

Bernoulli Resolve

6V | Volume 4 | Física

SUMÁRIO

Frente	A	Módulo 10:	Trabalho, Potência e Rendimento	3
		Módulo 11:	Energia Mecânica	6
		Módulo 12:	Teoremas de Torricelli e Stevin	10
Frente	B	Módulo 10:	Espelhos Esféricos	14
		Módulo 11:	Refração da Luz	18
		Módulo 12:	Lentes Esféricas	21
Frente	C	Módulo 10:	Geradores, Receptores e Associações	24
		Módulo 11:	Capacitores	29
		Módulo 12:	Campo Magnético	32

COMENTÁRIO E RESOLUÇÃO DE QUESTÕES

MÓDULO – A 10

Trabalho, Potência e Rendimento

Exercícios de Aprendizagem

Questão 01 – Letra B

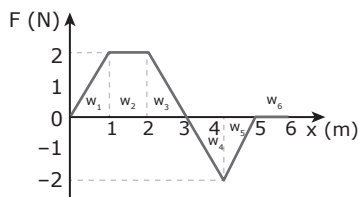
Comentário: O trabalho realizado por uma força constante pode ser dado por $W = Fd \cdot \cos \theta$, em que θ é o ângulo entre a força e o vetor deslocamento. Em todos os casos, F e d são iguais, porém em z , $\theta = 0$ e $\cos \theta = 1$, sendo máximo; já em x e y , os ângulos são iguais, mas maiores que zero, então $\cos \theta < 1$.

Questão 02 – Letra D

Comentário: Analisando a situação descrita, primeiramente, observamos que a velocidade do bloco é constante, o que invalida a alternativa E. Além disso, o atrito e a força F têm mesma direção que o movimento, assim o trabalho realizado por ambas as forças não é nulo, portanto eliminamos as alternativas A e C. Finalmente, como a velocidade é constante, a força resultante no bloco é nula (primeira lei de Newton), assim a intensidade de F e f são iguais, e seus trabalhos possuem sinais opostos, mas módulos iguais, ou seja, o trabalho total realizado sobre o bloco é nulo, o que invalida a alternativa B. Desse modo, a alternativa D é a correta, pois o atrito tem sentido oposto ao movimento e, assim, seu trabalho é negativo.

Questão 03 – Letra E

Comentário: O trabalho realizado pela força variável F sobre o bloco é numericamente igual à área sob a curva do gráfico da força F versus o deslocamento x .



Calculando o valor desse trabalho para o deslocamento do bloco da origem até o ponto $x = 6,0$ m, temos:

$$W_T = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6$$

$$W_T = \frac{1 \cdot 2}{2} + 1 \cdot 2 + \frac{1 \cdot 2}{2} - \frac{1 \cdot 2}{2} - \frac{1 \cdot 2}{2} + 0$$

$$W_T = 2 \text{ J}$$

Questão 04 – Letra B

Comentário: De acordo com o gráfico do exercício, o pacote foi erguido com velocidade constante. Logo, a intensidade da força que a empilhadeira exerce sobre o pacote possui a mesma intensidade que o peso do pacote. Assim, o trabalho realizado pela empilhadeira pode ser determinado pela relação:

$$W = Fd \Rightarrow W = Ph = mgh \Rightarrow W = 120 \cdot 10 \cdot 6 \Rightarrow W = 7,2 \cdot 10^3 \text{ J}$$

A potência aplicada pela empilhadeira pode ser calculada por meio da razão entre o trabalho realizado por ela e o tempo gasto para realizar esse trabalho. Logo, a potência aplicada é dada por:

$$P_A = \frac{W}{\Delta t} \Rightarrow P_A = \frac{7,2 \cdot 10^3}{20} \Rightarrow P_A = 360 \text{ W}$$

Como o pacote foi erguido com velocidade constante, esse exercício também pode ser resolvido utilizando a seguinte relação:

$$P_A = \frac{W}{\Delta t} \Rightarrow P_A = \frac{Ph}{\Delta t} \Rightarrow P = mgv \Rightarrow P = 120 \cdot 10 \cdot 0,30 \Rightarrow P_A = 360 \text{ W}$$

No cálculo anterior, o valor da velocidade pode ser obtido a partir do gráfico, $v = \Delta h / \Delta t$.

Da discussão anterior, conclui-se que a alternativa correta é a B.

Questão 05 – Letra C

Comentário: Sabe-se que 8 litros de combustível equivalem a $8 \cdot 10^3 \text{ cm}^3$ de combustível, assim, a massa de combustível será $m = d \cdot V = 5 \cdot 10^3 \text{ g}$. Pela informação do calor de combustão, essa massa tem poder calorífico de $5,4 \cdot 10^7 \text{ cal} = 2,16 \cdot 10^8 \text{ J} = 2,16 \cdot 10^5 \text{ kJ}$. Como $P = E/t$, e essa quantidade é produzida em uma hora, $P_{\text{total}} = 60 \text{ kW}$. Logo, o rendimento $r = P_{\text{util}} / P_{\text{total}}$ vale 40%.

Questão 06 – Letra D

Comentário: Analisando separadamente as alternativas:

- A) Falsa; forças não conservativas, como o atrito, realizam trabalho sempre que estão associadas a um movimento.
- B) Falsa; o trabalho é igual à área sob o gráfico da força versus o deslocamento. À área sob o gráfico da força versus o tempo representa o impulso causado pela força.
- C) Falsa; forças de campo realizam trabalho da mesma forma que forças de contato.
- D) Verdadeira; pois, sempre que uma força for perpendicular à velocidade, ela não possuirá um componente paralelo ao deslocamento, assim o trabalho realizado por ela é nulo.
- E) Falsa; quando um objeto está sujeito a uma força conservativa e se movendo no sentido desta, o trabalho desta força é positivo, assim contradizendo a afirmação.

