d) apenas I e III.
- e) apenas II e III.

Discussão

A resposta correta da questão é a alternativa c.

Não podemos falar no movimento de uma partícula sem antes especificar o referencial. A escolha do referencial é arbitrária. O movimento da partícula é diferente em diferentes referenciais.

Consideremos um automóvel que, ao longo do tempo, ocupa diferentes trechos de uma estrada. Escolhendo um referencial fixo na Terra, o automóvel está em movimento e a estrada está em repouso. Mas, escolhendo um referencial fixo no automóvel, ele está em repouso e a estrada está em movimento. Desse modo, a afirmativa I não está correta.

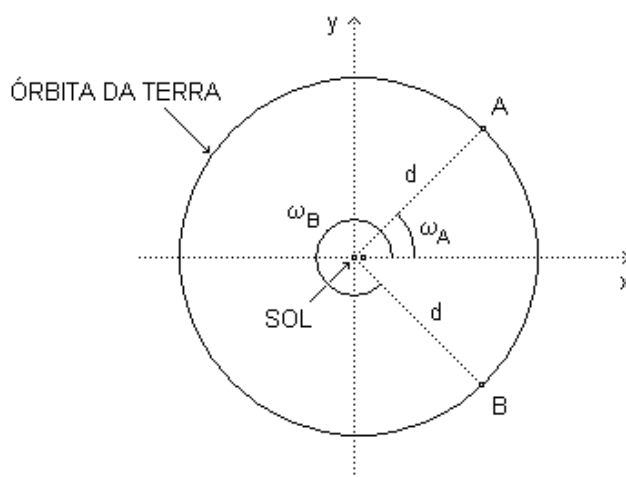


Fig.1

Referencial não é um corpo ou um conjunto de corpos. A Fig.1 representa a órbita da Terra num referencial fixo no Sol. De modo geral, referencial é um conjunto de três eixos ortogonais. Contudo, como a órbita é plana, nesse caso, bastam dois eixos para definir o referencial. Na figura, os dois pequenos quadrados indicam os focos da elipse que representa a órbita da Terra. Se o Sol for representado por um ponto com $1/3$ do tamanho de um desses quadrados, a figura estará em escala.

Consideremos dois pontos da órbita da Terra, simétricos em relação ao eixo x , como A e B na Fig.1. Esses pontos estão na distância d do Sol. Se o Sol pudesse ser tomado como referencial, as posições desses pontos não poderiam ser distinguidas uma da outra, porque só poderíamos dizer a distância ao Sol. Para distinguir essas posições uma da outra, precisamos dos eixos cartesianos. Assim, as posições podem ser diferenciadas uma da outra pelos correspondentes ângulos ω_A e ω_B . Por isso, referencial não é um corpo ou um conjunto de corpos, mas um eixo ou um conjunto de eixos ortogonais (conforme o número de dimensões em que o movimento pode ocorrer).

Desse modo, a afirmativa II não está correta.

Por outro lado, vamos considerar algumas partículas muito distantes umas das outras e de quaisquer outras partículas do Universo. Essas partículas não interagem umas com as outras e nem com as demais partículas do Universo. Dizemos, então, que elas são partículas livres. O conteúdo físico da primeira lei de Newton é o seguinte: num referencial em que uma partícula livre está em repouso, qualquer outra partícula livre do Universo só pode estar em repouso ou em MRU.

Um referencial em que uma partícula livre está em repouso ou em MRU é chamado de referencial inercial. Se, num referencial inercial, uma partícula não está em repouso nem em MRU, dizemos que, sobre ela, atua uma força resultante não nula. Aqui, devemos observar que a expressão "força resultante" significa o mesmo que "resultante das forças" e "soma das forças". A força resultante sobre uma partícula é a soma (vetorial) das forças que atuam sobre ela.

Uma partícula que não está distante das demais partículas do Universo interage com elas, ou seja, está sob o efeito das forças originadas por essas interações. Pode acontecer que as forças que atuam sobre uma partícula se cancelem mutuamente. Do ponto de vista experimental, o movimento de uma partícula num dado referencial, quando sobre ela não atuam quaisquer forças, é idêntico ao movimento dessa mesma partícula quando atuam várias forças que se cancelam mutuamente. Nos dois casos, dizemos que a partícula é livre ou que ela tem movimento livre. A primeira lei de Newton pode ser enunciada do seguinte modo: se a resultante das forças que atuam sobre uma partícula é nula, ela está parada ou em MRU num referencial inercial.

Desse modo, a afirmativa III está correta.

Enunciado da Questão 30

Um motorista dirige seu automóvel a uma velocidade de módulo 76 km/h, medida num referencial fixo na estrada, quando avista uma placa indicando que o módulo máximo permitido para a velocidade é de 40 km/h. Usando apenas os freios, o tempo mínimo que o motorista leva para se adequar ao novo limite de velocidade é de 2 s. Os freios desse automóvel podem produzir uma aceleração no sentido contrário ao do movimento no referencial considerado, com módulo máximo, em m/s^2 , de

- a) 5.
- b) 9,8.
- c) 18.
- d) 58.
- e) 300.

Discussão

A resposta correta da questão é a alternativa a.

Dado um referencial no qual uma partícula tem velocidade instantânea $\mathbf{v}_1$ no instante t_1 e velocidade instantânea $\mathbf{v}_2$ no instante t_2 , a sua aceleração é definida pela expressão:

$$\mathbf{a} = \frac{\mathbf{v}_2 - \mathbf{v}_1}{t_2 - t_1}$$

Essa é uma expressão vetorial. O vetor aceleração tem a mesma direção que o vetor $\Delta \mathbf{v} = \mathbf{v}_2 - \mathbf{v}_1$.

Se, uma vez escolhido o referencial, a partícula se desloca sobre uma linha reta, devemos tomar, para o módulo da aceleração, o número positivo calculado por:

$$a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

em que v_1 e v_2 são os módulos das velocidades instantâneas ao longo da trajetória da partícula.



Fig.2

No caso específico da questão 30, vamos considerar a estrada como sendo retilínea e vamos fixar o referencial na estrada, de modo que o automóvel tenha um movimento ao longo do eixo x (Fig.2). Considerando o instante de tempo em que o motorista pisa no acelerador, como sendo $t_1 = 0$, e o instante em que ele retira o pé do acelerador, como sendo $t_2 = 2$ s, temos, no referencial considerado:

$$v_1 = 76 \text{ km/h} \quad \text{e} \quad v_2 = 40 \text{ km/h}$$

Dessa forma:

$$v_2 - v_1 = 40 \text{ km/s} - 76 \text{ km/s} = -36 \text{ km/h}$$

e como $1 \text{ km} = 1000 \text{ m}$ e $1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$, temos:

$$v_2 - v_1 = \frac{(-36)(1000 \text{ m})}{3600 \text{ s}} = -10 \text{ m/s}$$

Dessa maneira:

$$a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{-10 \text{ m/s}}{2 \text{ s} - 0 \text{ s}} = -5 \text{ m/s}$$

Como dissemos acima, o módulo da aceleração é o número positivo calculado por essa expressão. Portanto, o módulo da aceleração é 5 m/s . O sinal negativo no lado direito da igualdade da expressão acima indica que o vetor aceleração tem sentido contrário àquele considerado como positivo para o eixo x .

Enunciado da Questão 31

Considere as seguintes afirmativas sobre as leis de Newton:

- I. A primeira lei afirma que nenhum corpo pode estar acelerado num referencial inercial.
- II. A segunda lei afirma que a aceleração de um corpo é diretamente proporcional à soma das forças que atuam sobre ele.
- III. A terceira lei afirma que, quando um corpo A exerce uma força sobre o corpo B, este, após um pequeno intervalo de tempo, reage sobre o corpo A com uma força de mesmo módulo, mesma direção, mas de sentido contrário.

Está(ão) correta(s)

- a) apenas I.
- b) apenas II.
- c) apenas III.
- d) apenas I e II.
- e) apenas II e III.

Discussão

A resposta correta da questão é a alternativa b.

Na discussão da terceira afirmativa da questão 29, definimos partícula livre como aquela sobre a qual não atuam forças ou, se atuam, as forças têm resultante nula. Além disso, definimos referencial inercial como sendo um referencial em que uma partícula livre está em repouso ou em MRU.

Na mesma discussão, estabelecemos que o conteúdo físico da primeira lei de Newton é o seguinte: num referencial em que uma partícula livre está em repouso, ou seja, num referencial inercial, qualquer outra partícula livre do Universo só pode estar em repouso ou em MRU. Devemos observar que estamos tratando de partículas livres. É para essas partículas que vale a afirmação de que estão em repouso ou em MRU num referencial inercial. Uma partícula qualquer, que não seja uma partícula livre, não pode estar em repouso ou em MRU num referencial inercial.

Desse modo, a afirmativa I não está correta.

Partículas que não são livres, isto é, partículas que estão sob o efeito de uma ou mais forças que não se cancelam, devem ter aceleração não nula em qualquer referencial inercial. A aceleração da partícula, nesse caso, é proporcional à resultante das forças que atuam sobre ela. Para discutir com mais detalhes esse fato, vamos considerar um experimento de pensamento, no qual um corpo homogêneo,

inicialmente em repouso num dado referencial inercial, fica sob o efeito de forças diferentes.

Aplicando, sobre esse corpo, em ocasiões diferentes, as forças **F**, **F'** e **F''**, de módulos diferentes, e medindo as correspondentes acelerações, encontramos, respectivamente, **a**, **a'** e **a''** (Fig.3).

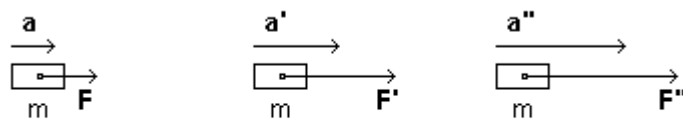


Fig.3

O interessante é que, em módulo:

$$\frac{F}{a} = \frac{F'}{a'} = \frac{F''}{a''}$$

Como o cociente do módulo da força aplicada pelo módulo da aceleração resultante é o mesmo para todas as forças aplicadas, ele deve representar uma propriedade do corpo. Essa propriedade é chamada massa do corpo. Assim, podemos escrever:

$$\frac{F}{a} = \frac{F'}{a'} = \frac{F''}{a''} = m$$

De modo genérico e em termos vetoriais, escrevemos:

$$\mathbf{F} = m\mathbf{a}$$

Se um corpo está parado ou em MRU num referencial inercial, a primeira lei de Newton afirma que esse corpo permanece no seu estado de movimento, se a resultante das forças que sobre ele atuam é zero. Se a resultante das forças é diferente de zero, esse corpo tem uma aceleração de módulo tanto maior quanto menor for a sua massa. É nesse sentido que se afirma que a massa é uma medida da inércia do corpo ou da sua tendência de permanecer no seu estado de movimento.