Questão 07 – Letra D

Comentário: O trabalho realizado por uma força constante pode ser dado por $W = Fd \cdot \cos \theta$, em que θ é o ângulo entre a força e o vetor deslocamento. Sabendo que 1 tonelada equivale a 1 000 kg, a força resultante será dada pela diferença entre a força propulsora e o peso do foguete e vale $R = 4 \cdot 10^7$ N. Como $\theta = 0$, e $\cos 0 = 1$, $W = 4 \cdot 10^7 \cdot 2 \cdot 10^3 = 8,0 \cdot 10^{10}$ J.

Questão 08 – Letra B

Comentário: Como $P = E/t$, e a energia, nesse caso, é o trabalho realizado pela força, $P = (F \cdot d \cdot \cos 60^\circ)/t$. Substituindo os dados do enunciado, temos $P = 50$ W.

Exercícios Propostos

Questão 01 – Letra D

Comentário: A questão pede o valor do trabalho da força F , portanto, como esta tem o mesmo sentido e direção do movimento, aplicando a equação do trabalho, temos que:

$$W = F \cdot d \cdot \cos \theta = 200 \cdot 5 \cdot 1 = 1\,000 \text{ N}$$

Observe que, tendo o valor da força e do deslocamento, não é necessário conhecer a inclinação do plano.

Questão 02 – Letra B

Comentário: A força que deslocará os 120 kg de óleo terá que ser maior ou igual ao peso deste, 1 200 N, e deverá realizar a tarefa em menos de 600 s. Logo, a potência será de $P = W/t = Fd/t = 30$ W.

Questão 03 – Letra C

Comentário: Sendo a força peso conservativa, o trabalho independe da trajetória seguida pelo corpo, importando apenas para a análise os pontos inicial e final do movimento. Como em todos os casos o corpo saiu da posição i e chegou à posição f , o trabalho realizado pela força gravitacional nas três situações será o mesmo.

Questão 04 – Letra C

Comentário: Utilizando a definição de trabalho e notando que a força de atrito é sempre oposta ao movimento, temos:

$$W = F_{\text{at}} \cdot d \cdot \cos \theta \Rightarrow$$

$$F_{\text{at}} = \frac{W}{d \cdot \cos \theta} = \frac{-2\,000}{20 \cdot (-1)} = 100 \text{ N}$$

Assim, a intensidade da força de atrito é igual a 100 N. Portanto, agora podemos calcular a massa do corpo utilizando a equação da força do atrito, obtendo:

$$F_{\text{at}} = N \cdot \mu = m \cdot g \cdot \mu \Rightarrow m = \frac{F_{\text{at}}}{g \cdot \mu} = \frac{100}{10 \cdot 0,5} = 20 \text{ kg}$$

Questão 05 – Letra D

Comentário: A prova categórica da afirmação correta necessitaria de argumentos de Cálculo Integral. No entanto, é um resultado conhecido que o trabalho da força peso depende apenas do módulo desta e da diferença de altura entre os pontos final e inicial, sendo igual, portanto, nos três casos.

Questão 06 – Letra C

Comentário: A energia necessária para elevar a carga a uma altura de 0,75 m é igual à energia potencial nessa altura, assim temos:

$$E_{\text{pg}} = mgh = 500 \cdot 10 \cdot 0,75 = 3\,750 \text{ J}$$

Como a potência é dada pela razão entre a energia e o intervalo de tempo, temos que:

$$P_{\text{util}} = \frac{E_{\text{pg}}}{\Delta t} = \frac{3\,750}{5} = 750 \text{ W}$$

Além disso, como o guindaste tem somente 25 % de eficiência, temos que a potência total do guindaste será dada por:

$$P_{\text{util}} = \eta \cdot P_{\text{total}} \Rightarrow$$

$$P_{\text{total}} = \frac{P_{\text{util}}}{\eta} = \frac{750}{0,25} = 3\,000 \text{ W} = 3 \text{ kW}$$

Questão 07 – Letra E

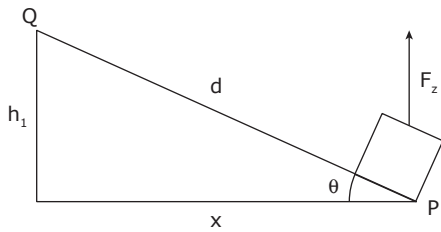
Comentário: O trabalho gasto por essa pessoa é $W = mgd = 80 \cdot 10 \cdot 450 = 360$ kJ. Essa é a energia útil, e pela definição de rendimento, temos que a energia total gasta é de $360,4 = 1\,440$ kJ, equivalente a quatro porções de espaguete.

Questão 08 – Letra C

Comentário: Primeiramente, analisaremos o intervalo de tempo entre t_1 e t_2 . Nesse espaço de tempo, a velocidade se manteve constante, portanto podemos concluir a força resultante é nula, assim o trabalho W_2 deve ser zero. No intervalo t_0 a t_1 , a velocidade varia de forma linear, o que indica a atuação de uma aceleração constante, ou seja, existe uma força constante com um componente que tem a mesma direção do movimento. Desse modo, analisando primeiramente a porção do gráfico entre t_0 e t_1 , na qual a velocidade é positiva, temos que a força atua no sentido contrário do movimento, ou seja, o trabalho dessa força será negativo. Na porção em que a velocidade é negativa entre t_0 e t_1 , a força atua no mesmo sentido do movimento (a velocidade aumenta em módulo), assim o trabalho dessa força será positivo e, ainda, será igual em módulo ao trabalho na parte em que a velocidade é positiva. Portanto, o trabalho W_1 deve ser zero, assim a alternativa correta é a C.

Questão 09 – Letra E

Comentário: A questão pode ser representada de forma simplificada pela figura a seguir:



Assim, aplicando a fórmula do trabalho, obtemos:

$$W = F \cdot d \cdot \cos \theta = 3 \cdot d \cdot \cos \theta$$

Como:

$$\cos \theta = \frac{h}{d} = \frac{1}{d}$$

Temos:

$$W = 3 \cdot d \cdot \cos \theta = 3 \cdot d \cdot \frac{1}{d} = 3 \text{ Nm}$$

Questão 10 – Letra E

Comentário: Podemos começar encontrando uma equação para potência em função da altura e do tempo:

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{mg \Delta h}{\Delta t}$$

Observe que a potência é proporcional à velocidade:

$$v = \frac{\Delta h}{\Delta t} \Rightarrow P = \frac{mg \Delta h}{\Delta t} = mgv$$

Como a velocidade é constante, a velocidade média ao longo de todo o trajeto também é a velocidade no trecho desejado; o mesmo acontece com a potência, assim:

$$P = \frac{mg \Delta h}{\Delta t} = \frac{1200 \cdot 10(9 \cdot 3 - 1 \cdot 3)}{16} = 18000 \text{ W} = 18 \text{ kW}$$

Observe que não é necessário utilizar as alturas dos 3° e 7° andares, isso só é possível porque a potência é constante, se não fosse o caso, teríamos que encontrar a velocidade média nesse trecho específico.

Questão 11

Comentário: A questão envolve cálculo de áreas para determinar o trabalho ($W = \text{área do gráfico } F \times d$).

A) $W_{F_1} = \text{área do trapézio entre 0 e 10 m}$
 $W_{F_1} = (20 + 60) \cdot 10/2 = 400 \text{ J} \Rightarrow W_{F_1} = 400 \text{ J}$

B) $W_{F_A} = -(\text{área do triângulo entre 0 e 10 m})$
 $W_{F_A} = -20 \cdot 10/2 = -100 \text{ J} \Rightarrow W_{F_A} = -100 \text{ J}$

C) $W_{F_1} = \text{área do trapézio entre 10 e 15 m}$
 $W_{F_1} = (60 + 80) \cdot 5/2 = 350 \text{ J} \Rightarrow W_{F_1} = 350 \text{ J}$
 $W_{F_A} = -(\text{área do triângulo entre 10 e 15 m})$
 $W_{F_A} = -20 \cdot 5/2 = -50 \text{ J} \Rightarrow W_{F_A} = -50 \text{ J}$
 $W_{F_R} = \Sigma (\text{todos os trabalhos})$
 $W_{F_R} = 400 + 350 - 100 - 50 = 600 \text{ J} \Rightarrow W_{F_R} = 600 \text{ J}$

Observação: Não é possível achar a F_R e usar $W = F_R d$, pois as forças são variáveis.

Questão 12

Comentário:

A) A taxa de metabolismo é uma medida de potência, portanto pode ser definida como a razão entre a energia e o tempo necessário para gastá-la / produzi-la assim:

$$P = \frac{E}{t} = \frac{3 \text{ L} \cdot 5 \text{ cal/L} \cdot 10^3 \cdot 4 \text{ cal/J}}{60 \text{ s}} = 1000 \text{ W} = 1,0 \text{ kW}$$

B) Usando novamente a definição de potência:

$$P = \frac{E}{t} \Rightarrow$$

$$E = P \cdot t = 1,0 \cdot 1200 = 1200 \text{ kJ} = 300 \text{ kcal}$$

C) Como o atleta em repouso usamos a taxa de metabolismo é a basal, logo:

$$V = \frac{E}{5 \text{ cal/L} \cdot 10^3 \cdot 0,25 \text{ J/cal}} = \frac{P \cdot t}{5 \cdot 10^3 \cdot 0,25} \Rightarrow$$

$$\frac{100 \cdot 60}{5 \cdot 10^3 \cdot 0,25} = 0,3 \text{ L}$$

Seção Enem**Questão 01 – Letra C**

Eixo cognitivo: V

Competência de área: 6

Habilidade: 23

Comentário: Pela definição de potência, sabemos que:

$$P_{\text{total}} = \frac{E}{t} = \frac{mgh}{t} = V \rho gh = 690 \cdot 1000 \cdot 10 \cdot 118,4 \approx 8,17 \cdot 10^8 \text{ W}$$

A potência instalada em cada unidade, supondo que todas as unidades são iguais, é de:

$$P_{\text{instalada}} = \frac{P_{\text{total}}}{20} = \frac{14 \cdot 10^9}{20} = 0,7 \cdot 10^9 \text{ W}$$

Assim, a potência não aproveitada é de:

$$P_{\text{não aproveitada}} = P_{\text{total}} - P_{\text{instalada}} =$$

$$= 8,17 \cdot 10^8 - 7,00 \cdot 10^8 = 1,17 \cdot 10^8 \text{ W} = 117 \text{ MW}$$

Questão 02 – Letra E

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 5

Habilidade: 17

Comentário: Vamos analisar as alternativas separadamente:

- I. Falso. A potência nominal máxima de Itaipu é menor que a da hidrelétrica de Três Gargantas.
- II. Verdadeiro. A produção efetiva de energia elétrica de Itaipu é maior que a de Três Gargantas, mesmo com menor potência instalada. Assim, sua eficiência é maior.
- III. Verdadeiro. A potência instalada em Três Gargantas é maior do que a em Itaipu, mesmo tendo aquela uma menor área inundada. Sendo assim, a razão entre potência instalada e área inundada é mais favorável em Três Gargantas.