Na expressão acima, que representa matematicamente a segunda lei de Newton, **F** deve ser interpretada como a resultante das forças que atuam no corpo. A segunda lei de Newton pode ser escrita dessa forma: a aceleração adquirida por um corpo é diretamente proporcional à resultante das forças que sobre ele atuam, tendo a mesma direção e sentido dessa resultante.

Desse modo, a afirmativa II está correta.



Fig.4

Por outro lado, de acordo com a terceira lei de Newton, a interação entre dois corpos quaisquer A e B deve ser representada por forças mútuas: uma força que o corpo A exerce sobre o corpo B e uma força que o corpo B exerce sobre o corpo A (Fig.4). Essas forças têm mesmo módulo, mesma direção, mas sentidos contrários.

É usual dizer que as forças relacionadas pela terceira lei de Newton formam um par ação-reação. É importante que fique bem claro que (i) a interação entre dois corpos origina duas forças de mesma natureza, (ii) as forças atuam em corpos diferentes e, por isso, elas não se cancelam mutuamente e (iii) as forças são simultâneas, isto é, uma não vem antes nem depois da outra.

Essa última característica, em particular, deve ser mais ou menos intuitiva. Se dois corpos, A e B, entram em contato, é claro que o corpo A toca o corpo B no mesmo instante em que o corpo B toca o corpo A. Por isso, quando apoiamos um corpo sobre uma mesa, por exemplo, o corpo toca a mesa no mesmo instante em que a mesa toca o corpo. Assim, no mesmo instante em que aparece a força do corpo na mesa, aparece também a força da mesa no corpo.

Desse modo, a afirmativa III não está correta.

Enunciado da Questão 32

Uma barra é usada para levantar uma caixa cujo peso tem módulo de 7200 N, conforme ilustra a Fig.5. O módulo mínimo da força vertical exercida pelo trabalhador, em N, deve ser

- a) 80.
- b) 240.
- c) 720.
- d) 800.
- e) 1600.

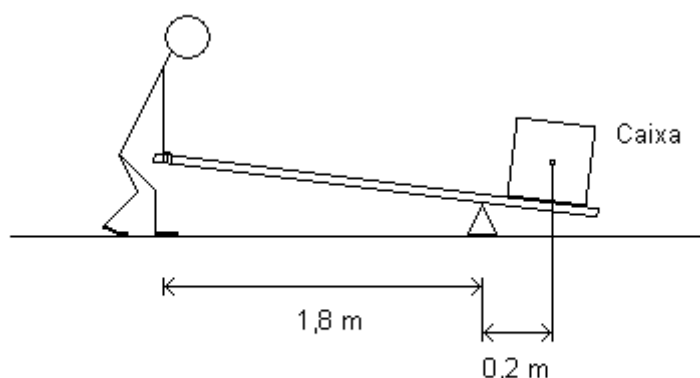


Fig.5

Discussão

A resposta correta da questão é a alternativa d.

Essa questão envolve um corpo que não pode ser considerado como sendo uma partícula, isto é, envolve um corpo extenso, a barra. O trabalhador exerce uma força numa das extremidades da barra para elevar a caixa que se apoia na outra extremidade.

A força exercida pelo trabalhador é tanto mais efetiva para elevar a caixa quanto maior for a distância entre o seu ponto de aplicação e o ponto de sustentação da barra. Assim, tanto a força quanto a distância entre o ponto onde a força é aplicada e o ponto de sustentação da barra são importantes na descrição do movimento de rotação da barra ou na descrição da situação de equilíbrio. O conceito apropriado para descrever essa situação é o de torque e, para introduzi-lo, precisamos, antes, lembrar do produto vetorial.

O produto vetorial dos vetores **A** e **B**, simbolizado por **A** x **B**, é o vetor **C** (Fig.6(a)) definido por :

Módulo: $C = AB \sin \theta$

Direção: reta perpendicular ao plano dos vetores **A** e **B**.

Sentido [regra da mão direita]: sendo os dedos da mão direita colocados ao longo do vetor **A** e girados ao encontro do vetor **B**, o polegar, que funciona como eixo de rotação, aponta o sentido do vetor **C** (Fig.6(b)).

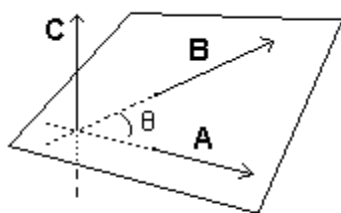
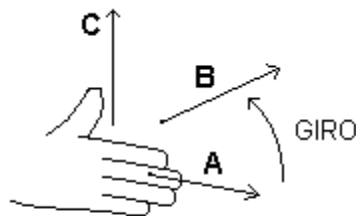


Fig.6(a)



(b)

O torque associado a uma força **F** em relação a um ponto arbitrário O (Fig.7(a)) é definido pelo produto vetorial:

$$\boldsymbol{\tau} = \mathbf{r} \times \mathbf{F}$$

em que o vetor **r** tem origem no ponto O e extremidade no ponto de aplicação da força.

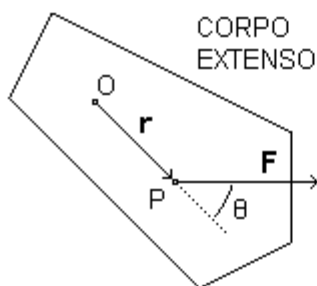
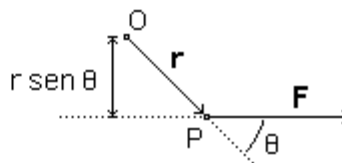


Fig.7(a)



(b)

Conforme a definição de produto vetorial, o torque é um vetor com as seguintes propriedades: módulo $\tau = r F \sin \theta$, direção perpendicular ao plano de **r** e **F** e sentido dado pela regra da mão direita. O módulo do torque, em particular, pode ser escrito da seguinte maneira:

$$\tau = F (r \sin \theta)$$

O segmento de reta que vai do ponto O até a linha que passa pelo vetor **F** e é perpendicular a essa linha é chamado braço de alavanca (Fig.7(b)). O comprimento desse segmento é dado por $r \sin \theta$. Dessa forma, o módulo do torque é o produto do módulo da força pelo comprimento do braço de alavanca correspondente.

Por outro lado, um corpo extenso está em equilíbrio se a resultante das forças que agem sobre ele é nula e se o torque resultante em relação a qualquer ponto também é nulo. Matematicamente:

$$\sum \mathbf{F} = 0 \quad \text{e} \quad \sum \boldsymbol{\tau} = 0$$

Agora, podemos voltar nossa atenção à questão 32. Ignorando o peso da barra, atuam, sobre ela as seguintes forças: $\mathbf{F}_T$, exercida pelo trabalhador, $\mathbf{F}_C$, exercida pela caixa, e $\mathbf{F}_S$, exercida pelo suporte (Fig.8).

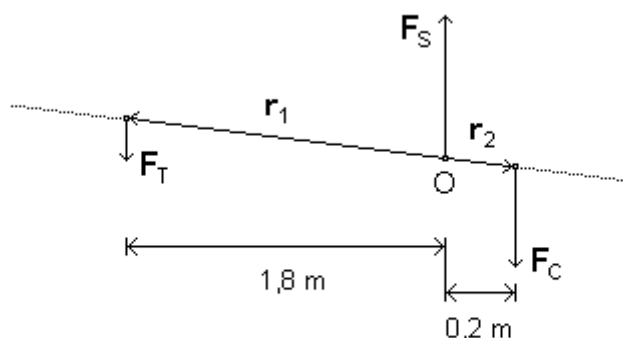


Fig.8

Como o ponto em relação ao qual os torques são calculados é arbitrário, escolhemos, para tal, o ponto em que o suporte toca a barra. Desse modo, o torque associado à força $\mathbf{F}_S$ é nulo e podemos escrever, se a barra está em equilíbrio:

$$\tau_T + \tau_C = 0$$

em que τ_T e τ_C são os torques associados, respectivamente, às forças $\mathbf{F}_T$ e $\mathbf{F}_C$.

Considerando positivo o torque perpendicular à folha de papel e com sentido "saindo" dela, podemos escrever, em módulo:

$$\tau_T - \tau_C = 0$$

Como o módulo do torque é o produto do módulo da força pelo comprimento do braço de alavanca e como a força que a caixa exerce sobre a barra tem o mesmo módulo, a mesma direção e o mesmo sentido que a força peso da caixa, vem:

$$F_T (1,8 \text{ m}) - (7200 \text{ N})(0,2 \text{ m}) = 0$$

e então:

$$F_T = 800 \text{ N}$$

Enunciado da Questão 33

Na extremidade livre de uma mola suspensa na vertical, nas proximidades da superfície da Terra, pendura-se um corpo de 0,8 kg. No equilíbrio, a mola fica com uma elongação de 5 cm. A energia mecânica armazenada na mola, devido a esse processo, em J, é de aproximadamente

- a) 0,04.
- b) 0,10.
- c) 0,39.
- d) 3,12.
- e) 39,24.

Discussão

A questão foi anulada porque dava margem a dupla interpretação.

A energia potencial é uma forma de energia associada à configuração de um sistema de corpos interagentes. Por exemplo, se um corpo de massa m está localizado nas proximidades da superfície terrestre, ao sistema Terra-corpo, associamos uma energia potencial gravitacional mgh , em que g representa o módulo da aceleração gravitacional e h , a distância entre o corpo e a superfície terrestre.

A energia associada ao trabalho da força gravitacional sobre o corpo, quando ele se desloca na vertical, da superfície da Terra até um ponto a uma altura h , é dada por:

$$W = \mathbf{F} \cdot \mathbf{d} = m\mathbf{g} \cdot \mathbf{d} = mgh \cos 180^\circ = -mgh$$

No que se refere à energia potencial, a grandeza com sentido físico é a variação da energia potencial, definida por:

$$\Delta U = U(h) - U(0) = -W = mgh$$

Tomando, por convenção, $U(0) = 0$, temos:

$$U(h) = mgh$$

e podemos nos referir à grandeza $U(h)$ como a energia potencial do sistema na situação em que o corpo está a uma altura h acima da superfície da Terra.