Dessa forma, a alternativa correta é a E.

Questão 03 – Letra C

Eixo cognitivo: III

Competência de área: 2

Habilidade: 6

Comentário: Observando o gráfico da questão, podemos concluir que a ordem crescente dos fogões, em eficiência, é a seguinte:

- fogões elétricos;
- fogões a gás;
- fogões a querosene;
- fogões a carvão;
- fogões a lenha.

Ainda a partir da observação do gráfico, podemos concluir que a eficiência dos fogões a gás (~56%) é o dobro da eficiência dos fogões a lenha. Portanto, a alternativa correta é a C.

Questão 04 – Letra E

Eixo cognitivo: V

Competência de área: 2

Habilidade: 23

Comentário: De acordo com o enunciado do exercício, a potência da usina é de $512 \cdot 10^6 \text{ W}$, ou seja, a usina pode fornecer $512 \cdot 10^6 \text{ J}$ de energia elétrica a cada segundo. Logo, como a eficiência da usina é de 90 %, conclui-se que, para gerar essa energia elétrica, a usina necessita de uma quantidade de energia dada por:

$$\varepsilon = \frac{E_{\text{el}}}{E_{\text{T}}} \Rightarrow E_{\text{T}} = \frac{E_{\text{el}}}{\varepsilon} \Rightarrow$$

$$E_{\text{T}} = \frac{512 \cdot 10^6}{0,90} \Rightarrow$$

$$E_{\text{T}} = 569 \cdot 10^6 \text{ J}$$

A fonte de energia utilizada pela usina para gerar energia elétrica é a energia potencial gravitacional da água. Dessa forma, conclui-se que a quantidade de água necessária para fornecer essa quantidade de energia à usina é de:

$$E_{\text{T}} = E_{\text{p}} \Rightarrow E_{\text{T}} = mgh \Rightarrow$$

$$569 \cdot 10^6 = m \cdot 10 \cdot 120 \Rightarrow$$

$$m = 474 \cdot 10^3 \text{ kg}$$

Portanto, a usina necessita de uma vazão $474 \cdot 10^3 \text{ kg}$ de água por segundo para gerar a potência de $512 \cdot 10^6 \text{ W}$. Sendo a densidade da água igual a $1,0 \text{ kg/L}$, conclui-se que a usina necessita de uma vazão de água de $474 \cdot 10^3 \text{ L/s}$. Como o exercício pediu apenas a ordem de grandeza da vazão de água, a alternativa correta é a E.

MÓDULO – A 11

Energia Mecânica

Exercícios de Aprendizagem

Questão 01 – Letra A

Comentário: Vamos analisar as afirmações separadamente:

- Verdadeiro. Mesmo que haja perda de energia mecânica, ela se conservará em outra forma de energia, como a térmica.
- Falso. A energia cinética depende da massa e da velocidade do corpo. O trabalho de uma força pode causar uma variação na energia cinética de um sistema, mas ele não é a energia cinética em si.
- Verdadeiro. De fato, o trabalho realizado por uma força conservativa não depende da trajetória, mas sim do deslocamento total paralelo a essa força. O deslocamento é um vetor que liga a posição inicial à final desconsiderando a trajetória; dessa forma, o trabalho não dependerá da trajetória. Um exemplo disso são duas pessoas subindo até o décimo andar de um prédio carregando caixas de mesmo peso. Se uma sobe pelo elevador e a outra pelas escadas, ao chegar ao décimo andar, ambas terão realizado o mesmo trabalho.
- Falso. O trabalho realizado por forças dissipativas depende da trajetória. Imagine empurrar uma caixa grande de madeira em um chão áspero, descrevendo uma trajetória circular. Ao final de várias voltas, você poderá perceber que houve um aquecimento na base da caixa, o qual é consequência do trabalho da força de atrito, que é dissipativa e de forma alguma foi nula.

Questão 02 – Letra E

Comentário: A figura 1 mostra o sistema em sua posição de equilíbrio. Nessa posição, as molas apresentam um comprimento de 2 cm. Nas figuras 2 e 3, as molas encontram-se comprimidas e distendidas, respectivamente, sendo essas as posições extremas de oscilação do sistema, ou seja, posições em que a deformação das molas é máxima.

As molas apresentam a mesma deformação nas posições mostradas nas figuras 2 e 3, $\Delta x = 1 \text{ cm}$. Logo, como a energia potencial elástica é proporcional ao quadrado da deformação das molas, e esta é a mesma tanto na figura 2 quanto na figura 3, tendo seu valor máximo, conclui-se que a energia potencial elástica máxima do sistema ocorre nas posições das figuras 2 e 3. Logo, a alternativa correta é a E.

Questão 03 – Letra D

Comentário: Como os atritos são desprezíveis, a energia mecânica do carrinho se mantém constante durante o percurso. Assim, sua energia mecânica, que será a soma de sua energia cinética com sua energia potencial gravitacional, valerá $E_{\text{m}} = E_{\text{pg}} + E_{\text{c}} = mgd + mgd/2 = 3mgd/2$, de acordo com as informações do enunciado para o ponto 1. Assim:

Josefina: $E_c = E_m - E_{pg} = 3mgd/2 - mgd/2 = mgd$

Gabriel: $E_{pg} = 3mgd/4$

$$E_c = E_m - E_{pg} = 3mgd/2 - 3mgd/4 = 3mgd/4 \Rightarrow$$

$$E_c = E_{pg}$$

Rosana: Como dito anteriormente, os atritos são desprezíveis e a energia mecânica do carrinho é igual a $3mgd/2$ em qualquer ponto do percurso.

Assim, Josefina, Gabriel e Rosana estão corretos, como se afirma na alternativa D.

Questão 04 – Letra C

Comentário: Como a velocidade do trator é constante, a energia cinética não varia, já a energia potencial gravitacional diminui, pois o trator está descendo pela estrada, portanto a energia mecânica também diminui ($E_m = E_c + E_p$). Além disso, é importante notar a existência de forças dissipativas, como o atrito, que é responsável pela perda de energia mecânica do trator.

Questão 05 – Letra D

Comentário: Analisando as questões separadamente, temos:

- A) Falsa; a energia potencial gravitacional, durante a queda, transformou-se em energia cinética, portanto a energia cinética do maracujá não se manteve constante.
- B) Falsa; a velocidade horizontal do maracujá se mantém constante durante a queda.
- C) Falsa; a aceleração da gravidade próximo à superfície da Terra é constante.
- D) Verdadeira; como não há ação de forças dissipativas, como a resistência do ar, a energia mecânica do sistema se conserva.
- E) Falsa; a energia potencial do maracujá varia, pois, a sua altura também varia durante a queda.

Questão 06 – Letra B

Comentário: Analisando cada assertiva separadamente:

- I. Falsa. Como não há a ação de forças dissipativas sobre os sistemas, tem-se:

$$E_{p_1} + E_{c_1} = E_{p_2} + E_{c_2} \Rightarrow$$

$$mgh_1 + 0 = mgh_2 + E_{c_2} \Rightarrow$$

$$E_{c_2} = mg(h_1 - h_2)$$

- II. Verdadeira. Na ausência de forças dissipativas, a energia mecânica se conserva no tempo, logo sempre valerá mgh_1 .
- III. Falsa. Os corpos possuem velocidade máxima no ponto mais baixo da trajetória. Como o corpo do trajeto A percorre uma distância maior com velocidade máxima, ele realizará o percurso em um tempo menor.
- IV. Falsa. Conforme já discutido na assertiva anterior.
- V. Verdadeira. Como a energia mecânica se conservou, o trabalho da força peso será dado pela variação da energia cinética de ambos os corpos que vale $T = mg(h_1 - h_2)$.

Questão 07 – Letra A

Comentário: No início do lançamento vertical para cima, a velocidade é máxima, portanto a energia cinética também é máxima. Conforme a partícula sobe, sua energia cinética é transformada em potencial gravitacional, e quando a partícula atinge a altura máxima, toda a energia cinética foi transformada, ou seja, esta é igual a zero, e a velocidade da partícula também é zero. A partir desse momento, a partícula sob a ação da força da gravidade inicia o movimento de queda, aumentando a sua energia cinética até voltar ao início do movimento, onde novamente sua energia cinética é máxima. O gráfico que representa esse comportamento corretamente é o A. Além disso, é interessante notar que a equação da energia cinética pelo tempo é da forma quadrática, então já era esperado um gráfico na forma de parábola.

Questão 08 – Letra D

Comentário: No ponto mais alto da rampa, a energia potencial gravitacional do bloco será dada por $E_{pg} = mgh$, sendo h a altura procurada. Como houve perda de 20% dessa energia ao chegar ao solo, $h = 0$, teremos $E_c = 0,80 E_{pg}$ assim:

$$\frac{1}{2}mv^2 = 0,80.mgh \Rightarrow h = \frac{v^2}{1,60g} \Rightarrow h = 4 \text{ m}$$

Exercícios Propostos

Questão 01 – Letra A

Comentário: A energia mecânica no ponto mais alto é apenas potencial gravitacional e é dada por $E_{pg} = mgh$. O ponto C representa um ponto em que $h = 0$. Portanto, a energia mecânica nesse ponto será apenas a energia cinética do sistema, que, devido a perdas, corresponde a 64% da energia inicial. Dessa forma:

$$E_c = 0,64 E_{pg} \Rightarrow 0,64.mgh = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow$$

$$v^2 = 64 \Rightarrow v = 8,0 \text{ m/s}$$

Questão 02 – Letra C

Comentário: Considerando a conservação da energia mecânica, devemos ter, no momento da compressão máxima, a transformação de toda a energia cinética em potencial elástica, portanto:

$$E_c = E_{pe}$$

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

$$v^2 = \frac{kx^2}{m} = \frac{100 \cdot 0,016^2}{4} = 0,064$$

$$v = \sqrt{0,064} = 0,08$$

Assim, a velocidade do objeto antes de se chocar é 0,08 m/s.