De modo análogo, podemos associar a uma mola a energia potencial:

$$U(x) = \frac{1}{2}kx^2$$

em que k representa a constante de elasticidade da mola e x , sua elongação.

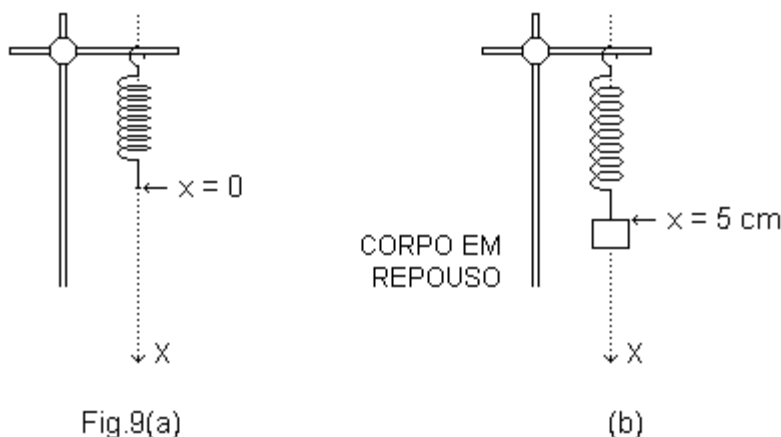
Por outro lado, a um corpo de massa m , com velocidade de módulo v num dado referencial, associamos a energia cinética:

$$K = \frac{1}{2}mv^2$$

Se não existem forças de atrito atuando nos corpos que formam o sistema em estudo, deve ser constante a energia mecânica total, ou seja, a soma das energias potencial e cinética. Matematicamente:

$$E = U + K = \text{constante}$$

Depois desses preliminares, podemos considerar a solução da questão 33. Podemos imaginar duas situações que estão de acordo com o enunciado. Na primeira situação possível, o corpo é fixado na extremidade livre da mola (Fig.9(a)) e é levado até a posição de equilíbrio e aí permanece em repouso (Fig.9(b)) num referencial fixo no suporte da mola.



Quando o corpo é fixado na mola, sua energia mecânica total pode ser escrita:

$$E_1 = mgh$$

e quando ele se encontra na posição de equilíbrio:

$$E_2 = mg(h - x) + \frac{1}{2}kx^2$$

Pela conservação da energia, temos $E_1 = E_2$, ou seja:

$$mgh = mg(h - x) + \frac{1}{2}kx^2$$

ou:

$$\frac{1}{2}kx^2 = mgx = (0,80\text{kg})(9,81\text{m/s}^2)(0,05\text{m}) = 0,39\text{J}$$

Portanto, nessa situação, a energia armazenada na mola é 0,39 J.

Na segunda situação possível, o corpo é fixado na extremidade livre da mola e abandonado, de modo que atinge a posição de equilíbrio com certa velocidade no referencial fixo no suporte da mola. Agora, o corpo realiza um movimento harmônico simples ao redor do ponto de equilíbrio, com amplitude x . Desse modo, ele está em repouso quando a mola tem elongações 0 e $2x$. Quando o corpo é fixado na mola, sua energia mecânica total pode ser escrita, como antes:

$$E_1 = mgh$$

e quando ele se encontra na outra posição de repouso:

$$E_2 = mg(h - 2x) + \frac{1}{2}k(2x)^2$$

Pela conservação da energia, temos $E_1 = E_2$, ou seja:

$$mgh = mg(h - 2x) + \frac{1}{2}k(2x)^2$$

de modo que:

$$\frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}mgx = \frac{1}{2}(0,80\text{kg})(9,81\text{m/s}^2)(0,05\text{m}) = 0,20\text{ J}$$

Portanto, nessa situação, a energia armazenada na mola é $0,20\text{ J}$.

SEGUNDA PARTE: PEIES II

Enunciado da Questão 43

Relacione a propriedade física da primeira coluna com o fenômeno descrito na segunda coluna.

- | | |
|-----------------------|---|
| I. Tensão Superficial | () Um mosquito pousa sobre a superfície de um lago de águas calmas. |
| II. Capilaridade | () Num tubo em U, um dos ramos tem diâmetro interno menor do que 1mm, e a água não alcança o mesmo nível nos dois ramos. |
| III. Viscosidade | () Nas mesmas condições, o escoamento de uma porção de água se dá mais rapidamente que o escoamento de igual proporção de mel. |

A sequência correta é

- a) III – I – II.
- b) I – II – III.
- c) III – II – I.
- d) II – III – I.
- e) I – III – II.

Discussão

A resposta correta da questão é a alternativa b.

As forças intermoleculares nos líquidos são diretamente responsáveis pelos fenômenos de capilaridade, tensão superficial e viscosidade.

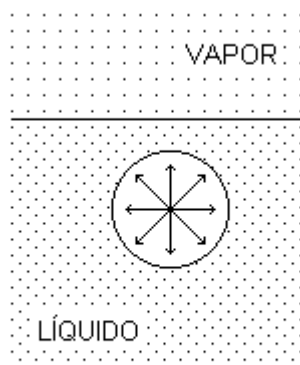
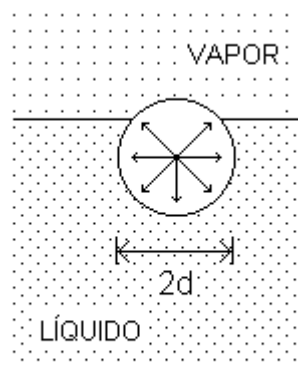


Fig.10(a)



(b)

Consideremos um líquido em equilíbrio com seu vapor. Uma molécula no interior do líquido (Fig.10(a)) é solicitada radialmente e, em média, igualmente em todas as direções, pelas forças de atração das moléculas vizinhas, de modo que essas forças estão perfeitamente balanceadas. Em geral, essa atração é efetiva apenas por uma distância d , chamada de alcance molecular, cujo valor é da ordem de 10^{-7} cm. As forças que agem numa molécula que se encontra a uma distância da superfície do líquido menor do que $2d$ (Fig.10(b)) não estão balanceadas. Isso ocorre porque o hemisfério com raio d , abaixo dela, está preenchido totalmente com moléculas que a atraem e o hemisfério acima dela, por se estender além da superfície do líquido, está preenchido apenas parcialmente com moléculas que a atraem. Assim, existe uma força resultante sobre as moléculas que se encontram dentro de uma camada superficial de espessura $2d$, força essa dirigida para o interior da amostra líquida.

Se uma molécula se move do interior do líquido para a camada superficial, o trabalho associado a essa força é negativo. Assim, a superfície de um líquido aumenta quando certo número de moléculas passa do interior do líquido para a camada superficial, e isso acontece pela realização de trabalho externo. Por isso, as moléculas da camada superficial do líquido têm energia potencial maior do que as moléculas do interior, energia esta que resulta do trabalho realizado pelas forças de atração exercidas pelas moléculas do interior do líquido sobre as que se deslocam para a superfície. Como qualquer sistema em equilíbrio está no estado, dentre os possíveis, para o qual a sua energia é mínima, um líquido em equilíbrio deve ter a menor área superficial possível, ou seja, devem existir forças agindo no sentido de reduzir essa área. Um líquido se comporta, portanto, como se existissem forças tangentes à superfície, chamadas forças de tensão superficial. Podemos, portanto, fazer uma analogia e pensar na superfície livre de um líquido como se ela fosse uma película de borracha esticada.

Por isso, o fenômeno em que um mosquito pousa sobre a superfície de um lago de águas calmas deve ser atribuído à tensão superficial.

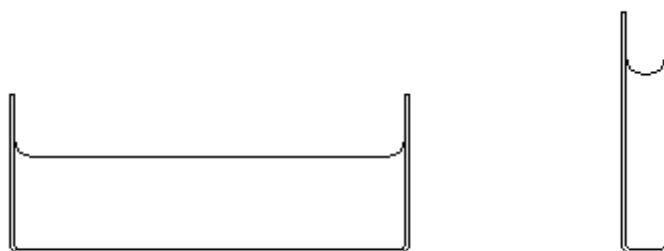


Fig.11(a)

(b)

A superfície livre de um líquido colocado em um recipiente tem certa curvatura nas proximidades das paredes, isto é, onde as forças de interação entre as moléculas do líquido e as do recipiente desempenham um importante papel. No restante do líquido, a superfície é plana por efeito da interação gravitacional (Fig.11(a)). Contudo,

se a área total livre do líquido não é grande, por exemplo, quando o líquido está em um tubo de diâmetro pequeno (Fig.11(b)), a influência das paredes se estende a toda a superfície livre do líquido. Um tubo pode ser considerado estreito (tubo capilar) quando suas dimensões são da mesma ordem do raio de curvatura da superfície do líquido que contém. Os fenômenos em tais vasos são chamados fenômenos de capilaridade. A interação atrativa entre as paredes do recipiente e as moléculas do líquido provoca a ascensão do líquido no capilar.

Por isso, o fenômeno em que a água não alcança o mesmo nível nos dois ramos de um tubo em U no qual um dos ramos tem diâmetro interno menor do que 1 mm, deve ser atribuído à capilaridade.

Para discutir a viscosidade nos líquidos, suponhamos duas placas sólidas planas, uma sobre a outra, com um fluido contínuo entre elas (Fig.12). Aplicando uma força **F** constante a uma das placas, a experiência mostra que ela é acelerada até adquirir uma velocidade terminal (constante) **v** num referencial fixo na outra placa. Se o módulo da força aplicada for duplicado, o módulo da velocidade terminal também duplica. Se o módulo da força aplicada for triplicado, o módulo da velocidade terminal também triplica. E assim por diante. O módulo da velocidade terminal é proporcional ao módulo da força aplicada. Pensando que o líquido entre as placas se separa em lâminas paralelas, o efeito da força aplicada é o de produzir diferenças de velocidade

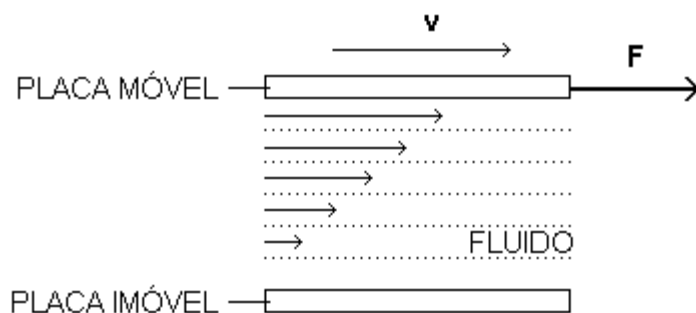


Fig.12

entre lâminas adjacentes. A lâmina adjacente à placa móvel se move solidária com ela, ou seja, com velocidade **v**, e a lâmina adjacente à placa imóvel está solidária com esta, ou seja, tem velocidade nula. O atrito entre lâminas adjacentes causa transformação de energia mecânica em energia interna e causa a viscosidade no líquido.