Questão 03 – Letra D

Comentário: Primeiramente, devemos notar que a área sob a curva da força pelo deslocamento é igual ao trabalho da força F_{no} bloco. Assim, calculando o trabalho utilizando as áreas, obtemos:

$$W = \frac{6 \cdot 4}{2} + 4 \cdot 4 + 4 \cdot 2 + 4 \cdot 2 + \frac{2 \cdot 2}{2} = 46 \text{ J}$$

Além disso, sabemos que a energia cinética no ponto a 8 m da origem deve ser igual ao trabalho calculado acima, pois o trabalho da força resultante é igual à variação da energia cinética (teorema da energia cinética), portanto:

$$W = E_c = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v^2 = \frac{2W}{m} = \frac{2 \cdot 46}{23} = 4 \Rightarrow v = \sqrt{4} = 2 \text{ m/s}$$

Questão 04 – Letra D

Comentário: Desprezando forças dissipativas, temos que a energia potencial gravitacional do bloco quando atinge o ponto mais alto é igual à energia potencial elástica quando a mola está comprimida na posição inicial. Assim:

$$\begin{aligned} E_{pg} &= E_{pe} \Rightarrow \\ mgh &= \frac{kx^2}{2} \Rightarrow \\ k &= \frac{2mgh}{x^2} = \frac{2 \cdot 0,2 \cdot 10 \cdot 0,5}{0,2^2} = 50 \text{ N/m} \end{aligned}$$

Questão 05 – Letra A

Comentário: Nesse exercício, compara-se a energia mecânica em dois pontos. Porém, ao contrário do que é mais comum, em um dos pontos, existe tanto energia mecânica quanto cinética. Sendo assim, teremos:

$$\begin{aligned} E_{M1} &= E_{Mf} \Rightarrow E_{PG} = E_{PGf} + E_c \Rightarrow \\ mgH &= mgh + \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow 10H = 100 + 0,5 \Rightarrow \\ H &= 10,05 \text{ m} \end{aligned}$$

Questão 06 – Letra A

Comentário: Em ambos os escorregadores, teremos a transformação de energia potencial gravitacional em cinética, sendo somente as perdas diferentes. Assim, em R, temos:

$$E_R = 0,9E_p = 0,9mgh$$

Em C, analogamente, obtemos:

$$E_c = 0,85E_p = 0,85mgh$$

Assim, a razão entre as velocidades será dada por:

$$\frac{E_R}{E_c} = \frac{0,9mgh}{0,85mgh} = \frac{0,9}{0,85} = \frac{18}{17}$$

$$\frac{E_R}{E_c} = \frac{\frac{mv_R^2}{2}}{\frac{mv_c^2}{2}} = \frac{v_R^2}{v_c^2} = \frac{18}{17} \Rightarrow$$

$$\frac{v_r}{v_c} = \sqrt{\frac{18}{17}}$$

Questão 07 – Letra D

Comentário: Usando a definição de energia potencial gravitacional e energia cinética temos:

$$E_{pg_{final}} = mgh$$

$$E_{pg_{inicial}} = mgH$$

$$E_c = \frac{mv^2}{2} = E_{pg_{inicial}} - E_{pg_{final}}$$

$$\frac{mv^2}{2} = mgH - mgh = mg(H - h)$$

$$v = \sqrt{\frac{2mg(H - h)}{m}} = \sqrt{2g(H - h)}$$

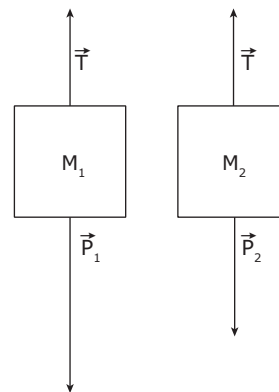
Questão 08 – Letra D

Comentário: Como o fio e a polia são ideais, ambas as massas estão submetidas a mesma intensidade de aceleração e velocidade. Além disso, como a energia total do sistema é 100 J, podemos calcular a massa total do sistema usando:

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow m = \frac{2E_c}{v^2} \Rightarrow$$

$$M_1 + M_2 = \frac{2 \cdot 100}{5^2} = 8 \text{ kg}$$

Desse modo, com o diagrama do corpo livre de ambos os blocos, obtemos:



$$F_1 = P_1 - T \Rightarrow M_1 a = M_1 g - T$$

$$F_2 = T - P_2 \Rightarrow M_2 a = T - M_2 g$$

A aceleração a , é dada por:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ m/s}^2$$

Assim, substituindo valores nas equações obtidas dos diagramas do corpo livre, temos o sistema a seguir:

$$2,5M_1 = 10M_1 - T$$

$$2,5M_2 = T - 10M_2$$

Somando uma equação a outra, encontramos:

$$2,5M_1 + 2,5M_2 = 10M_1 + 10M_2$$

$$3M_1 - 5M_2 = 0$$

Finalmente, resolvendo o sistema:

$$\begin{cases} M_1 + M_2 = 8 \\ 3M_1 - 5M_2 = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} M_1 = 5 \text{ kg} \\ M_2 = 3 \text{ kg} \end{cases}$$

Questão 09 – Letra C

Comentário: Como a bola de borracha perde metade da velocidade após cada colisão, então considerando a velocidade v imediatamente antes da colisão, teremos que a energia cinética após a colisão será:

$$E_{\text{após}} = \frac{mv_{\text{após}}^2}{2} = \frac{m \left(\frac{v_{\text{antes}}}{2} \right)^2}{2} = \frac{m \frac{v_{\text{antes}}^2}{4}}{2} = \frac{1}{4} \frac{mv_{\text{antes}}^2}{2} = \frac{1}{4} E_{\text{antes}}$$

Ou seja, a energia cinética depois de cada colisão será igual a um quarto da energia cinética antes. Além disso, como a altura máxima da bola será atingida quando toda a energia cinética for transformada em potencial gravitacional, a altura após cada colisão será 4 vezes menor, pois a energia cinética também diminui 4 vezes. Assim temos que as alturas seguirão, após cada colisão, a sequência: 3,2 m, 0,8 m, 0,2 m, 0,05 m, 0,0125 m, Portanto, após a terceira colisão, as alturas são menores do que 10 cm.