Por isso, o fenômeno em que o escoamento de uma porção de água se dá mais rapidamente que o escoamento de igual porção de mel, nas mesmas condições, deve ser atribuído à viscosidade.

Enunciado da Questão 44

O calor específico da água é o dobro do calor específico do álcool etílico. Se não há perda de energia, a mistura de 100 g de álcool etílico a 80°C com 200 g de água a 30°C tem, no equilíbrio, uma temperatura Celsius de

- a) 13,3.
- b) 25.
- c) 40.
- d) 46,7.
- e) 70.

Discussão

A resposta correta da questão é a alternativa c.

Calor é o processo de transferência de energia de um corpo para outro (ou de uma região para outra dentro do mesmo corpo), exclusivamente porque existe uma diferença de temperatura entre eles. O processo espontâneo de transferência sempre ocorre do corpo de maior temperatura para o corpo de menor temperatura. A energia interna do corpo de maior temperatura diminui e a energia interna do corpo de menor temperatura aumenta. Não podemos dizer que os corpos têm calor porque calor não é uma propriedade dos corpos, mas um processo de troca de energia entre os corpos. A propriedade dos corpos que nos interessa nesse contexto é a energia interna. Podemos dizer, então, que os corpos têm energia interna. Além disso, quanto maior a energia interna de um corpo, maior é sua temperatura.

O cociente da quantidade de energia (Q), fornecida por calor a um corpo pelo correspondente acréscimo de temperatura (Δt), é chamado capacidade térmica desse corpo:

$$C = \frac{Q}{\Delta t}$$

Para caracterizar não o corpo, mas a substância que o constitui, definimos o calor específico como sendo a capacidade térmica por unidade de massa do corpo:

$$c = \frac{1}{m} \frac{Q}{\Delta t}$$

Em palavras: o calor específico representa a quantidade de energia necessária para elevar de 1°C a temperatura de 1 g da substância considerada. A definição dada acima implica que o calor específico é constante, independente da temperatura, quando a temperatura do corpo passa de t_1 para t_2 .

Se dois corpos com temperaturas diferentes são colocados em contato, o corpo com maior temperatura perde energia para o corpo de menor temperatura. O equilíbrio é alcançado quando os dois corpos atingem a mesma temperatura e, então, cessa o processo que chamamos de calor. Se não há perdas de energia para a vizinhança, a quantidade de energia que sai do corpo com maior temperatura é igual à quantidade de energia que entra no corpo de menor temperatura.

A expressão acima pode ser escrita:

$$Q = mc\Delta t$$

No caso da questão 44, o álcool etílico perde a quantidade de energia Q_E e a água recebe a quantidade de energia Q_A . Se não há perda de energia na mistura, podemos escrever:

$$Q_A = -Q_E$$

ou:

$$m_A c_A \Delta t_A = -m_E c_E \Delta t_E$$

Substituindo os valores numéricos dados no enunciado:

$$(200 \text{ g})(2c_E)(t_F - 30^\circ\text{C}) = -(100 \text{ g})(c_E)(t_F - 80^\circ\text{C})$$

e depois de um pouco de álgebra:

$$t_F = 40^\circ\text{C}$$



1960

Enunciado da Questão 45

Duas amostras, uma de hidrogênio e outra de oxigênio, ocupam volumes idênticos, estão à mesma temperatura e têm o mesmo número de moléculas. As duas amostras têm comportamento de gás ideal.

Considerando as informações, analise as afirmativas:

- I. O módulo da velocidade média das moléculas de hidrogênio é maior do que o módulo da velocidade média das moléculas de oxigênio.
- II. A energia interna da amostra de oxigênio é maior do que a energia interna da amostra de hidrogênio.
- III. As pressões dos dois gases são iguais.

Está(ão) correta(s)

- a) apenas II.
- b) apenas III.
- c) apenas I e II.
- d) apenas I e III.
- e) I, II e III.

Discussão

A resposta correta da questão é a alternativa d.

A ciência constrói representações do mundo. Os elementos básicos dessas representações são os modelos. Um modelo é uma imagem mental simplificada e idealizada, que simula, com maior ou menor precisão, o comportamento de um sistema. O modelo incorpora apenas as características consideradas importantes para a descrição do sistema, selecionadas intuitivamente ou por conveniência matemática. De modo geral, o propósito de um modelo é simplificar certa realidade para que ela possa ser analisada. A construção de um modelo se dá no contexto de uma teoria, quando fatos estabelecidos pela observação e hipóteses sobre a estrutura do sistema e sobre o comportamento dos seus constituintes básicos são correlacionados por leis e princípios.

O modelo da Teoria Cinética para uma amostra de gás ideal se baseia nas seguintes hipóteses:

- Uma amostra de gás é constituída por um número muito grande de moléculas em movimento desordenado;

- As forças intermoleculares são desprezíveis, isto é, as moléculas interagem apenas nas colisões mútuas e com as paredes do recipiente e o seu movimento, entre colisões sucessivas, é retilíneo e uniforme;
- As colisões são elásticas e de duração desprezível;
- As dimensões das moléculas são muito menores do que a distância média entre elas e o seu volume próprio pode ser desprezado quando comparado ao volume do recipiente;
- O movimento das moléculas que constituem a amostra de gás acontece segundo as leis de Newton.

A característica mais importante desse modelo da Teoria Cinética é que as moléculas, na maior parte do tempo, não exercem forças umas sobre as outras, exceto quando colidem. Para justificar essa característica, devemos considerar o seguinte: conforme a lei das pressões parciais de Dalton, a pressão total de uma mistura de amostras de gases é a soma das pressões que cada amostra de gás exerceria se as demais não estivessem presentes. Isso significa que são desprezíveis as forças entre as moléculas de uma amostra de gás e as moléculas das outras amostras de gás da mistura. Agora, pensando em uma amostra de gás como uma mistura de duas amostras de gases idênticos, podemos concluir que são desprezíveis as forças entre suas próprias moléculas.

Assim, todas as propriedades macroscópicas óbvias de uma amostra de gás são consequências primárias do movimento das suas moléculas, por isso que se fala em Teoria Cinética dos gases.

As consequências mais importantes desse modelo cinético são as relações:

$$PV = \frac{2}{3}N\left(\frac{1}{2}mv_{qm}^2\right) \quad \text{e} \quad \frac{1}{2}mv_{qm}^2 = \frac{3}{2}k_B T$$

em que P representa a pressão da amostra de gás; V, o seu volume; m, a massa de cada molécula; T, a temperatura Kelvin e v_{qm} , a velocidade quadrática média, que definimos como a raiz quadrada do valor médio dos quadrados dos módulos das velocidades:

$$v_{qm} = \sqrt{[v^2]_m}$$

Além disso, N representa o número de moléculas da amostra do gás em questão e k_B representa a constante de Boltzmann:

$$k_B = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J / K}$$

O fator entre parênteses representa a energia cinética média das moléculas da amostra de gás em questão. Desse modo, a primeira expressão relaciona a pressão da amostra de gás à energia cinética média de translação das suas moléculas e a segunda, relaciona a temperatura Kelvin a essa mesma energia cinética média. Se a pressão de uma amostra de gás aumenta, a energia cinética média de suas moléculas aumenta e, também, a sua temperatura.

Como as amostras de hidrogênio e de oxigênio estão à mesma temperatura e como a massa de uma molécula de oxigênio é maior do que a massa de uma molécula de hidrogênio, a segunda expressão garante que o módulo da velocidade média das moléculas de hidrogênio é maior do que o módulo da velocidade média das moléculas de oxigênio.

Desse modo, a afirmativa I está correta.

No caso de um gás ideal, as forças intermoleculares são desprezíveis e a energia interna é simplesmente a soma das energias cinéticas de suas moléculas. Portanto, como as duas amostras têm o mesmo número de moléculas e estão à mesma temperatura, isto é, têm a mesma energia cinética média, a segunda expressão permite afirmar também que as energias internas das duas amostras são iguais.

Desse modo, a afirmativa II não está correta.

Por outro lado, do ponto de vista da Termodinâmica, os estados de equilíbrio de uma dada amostra de gás ideal ficam definidos pelas propriedades macroscópicas pressão, volume, temperatura Kelvin e número de mols (n). A relação matemática entre essas propriedades é chamada equação de estado. Para uma amostra de gás ideal, vale a equação de estado de Clapeyron:

$$PV = nRT$$

em que R é a constante universal dos gases:

$$R = 8,31 \text{ J / mol K}$$

Dessa forma, como as duas amostras ocupam volumes idênticos, estão à mesma temperatura, têm o mesmo número de moléculas, isto é, o mesmo número de mols, e se comportam como gases ideais, a equação de estado de Clapeyron garante que elas têm a mesma pressão.

Desse modo, a afirmativa III está correta.

Enunciado da Questão 46

A Fig.13 representa um processo cíclico de um gás ideal no diagrama Pressão x Volume.

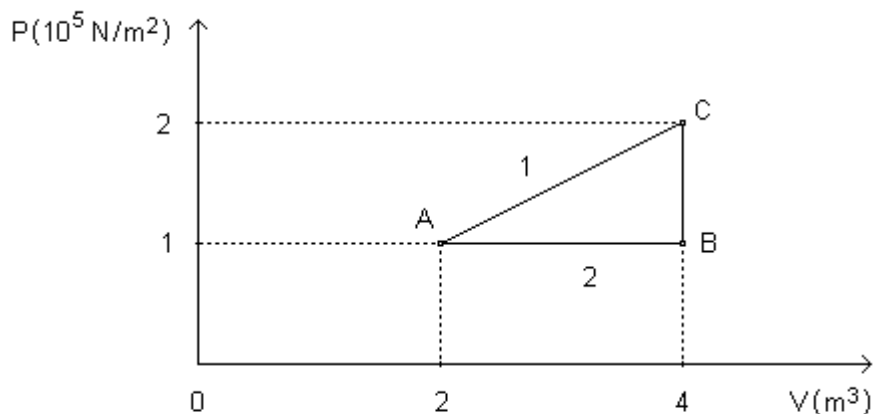


Fig.13

Sobre esse processo, são feitas as afirmativas:

- I. O ciclo corresponde a um refrigerador se for percorrido de $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$.
- II. A variação na energia interna do gás, quando ele passa do estado A para o estado C, é maior no processo direto 1 do que no processo indireto 2.
- III. O trabalho realizado pelo gás no processo direto $A \rightarrow B$ é de 2×10^5 J.

Está(ão) correta(s)

- a) apenas I.
- b) apenas II.
- c) apenas III.
- d) apenas I e II.
- e) apenas I e III.

Discussão

A resposta correta da questão é a alternativa e.

Suponhamos que um dado sistema realiza trabalho sobre a vizinhança e que o processo correspondente é reversível, de modo que ele pode ser representado por um gráfico no plano PV (pressão x volume). A quantidade de energia W associada ao trabalho do sistema sobre a vizinhança é dada pela área entre o gráfico desse processo no plano PV e o eixo dos volumes entre V_1 e V_2 (Fig.14). Essa conclusão é de caráter geral, isto é, vale para qualquer processo reversível.

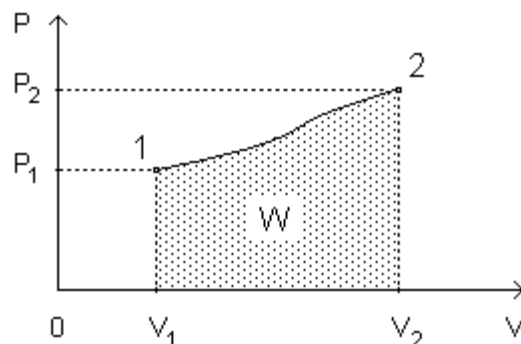


Fig.14

Sendo assim, $W > 0$ quando o sistema se expande e perde energia para a vizinhança e $W < 0$ quando o sistema se contrai e recebe energia da vizinhança.

Consideremos o ciclo da Fig.13, percorrido de $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$.

No processo $A \rightarrow B$, o sistema se expande e $W_{AB} > 0$. No processo $B \rightarrow C$, o volume do sistema é constante e $W_{BC} = 0$. No processo $C \rightarrow A$, o sistema se contrai e $W_{CA} < 0$. Além disso, como a quantidade de energia associada ao trabalho do sistema contra a vizinhança é dada pela área entre o gráfico do processo no plano PV e o eixo dos volumes, temos $W_{AB} < -W_{CA}$ ou, então, $W_{AB} + W_{BC} + W_{CA} < 0$.

Portanto, se o ciclo da Fig.13 é percorrido de $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$, o sistema recebe energia da vizinhança por trabalho e o ciclo corresponde a um refrigerador.

Desse modo, a afirmativa I está correta.

A energia interna U de um sistema é a soma das energias cinéticas e das energias potenciais de todas as partículas que formam esse sistema e, como tal, é uma propriedade do sistema. Isso significa que qualquer variação ΔU na energia interna só depende do estado inicial e do estado final do sistema na transformação considerada. Portanto, a variação na energia interna do gás é a mesma quando ele passa do estado A para o estado C, quer pelo processo direto 1, quer pelo processo indireto 2.

Desse modo, a afirmativa II não está correta.

Por outro lado, como a quantidade de energia associada ao trabalho do sistema contra a vizinhança é dada pela área entre o gráfico do processo no plano PV e o eixo dos volumes, para o processo $A \rightarrow B$ temos:

$$W_{AB} = (1 \times 10^5 \text{ N/m}^2)(4 \text{ m}^3 - 2 \text{ m}^3) = 2 \times 10^5 \text{ J}$$

Desse modo, a afirmativa III está correta.

Enunciado da Questão 47

A Fig.15 representa uma onda se propagando para a direita ao longo de uma corda com velocidade de módulo 1 m/s num dado referencial. Nesse mesmo referencial, o módulo da velocidade instantânea do ponto P da corda, em m/s, é

- a) zero.
- b) 0,2.
- c) 0,5.
- d) 1,0.
- e) 2,0.

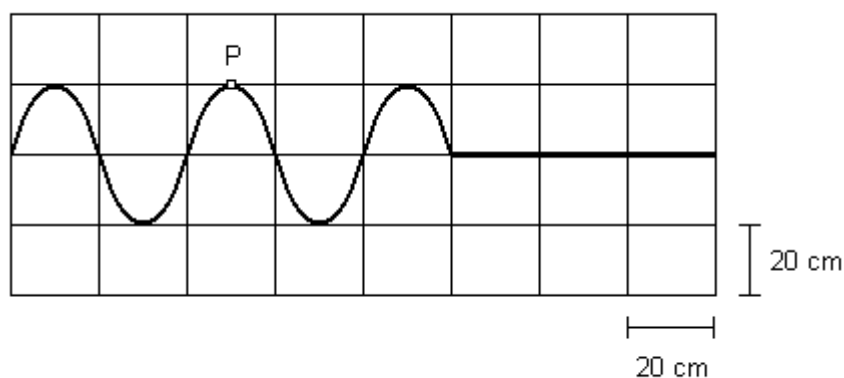


Fig.15

Discussão

A resposta correta da questão é a alternativa a.

Um fenômeno interessante de observar nos estádios de futebol é a chamada "ola". Os espectadores de uma linha se colocam de pé e sentam, sem sair do lugar, quando percebem que os espectadores da linha adjacente fizeram o mesmo. Entre o movimento de uma linha e o movimento da linha adjacente existe uma diferença de fase. O efeito coletivo é um pulso que se propaga pelos espectadores do estádio. Quando o pulso se propaga para a direita, por exemplo, os espectadores de uma linha fazem o movimento um pouco depois que os espectadores da linha adjacente à esquerda (Fig.16).

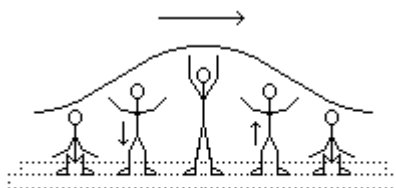


Fig.16

Os espectadores de cada linha apenas se põem de pé e sentam, não se deslocando lateralmente: eles não vão junto com o pulso. Eles são, por assim dizer, o meio através do qual o pulso se propaga. Se os espectadores colocam-se de pé e sentam-se continuamente, uma onda se propaga pelos espectadores do estádio. Além disso, como o movimento dos espectadores é perpendicular à velocidade de propagação, a onda é transversal.

A propagação de uma onda harmônica numa corda é completamente análoga. Cada ponto da corda realiza um movimento harmônico simples na direção perpendicular à direção de propagação da onda na corda. O movimento de um ponto qualquer tem sempre uma diferença de fase negativa em relação ao movimento do ponto adjacente à sua direita e que é justamente isso que torna o movimento coletivo uma onda transversal que se propaga para a direita.

Como cada ponto da corda realiza um movimento harmônico simples, o ponto P representado na Fig.15 da questão que estamos discutindo deve estar em repouso porque está na posição mais afastada do ponto de equilíbrio. Portanto, o módulo da velocidade instantânea desse ponto é zero.



1960

TERCEIRA PARTE: PEIES III

Enunciado da Questão 55

Como consequência do efeito _____, a incidência de radiação eletromagnética sobre um objeto neutro faz _____ a sua carga total, e o objeto fica _____ carregado.

Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas.

- a) fotoelétrico – aumentar - positivamente
- b) fotoelétrico – aumentar - negativamente
- c) Joule – diminuir – negativamente
- d) Compton – diminuir – negativamente
- e) Compton – aumentar – positivamente

Discussão

A resposta correta da questão é a alternativa a.

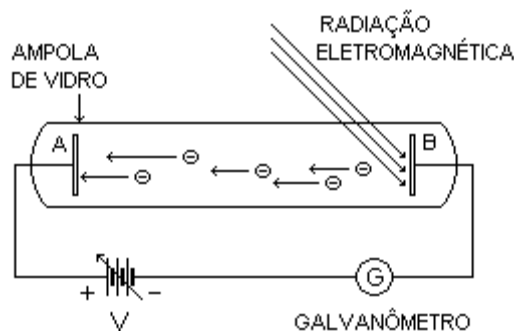


Fig.17

A Fig.17 representa o arranjo experimental que possibilita o estudo do efeito fotoelétrico. As placas metálicas A e B são mantidas com uma diferença de potencial V dentro de uma ampola com vácuo. Se não há incidência de radiação eletromagnética, não circula qualquer corrente pelo circuito. A partir do momento em que radiação de certa frequência atinge a placa B, passa a existir uma corrente no circuito. Disso se conclui que a radiação eletromagnética pode arrancar elétrons da placa B e o fenômeno é chamado efeito fotoelétrico. Assim, o efeito fotoelétrico é o arrancamento de elétrons de um corpo, geralmente metálico, por efeito da incidência de radiação eletromagnética.

Por outro lado, todo corpo é constituído de átomos que, por sua vez, são constituídos de prótons, nêutrons e elétrons. Dessa maneira, um corpo qualquer é formado por um grande número de partículas carregadas, prótons com carga positiva e elétrons com carga negativa. Num corpo neutro, o número de prótons é igual ao número de elétrons e, por isso, sua carga total é nula.

Se um corpo neutro perde elétrons, como no efeito fotoelétrico, o número de prótons fica maior do que o número de elétrons. O corpo fica positivamente carregado. Como a carga total passa de zero para um número positivo, ela cresce. Portanto, o efeito fotoelétrico faz aumentar a carga de um corpo neutro e ele fica positivamente carregado.



1960

Enunciado da Questão 56

Considere as seguintes afirmações:

- I. Campo elétrico é uma região ao redor de um corpo com carga elétrica.
- II. O campo elétrico pode ser representado, em cada ponto do espaço, por um vetor.
- III. A direção e o sentido do campo elétrico em cada ponto do espaço são os mesmos que a direção e o sentido da força coulombiana que atua numa partícula com carga positiva colocada nesse ponto.

Está(ão) correta(s)

- a) apenas I.
- b) apenas II.
- c) apenas III.
- d) apenas II e III.
- e) I, II e III.

Discussão

A resposta correta da questão é a alternativa d.

Vamos considerar uma partícula A fixa na origem do referencial, com carga Q positiva. Para discutir o campo elétrico associado a essa partícula A num ponto do espaço a uma distância d, consideremos a partícula de teste B, com carga q positiva, colocada nesse ponto (Fig.18(a)).