Questão 10 – Letra B

Comentário: Segundo a tabela periódica, a massa de um mol de fósforo é igual a 31 g, portanto, por regra de três, e usando a Constante de Avogadro, $1,2 \cdot 10^{15}$ átomos têm massa igual a:

$$m_{\text{fósforo}} = \frac{n}{N} M = \frac{1,2 \cdot 10^{15}}{6 \cdot 10^{23}} 31 = 6,26 \cdot 10^{-8} \text{ g}$$

Assim, como a massa de fósforo corresponde somente a 2% (0,02) massa da partícula, devemos calcular a massa total:

$$m_{\text{total}} = \frac{m_{\text{fósforo}}}{0,02} = \frac{6,2 \cdot 10^{-8}}{0,02} = 3,1 \cdot 10^{-9} \text{ kg}$$

Por fim, a energia cinética é igual a:

$$E_c = \frac{mv^2}{2} = \frac{3,1 \cdot 10^{-9} \cdot 0,1^2}{2} = 1,55 \cdot 10^{-11} \text{ J}$$

Questão 11 – Letra D

Comentário: Analisando as alternativas separadamente, temos:

- A) Falsa; pelo Teorema de Pitágoras, o elástico no ponto 1 possui 50 cm, entretanto sua deformação é de somente 30 cm (o comprimento do elástico não esticado é de 20 cm), assim a força elástica é $F = kx = 200 \cdot 0,3 = 60 \text{ N}$.
- B) Falsa; na posição 2, o elástico possui deformação de 10 cm, assim exercendo uma força igual a $F = kx = 200 \cdot 0,1 = 20 \text{ N}$.
- C) Falsa; pela alternativa A, sabemos que a força que o elástico aplica na peça é igual a 60 N, entretanto essa força possui um componente vertical que não contribui com a aceleração do corpo, assim a aceleração é menor que 60 m/s^2 .
- D) Verdadeira; pelo Teorema de Energia Cinética, sabemos que o trabalho da força elástica será igual à energia cinética no ponto 2, assim temos:

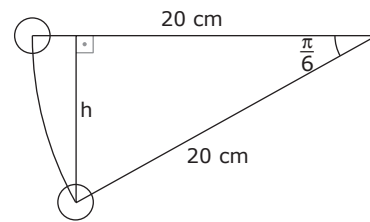
$$E_c = E_{k1} - E_{k2} = \frac{kx_1^2}{2} - \frac{kx_2^2}{2} = \frac{k(x_1^2 - x_2^2)}{2} = \frac{200(0,3^2 - 0,1^2)}{2} = 8 \text{ J}$$

$$E_c = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow v^2 = \frac{2E_c}{m} = \frac{2 \cdot 8}{1} = 16 \Rightarrow v = \sqrt{16} = 4 \text{ m/s}$$

- E) Falsa; pela alternativa D, sabemos que o trabalho realizado pela força elástica é igual a 8 J.

Questão 12 – Letra B

Comentário: A questão pode ser simplificada na figura a seguir:



A energia dispendida será igual à energia potencial gravitacional na altura h .

Calculando a altura h :

$$\sin \frac{\pi}{6} = \frac{h}{20} \Rightarrow h = 20 \cdot \sin \frac{\pi}{6} = 20 \cdot \frac{1}{2} = 10 \text{ cm}$$

Desse modo, a energia dispendida será:

$$E_d = mgh = 0,1 \cdot 10 \cdot 0,1 = 0,1 \text{ J}$$

Seção Enem**Questão 01 – Letra B**

Eixo cognitivo: II

Competência de área: 6

Habilidade: 20

Comentário: Neste lançamento, a energia mecânica se conserva, pois não há atrito. Logo, a energia potencial elástica será transformada integralmente em energia cinética.

$$\frac{kx^2}{2} = \frac{mv^2}{2} \Rightarrow$$

$$v = x \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Portanto, para aumentar a velocidade quatro vezes, de acordo com as alternativas, deve-se manter a mola e aumentar a sua deformação em quatro vezes.

Questão 02 – Letra E

Eixo cognitivo: III

Competência de área: 2

Habilidade: 6

Comentário: O enunciado explicita o funcionamento de um carrinho à corda e deixa claro que a energia nesse brinquedo está associada à deformação da mola, ou seja, trata-se de energia potencial elástica que posteriormente é transformada em energia cinética.

Entre as alternativas, a única na qual existe esse tipo de conversão é a alternativa E: o estilingue, ou atiradeira, por meio do qual um objeto (geralmente uma pequena pedra) é arremessado, convertendo-se a energia potencial elástica (armazenada no elástico do estilingue) em energia cinética (o movimento da pedra).

A respeito das demais alternativas teremos:

- A) A conversão existente em um dínamo corresponde à energia elétrica convertida em energia magnética.

- B) O freio de um automóvel converte energia cinética em energia térmica.
- C) O motor a combustão converte energia química em energia cinética.
- D) A usina hidroelétrica converte a energia potencial gravitacional contida na água em energia elétrica.