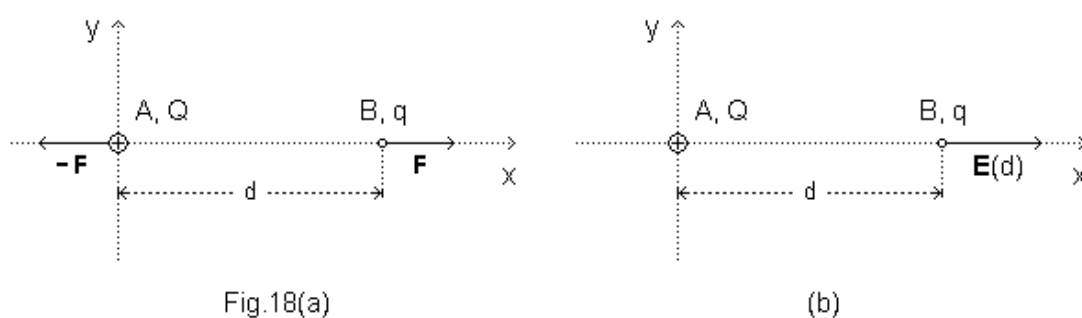


Fig.18(a)

(b)

A interação coulombiana entre essas partículas pode ser representada pelas forças $\mathbf{F}$, da partícula A na partícula B, e $-\mathbf{F}$, da partícula B na partícula A. Essas forças têm módulos iguais:

$$|\mathbf{F}| = |-\mathbf{F}| = \left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{d^2} \right) q$$

em que ϵ_0 , a constante de permissividade, vale:

$$\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / \text{N m}^2$$

O tempo não aparece nessa expressão. Se a distância relativa d muda, os módulos das forças $\mathbf{F}$ e $-\mathbf{F}$ mudam no mesmo instante. Nesse sentido, dizemos que a lei de Coulomb incorpora o conceito de interação a distância.

Podemos pensar no efeito da interação sobre a partícula de teste de outra forma, associando um vetor $\mathbf{E}(d)$ ao ponto do espaço em que ela se encontra (Fig.18(b)). Esse vetor tem a mesma direção e o mesmo sentido da força $\mathbf{F}$ que atua sobre ela e módulo:

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{d^2}$$

Comparando essa expressão com a outra, vemos que a força $\mathbf{F}$ pode ser escrita:

$$\mathbf{F}(d) = q \mathbf{E}(d)$$

Assim como fizemos com esse ponto, podemos associar um vetor $\mathbf{E}$ a qualquer outro ponto do espaço, com módulo, direção e sentido dados pelas duas expressões acima, em que d representa a distância entre o ponto em questão e a partícula A.

O conjunto dos vetores associados a todos os pontos do espaço (até o infinito) é o que chamamos de campo elétrico da partícula A (Fig.19(a)).

A direção e o sentido do campo elétrico em cada ponto do espaço são os mesmos que a direção e o sentido da força coulombiana que atua numa partícula de teste positiva (por definição) colocada nesse ponto. Portanto, se a partícula A tem carga negativa, os vetores que constituem o campo elétrico têm sentidos contrários (Fig.19(b)).

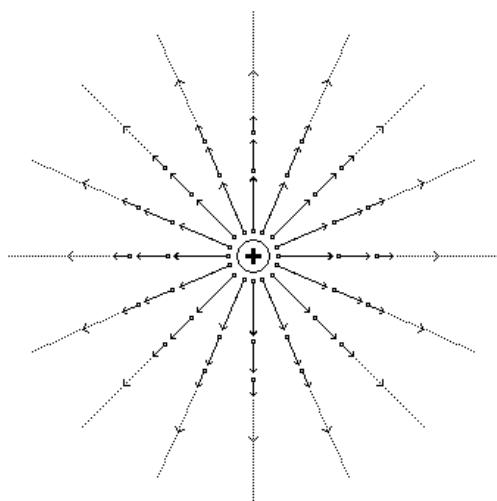
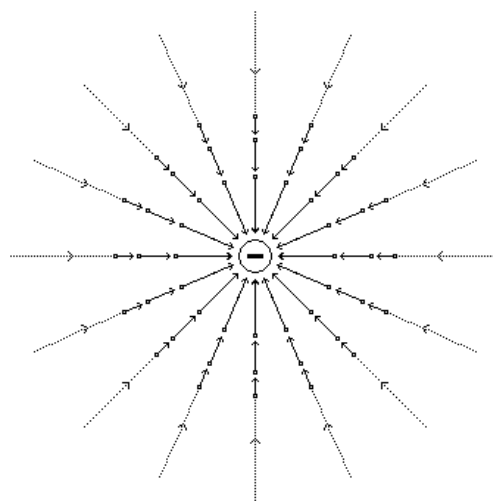


Fig.19(a)



(b)

Dessa forma, dizemos que existe um campo elétrico associado à partícula A. Quando outra partícula é colocada num ponto do espaço, aparece, sobre ela, uma força elétrica (coulombiana) devido a esse campo. O campo atua, dessa forma, como um intermediário entre as partículas carregadas.

Todas as partículas carregadas têm o seu próprio campo elétrico. A partícula de teste também tem o seu campo elétrico. Assim como observamos a interação entre as partículas através do campo elétrico da partícula A, poderíamos ter observado a mesma interação através do campo elétrico da partícula B. O campo da partícula B é definido de modo completamente análogo ao campo da partícula A.

Numa região com várias partículas carregadas, o vetor campo elétrico em um dado ponto do espaço é a resultante da soma dos vetores campo associados às várias partículas carregadas, como deve ser segundo o princípio de superposição.

O conceito de campo aparece em outras áreas da Física. Considerando, por exemplo, uma amostra de água, podemos associar, a cada pequeno elemento de volume, um número que representa sua temperatura. Assim, o conjunto desses números constitui o campo das temperaturas. Nesse caso, o campo é escalar.

O campo elétrico não é uma região do espaço. Como afirmamos em conexão com a Fig.19(a) e a Fig.19(b), o que chamamos de campo elétrico de uma partícula carregada é o conjunto dos vetores **E** associados a todos os pontos do espaço (até o infinito).

Desse modo, a afirmativa I não está correta.

Além disso, a afirmativa II está correta.

Finalmente, a afirmativa III está correta.



1960

Enunciado da Questão 57

A Fig.20 representa as linhas de força associadas a um campo elétrico.



Fig.20

Se a diferença de potencial entre os pontos A e B é de $2,0 \times 10^4 \text{ V}$ e o trabalho realizado pela força elétrica sobre uma partícula carregada que se desloca de A para B é de $8,0 \times 10^{-3} \text{ J}$, a carga dessa partícula, em coulomb, vale

- a) $1,6 \times 10^{-19}$.
- b) $4,0 \times 10^{-7}$.
- c) $1,6 \times 10^{-2}$.
- d) $2,5 \times 10^6$.
- e) $6,0 \times 10^{23}$.

Discussão

A resposta correta da questão é a alternativa b.

A energia potencial é uma forma de energia associada à configuração de um sistema de corpos em interação. O trabalho associado à força gravitacional que atua sobre um corpo de massa m , quando ele se desloca na vertical, da superfície da Terra até um ponto a uma altura h , é dado por:

$$W = \mathbf{F} \cdot \mathbf{d} = mg \cdot d = mgh \cos 180^\circ = -mgh$$

No que se refere à energia potencial, a grandeza com sentido físico é a variação da energia potencial gravitacional, definida por:

$$\Delta U = U(h) - U(0) = -W = mgh$$

Dessa expressão, vem:

$$U(h) = U(0) + mgh$$

Dessa forma, podemos interpretar $U(h)$ como sendo a energia potencial gravitacional do sistema Terra-corpo, na situação em que o corpo está a uma altura h acima da superfície da Terra e podemos interpretar $U(0)$ como sendo a energia potencial gravitacional do sistema Terra-corpo, na situação em que o corpo está na superfície da Terra.

De modo análogo, uma configuração de corpos carregados em repouso num dado referencial pode produzir, no espaço, um padrão de linhas de força associadas a um campo elétrico como o da Fig.20 da questão 57.

Nesse contexto e no que se refere à energia potencial elétrica, a grandeza com sentido físico é a variação da energia potencial elétrica, definida por:

$$\Delta U = U(B) - U(A) = -W_{AB}$$

em que W_{AB} representa o trabalho associado à força elétrica que atua sobre uma partícula de teste, com carga q positiva, que se desloca de A para B ao longo de uma trajetória arbitrária.

Por outro lado, a diferença de potencial entre os pontos A e B é definida como sendo o cociente da variação da energia potencial entre esses pontos pela carga da partícula de teste:

$$V(B) - V(A) = -\frac{W_{AB}}{q}$$

Para a situação representada na Fig.20, W_{AB} é positivo porque a força elétrica sobre a partícula de teste tem a mesma direção e o mesmo sentido que o vetor deslocamento do ponto A ao ponto B. Sendo assim, o cociente W_{AB} / q também é positivo. Portanto, conforme o enunciado da questão:

$$V(A) - V(B) = 2,0 \times 10^4 \text{ V}$$

e

$$W_{AB} = 8,0 \times 10^{-3} \text{ J}$$

Com esses valores, a expressão acima fornece, para a carga da partícula que se desloca de A para B:

$$q = \frac{W_{AB}}{V(A) - V(B)} = \frac{8,0 \times 10^{-3} \text{ J}}{2,0 \times 10^4 \text{ V}} = 4,0 \times 10^{-7} \text{ C}$$

Enunciado da Questão 58

Um resistor é ligado a uma bateria, formando um circuito simples pelo qual circula uma corrente i (Fig.21).

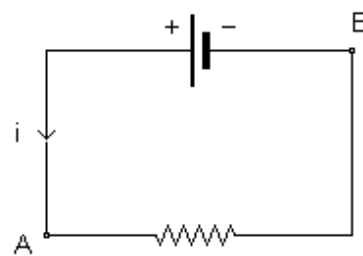


Fig.21

Considerando essa informação, analise as afirmativas:

- I. A lei de Ohm afirma que, qualquer que seja a substância de que é feito o resistor, a correspondente resistência é constante, independentemente da corrente i e da diferença de potencial entre A e B.
- II. O cociente da diferença de potencial entre os pontos A e B pela corrente i é a resistência elétrica dessa parte do circuito.
- III. Num dado intervalo de tempo, a carga que passa pelos pontos A e B é a mesma.

Está(ão) correta(s)

- a) apenas II.
- b) apenas III.
- c) apenas I e II.
- d) apenas I e III.
- e) apenas II e III.

Discussão

A resposta correta da questão é a alternativa e.

Para estudar mais facilmente as propriedades dos circuitos reais (Fig.22(a)),

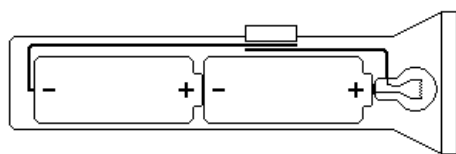
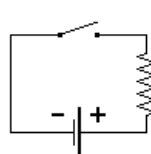
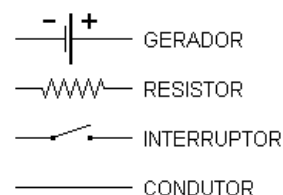


Fig.22(a)



(b)



(c)

costumamos representá-los esquematicamente (Fig.22(b)), usando uma série de símbolos (Fig.22(c)). É importante observar que os símbolos representam elementos ideais.

Em um circuito qualquer, os elementos que estabelecem diferenças de potencial e, por isso, fornecem energia ao circuito, são chamados de geradores. Dínamos, pilhas e baterias são exemplos de geradores.

No símbolo de um gerador ideal (Fig.22(c)), o polo negativo é representado pela barra menor e o positivo, pela maior. A corrente elétrica (convencional) passa, por dentro do gerador, do polo negativo ao positivo, e pelo circuito externo ao gerador, do polo positivo ao negativo. Os elementos em que a energia sai do circuito por qualquer processo, exceto por efeito Joule, são chamados de receptores. O motor elétrico é um exemplo de receptor.

O cobre tem número atômico 29 e a seguinte distribuição eletrônica: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$, ou seja, existe, para cada átomo de cobre, um elétron ($4s^1$) de valência. Em um condutor normal, o número de átomos de cobre é da ordem de 10^{23} e, portanto, existe o mesmo número de elétrons livres, formando como que um gás de elétrons responsáveis pela corrente real.

Se não existe campo elétrico através do condutor, esses elétrons se movem aleatoriamente em todas as direções, num referencial fixo no condutor, com velocidades cujos módulos têm valor médio da ordem de 10^5 m/s entre colisões. Dessa forma, o gás como um todo não se move nesse referencial. Se existe campo elétrico através do condutor, aparece uma pequena componente de velocidade de deriva, com módulo da ordem de 10^{-5} m/s, e o gás como um todo se move, constituindo uma corrente elétrica (real).

Os elétrons em movimento no interior de um corpo condutor interagem com os defeitos da rede cristalina de íons, perdendo, para eles, uma parte da energia adquirida pela interação com o campo elétrico. Por isso, a temperatura do corpo aumenta. A interação dos elétrons de condução com os defeitos da rede é a origem da resistência elétrica e a passagem de energia para a rede cristalina é o que se chama de efeito Joule.

Em princípio, qualquer condutor apresenta resistência elétrica. Na prática, porém, o que se chama de resistor em um circuito elétrico é o elemento que apresenta uma resistência apreciável. Como a corrente elétrica i entre dois pontos de um condutor é causada por uma diferença de potencial ΔV entre esses pontos, sempre podemos escrever:

$$\Delta V = Ri$$

Essa expressão matemática define a resistência do condutor entre os dois pontos considerados.

Para algumas substâncias, chamadas substâncias ôhmicas, a grandeza R , definida acima, é constante. Esse fato é o que constitui a lei de Ohm.

Desse modo, a afirmativa I não está correta.

A afirmativa II está correta pela própria definição de resistência.

A diferença de potencial elétrico entre os extremos de um gerador indica a existência, entre esses dois pontos, de um campo elétrico capaz de realizar trabalho. Se for colocado um fio condutor entre os dois extremos do gerador, os elétrons livres do condutor são impelidos pelo campo elétrico, constituindo uma corrente elétrica. A intensidade da corrente elétrica é dada pelo número de elétrons que passam por segundo através de uma seção transversal do condutor de área unitária. Por outro lado, o princípio de conservação da carga elétrica permite afirmar que a corrente elétrica é a mesma em todos os pontos do circuito, ou seja, num dado intervalo de tempo, a carga que passa por quaisquer pontos é a mesma.

Desse modo, a afirmativa III está correta.



1960

Enunciado da Questão 59

Se, no circuito da questão anterior, a diferença de potencial entre os pontos A e B fosse 12 V e a corrente fosse 2 A, a energia, em J, dissipada no resistor em meio segundo seria

- a) 3.
- b) 6.
- c) 12.
- d) 24.
- e) 48.

Discussão

A alternativa correta é c.

No efeito Joule, há transformação de energia elétrica em energia interna num resistor. Com o aumento da energia interna, a temperatura do resistor aumenta. Para discutir o efeito Joule, vamos considerar um resistor de resistência R entre os pontos A e B de um ramo de circuito no qual existe uma corrente elétrica (convencional) i (Fig.23).

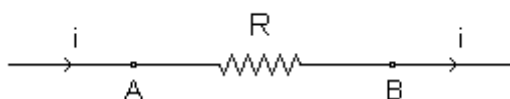


Fig.23

Durante o intervalo de tempo Δt , a quantidade de carga positiva transportada pelas partículas que entram no resistor é:

$$\Delta q = i \Delta t$$

Pelo princípio de conservação da carga elétrica, a quantidade de carga transportada pelas partículas que saem do resistor no mesmo intervalo de tempo é a mesma. Em outras palavras, durante o intervalo de tempo Δt , existe a transferência de uma quantidade de carga positiva Δq do ponto A para o ponto B do ramo do circuito.

Por outro lado, da discussão da questão 57, podemos inferir que a diferença de potencial entre os pontos A e B pode ser escrita:

$$V(A) - V(B) = \frac{W_{AB}}{\Delta q}$$

em que W_{AB} representa o trabalho associado à força elétrica que atua sobre as partículas que transportam a carga positiva Δq do ponto A para o ponto B. Assim, a

quantidade de energia elétrica que se transforma em energia interna no resistor é W_{AB} e podemos escrever, para o intervalo de tempo Δt :

$$W_{AB} = i \Delta t (V_A - V_B)$$

Em relação à questão 59 que estamos discutindo, existe uma diferença de potencial de 12 V entre os pontos A e B e uma corrente no circuito de 2 A. Portanto, a quantidade de energia elétrica que se transforma em energia interna no resistor em meio segundo, isto é, a energia dissipada no resistor em meio segundo, deve ser:

$$W_{AB} = (2\text{ A})(0,5\text{ s})(12\text{ V}) = 12\text{ J}$$



1960

Enunciado da Questão 60

Dois solenóides, um de 100 espiras e 4 cm de comprimento e outro de 200 espiras e 8 cm de comprimento, estão ligados em série a uma bateria. Se a intensidade do campo magnético no centro do primeiro solenóide é de $8 \times 10^{-3} \text{ T}$, a intensidade do campo magnético no centro do segundo solenóide, em T, é de

- a) 2×10^{-3} .
- b) 4×10^{-3} .
- c) 8×10^{-3} .
- d) 16×10^{-3} .
- e) 32×10^{-3} .

Discussão

A alternativa correta é c.

Solenóide é um fio condutor com a forma de uma helicoidal (Fig.24). Se as espiras estão muito próximas e o solenóide é muito comprido, o campo magnético está confinado completamente no seu interior e é uniforme, ou seja, tem o mesmo módulo, a mesma direção e o mesmo sentido em todos os pontos.

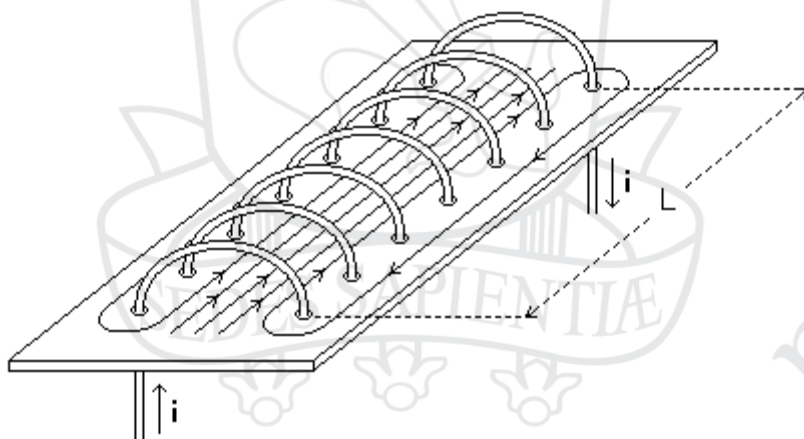


Fig.24

Para um solenóide de comprimento L , com N espiras, percorrido por uma corrente i , o módulo do campo magnético em qualquer ponto interior é: $B = \mu_0 \left(\frac{N}{L} \right) i$ em que μ_0 , a constante de permeabilidade magnética do vácuo, vale:

$$\mu_0 = 1,26 \times 10^{-6} \text{ weber / A m}$$

É interessante notar que o valor do campo magnético não depende do raio das espiras.

Conforme o enunciado da questão, o primeiro solenóide tem 100 espiras e 4 cm de comprimento e, para ele:

$$\left(\frac{N}{L}\right)_1 = \frac{100}{4\text{ cm}} = 25\text{ cm}^{-1}$$

O segundo solenóide tem 200 espiras e 8 cm de comprimento e, para ele:

$$\left(\frac{N}{L}\right)_2 = \frac{200}{8\text{ cm}} = 25\text{ cm}^{-1}$$

Além disso, os solenóides estão ligados em série a uma bateria. Isso significa que eles são percorridos pela mesma corrente elétrica i .

Como os dois solenóides são percorridos pela mesma corrente e têm o mesmo número de espiras por unidade de comprimento, o módulo do campo magnético no interior de ambos deve ser o mesmo. Portanto, como o módulo do campo magnético no centro do primeiro solenóide é de $8 \times 10^{-3} \text{ T}$, o módulo do campo magnético no centro do segundo solenóide também é de $8 \times 10^{-3} \text{ T}$.

Enunciado da Questão 61

Num dado referencial e num dado instante de tempo, uma partícula com carga q tem velocidade $\mathbf{v}$ num ponto do espaço onde o vetor campo magnético é $\mathbf{B}$.

Com base nessa informação, analise as afirmativas:

- I. Sobre a partícula existe uma força magnética paralela a $\mathbf{v}$.
- II. O sentido da força magnética sobre a partícula depende de q .
- III. A intensidade da força magnética sobre a partícula depende do ângulo entre $\mathbf{v}$ e $\mathbf{B}$.

Está(ão) correta(s)

- a) apenas I.
- b) apenas II.
- c) apenas III.
- d) apenas I e II.
- e) apenas II e III.

Discussão

A alternativa correta é e.

Em um dado referencial, o vetor campo magnético $\mathbf{B}$ num certo ponto do espaço é definido pela expressão:

$$\mathbf{F} = q \mathbf{v} \times \mathbf{B}$$

em que $\mathbf{F}$ representa a força que atua sobre uma partícula com carga elétrica q , partícula essa que passa por esse ponto com velocidade $\mathbf{v}$ no referencial considerado (Fig.25).

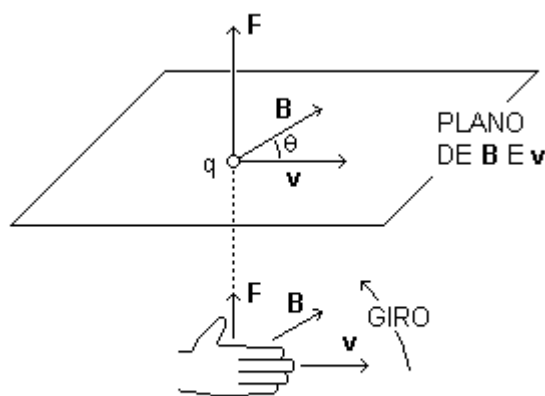


Fig.25

O símbolo $\mathbf{v} \times \mathbf{B}$ representa o produto vetorial dos dois vetores $\mathbf{v}$ e $\mathbf{B}$.

Dessa forma, pela definição do produto vetorial, o módulo do vetor $\mathbf{F}$ é dado pela expressão:

$$F = qvB\sin\theta$$

em que θ representa o ângulo entre $\mathbf{v}$ e $\mathbf{B}$.

A direção do vetor $\mathbf{F}$ é perpendicular ao plano dos vetores $\mathbf{v}$ e $\mathbf{B}$.

Se a carga q é positiva, o sentido do vetor $\mathbf{F}$ é dado pela regra da mão direita. Se a carga q é negativa, o vetor $\mathbf{F}$ tem sentido contrário.

Para aplicar a regra da mão direita, colocamos os dedos da mão direita na direção e no sentido do vetor $\mathbf{v}$ (Fig.25) e giramos esses dedos para que fiquem na direção e no sentido do vetor $\mathbf{B}$. Assim, o polegar, que faz o papel de eixo de rotação, aponta o sentido do vetor $\mathbf{F}$.

Como os vetores $\mathbf{v}$ e $\mathbf{F}$ são perpendiculares, a afirmativa I não está correta.

Como a regra da mão direita indica o sentido do vetor $\mathbf{F}$, se a carga q é positiva, e o sentido contrário, se a carga q é negativa, a afirmativa II está correta.

Como o módulo do vetor $\mathbf{F}$ é dado pela expressão acima, a afirmativa III está correta.



Enunciado da Questão 62

A leitura do voltímetro no circuito mostrado na Fig. 26 é 20 V com a chave S aberta e 16 V com a chave S fechada.

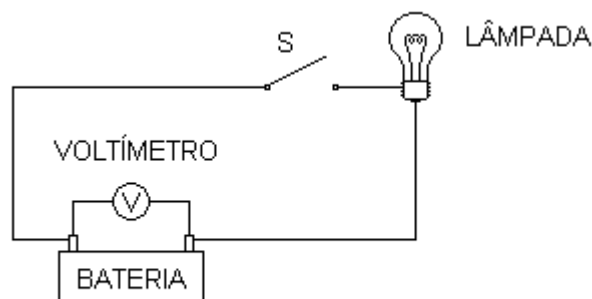


Fig.26

A lâmpada tem uma resistência de $8\ \Omega$. A resistência interna da bateria, em Ω , é de

- a) 0,8.
- b) 1,2.
- c) 1,6.
- d) 2,0.
- e) 40,0.

Discussão

A alternativa correta é d.

Conforme a discussão da questão 58, os elementos que estabelecem diferenças de potencial e, por isso, fornecem energia elétrica a um circuito, são chamados de geradores. Dínamos, pilhas e baterias são exemplos de geradores.

Todo gerador de força eletromotriz tem uma resistência interna. Desse modo, pelo efeito Joule, uma parte da energia elétrica gerada não chega ao circuito externo, mas se transforma em energia interna no próprio gerador. Um símbolo apropriado para o gerador é aquele mostrado na Fig. 27, em que r representa a resistência interna e ε , a força eletromotriz.

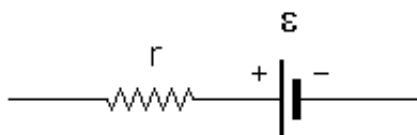


Fig.27

Por outro lado, na discussão da questão 59, estabelecemos que a quantidade de energia elétrica que se transforma em energia interna, durante o intervalo de tempo Δt , num resistor colocado entre os pontos A e B de um circuito no qual existe uma corrente i , pode ser calculada pela expressão:

$$W_{AB} = i\Delta t(V_A - V_B)$$

Portanto, a quantidade de energia elétrica que se transforma em energia interna no resistor por unidade de tempo, isto é, a potência do resistor, fica dada por:

$$P = i(V_A - V_B)$$

Contudo, levando em conta a definição de resistência:

$$R = \frac{V_A - V_B}{i}$$

temos:

$$P = Ri^2$$

Com a chave S aberta, só existe corrente no circuito formado pela bateria e pelo voltímetro (Fig.28(a)). Sendo R^* a resistência do voltímetro, a quantidade de

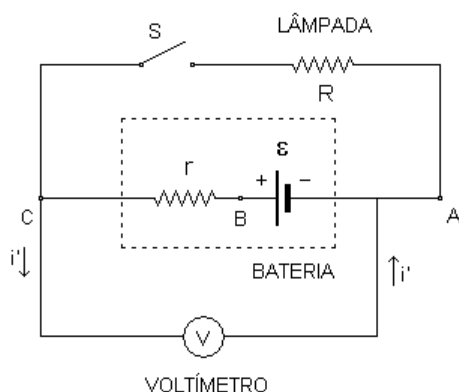
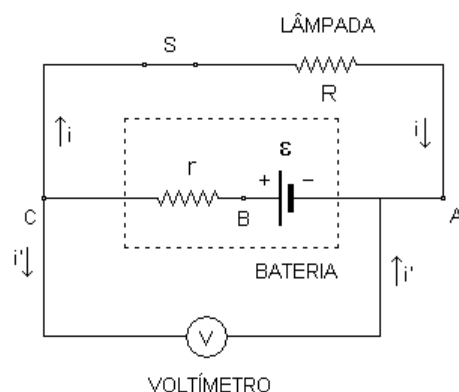


Fig.28(a)



(b)

energia elétrica que se transforma em energia interna na bateria e no voltímetro, por unidade de tempo, é:

$$P^- = (r + R^*)i'^2$$

Por outro lado, a quantidade de energia elétrica que a bateria fornece, por segundo, ao circuito, pode ser escrita:

$$P^+ = i'(V_B - V_A) = i'\varepsilon$$

Pelo princípio de conservação da energia, $P^- = P^+$. Assim:

$$(r + R^*)i'^2 = i'\varepsilon$$

e então:

$$i' = \frac{\varepsilon}{r + R^*}$$

A resistência do voltímetro é muito maior do que a resistência interna da bateria, $R^* \gg r$, e podemos escrever:

$$i' = \frac{\varepsilon}{R^*}$$

Esse resultado indica que, se a chave S está aberta, a corrente no circuito é muito pequena e, também, que a diferença de potencial entre os terminais da bateria é igual a ε , ou seja, $V_C - V_B \approx 0$. Como a corrente é pequena e a resistência interna da bateria também é pequena, a correspondente diferença de potencial é praticamente zero.

Portanto, se a leitura do voltímetro no circuito mostrado na Fig.26 é 20 V, com a chave S aberta, devemos ter $\varepsilon = 20$ V.

Com a chave S fechada, existe corrente apreciável apenas no circuito formado pela bateria e pela lâmpada (Fig.28(b)). A corrente no ramo do voltímetro é, como antes, desprezível. Sendo assim, podemos escrever, em termos energéticos:

$$(r + R)i^2 = i\varepsilon$$

ou:

$$Ri = \varepsilon - ri$$

Esse resultado indica que, com a chave S fechada, a diferença de potencial entre os terminais da lâmpada ou, o que dá no mesmo, entre os terminais do voltímetro, é $\varepsilon - ri$. Portanto, se a leitura do voltímetro no circuito mostrado na Fig.26 é de 16 V, com a chave S fechada, devemos ter $\varepsilon - ri = 16$ V. Como a lâmpada tem uma resistência de 8Ω , a expressão acima fornece:

$$i = \frac{16 \text{ V}}{8 \Omega} = 2 \text{ A}$$

Mas já sabemos que $\varepsilon = 20$ V e que $\varepsilon - ri = 16$ V, de modo que:

$$r = \frac{\varepsilon - 16 \text{ V}}{i} = \frac{20 \text{ V} - 16 \text{ V}}{2 \text{ A}} = 2 \Omega$$



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
Comissão Permanente do Vestibular
Prédio 48, próximo à Reitoria
Faixa de Camobi, Km9
97.105-900 - Santa Maria - RS

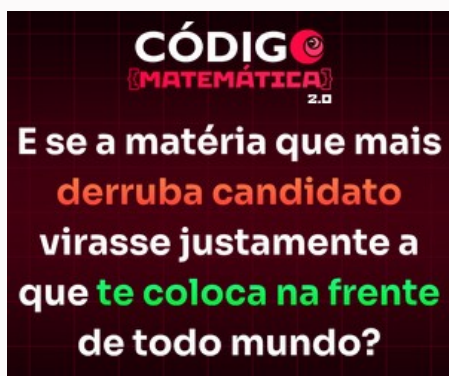
Fone: (55) 3220.8170
e-mail: falecom@coperves.com.br
site: www.coperves.com.br

COPERVES **PROGRAD**

Cursos que Indicamos

Conheça os cursos e dê o próximo passo na sua preparação.

Clique na imagem ou no botão para acessar.



Código Matemática 2.0

Conhecer o curso



Curso Preparatório ENEM

Conhecer o curso



Curso Preparatório Redação ENEM

Conhecer o curso