Questão 03 – Letra C

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 6

Habilidade: 20

Comentário: Para que uma altura máxima seja atingida, é necessário que toda a energia do sistema seja convertida em uma forma de energia que está associada à altura, ou seja, energia potencial gravitacional. Se houver conversão da energia cinética inicial em outras formas de energia, então menos energia será convertida em energia potencial gravitacional e a altura não será máxima. Portanto, a alternativa que relaciona corretamente as conversões de energia é a C.

Questão 04 – Letra D

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 3

Habilidade: 8

Comentário: Tanto nas usinas geotérmicas quanto nas usinas nucleares, há a transformação de energia térmica em cinética e, em seguida, em elétrica. No caso das usinas geotérmicas, a grande energia térmica dos vapores move turbinas (transformação em energia cinética), que depois gerarão eletricidade (transformação em energia elétrica).

Questão 05 – Letra A

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 3

Habilidade: 8

Comentário: Devido ao processo químico de combustão da vela, há uma perda de massa e, conseqüentemente, há uma variação na energia potencial gravitacional desta. Em consequência disso, a vela se desloca, ocorrendo uma transformação de energia potencial gravitacional em energia cinética.

Questão 06 – Letra C

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 5

Habilidade: 17

Comentário: Para lançar a flecha, o arqueiro traciona a corda, gerando uma variação no comprimento natural desta. Assim, há o armazenamento de energia potencial elástica. Ao soltar a corda, a flecha, que estava em repouso, ganha velocidade e a corda volta ao seu comprimento natural, ou seja, ocorre a transformação de energia potencial elástica em energia cinética, como afirma a alternativa C.

MÓDULO – A 12

Teoremas de Torricelli e Stevin

Exercícios de Aprendizagem

Questão 01 – Letra A

Comentário: O gráfico massa *versus* volume é uma reta que passa pela origem. Assim, ele pode nos fornecer a densidade do corpo por meio da sua inclinação, já que $m = \rho V$.

Como o chumbo é o material de maior densidade – essa informação deve ser de conhecimento dos estudantes – entre os materiais analisados, a reta que corresponde a ele será a de maior inclinação, ou seja, a de maior coeficiente angular. Logo, a reta que corresponde ao chumbo é a reta número 1, presente na alternativa A.

Questão 02 – Letra D

Comentário: Uma fossa nada mais é que um recipiente enterrado no chão que armazena um fluido; portanto, a pressão no fundo da fossa pode ser dada pelo Teorema de Stevin:

$$P = P_{\text{ATM}} + \rho \cdot g \cdot h$$

Ou seja, a única dimensão da fossa que altera a pressão no fundo é a profundidade (h).

Questão 03 – Letra A

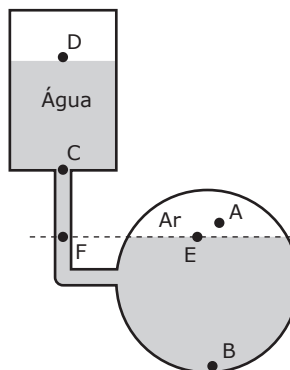
Comentário: Usando o conceito de pressão:

$$\text{Pressão} = \frac{F}{A} = \frac{m \cdot g}{A} = \frac{P}{A}$$

Ou seja, a pressão atmosférica é dada pelo peso da coluna de ar dividido pela área desta.

Questão 04 – Letra B

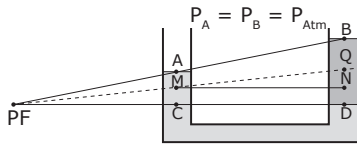
Comentário: A pressão P_D no ponto D é a atmosférica, enquanto a pressão P_C no ponto C é a atmosférica somada com a pressão da coluna de água sobre o ponto C; logo $P_C > P_D$. Analogamente, a pressão P_A em A é a pressão do gás e a pressão P_B em B é a pressão do gás somada com a pressão da coluna de água sobre B; logo, $P_B > P_A$. Observe a figura a seguir:



A pressão em F é igual à pressão em E, pois estão no mesmo nível do mesmo líquido em duas colunas ligadas por um vaso comunicante; no entanto, é imediato que $P_F > P_C$ e que $P_E = P_A$, de onde concluímos que $P_A > P_C$. Assim, $P_B > P_A > P_C > P_D$.

Questão 05 – Letra D

Comentário: Tomando um ponto (D) na interface de separação dos líquidos de densidades d_M e d_N e traçando uma reta horizontal desse ponto até o outro lado do tubo, encontraremos um ponto (C) isóbaro ao ponto D ($P_C = P_D$). Tomando como base esses dois pontos, observando que $\Delta h_{CM} = \Delta h_{DN}$ e lembrando que a diferença de pressão entre dois pontos de um líquido pode ser escrita como $\Delta P = d \cdot g \cdot \Delta h$, temos que a queda de pressão, quando se vai de C para M, é maior que a queda de pressão quando subimos de D para N, pois $d_M > d_N$. Assim, $P_M < P_N$, como mostrado na alternativa D. Uma outra forma muito interessante de se explicar essa questão é através do conceito de ponto de fuga. Como a diferença de pressão nos dois líquidos é diretamente proporcional à profundidade da coluna de líquido, as retas que ligam os pontos isóbaros dos dois líquidos se encontram em um único ponto chamado ponto de fuga (PF), como representado na figura a seguir. Qualquer reta que parta do ponto de fuga, na linha de interface ou acima dela, encontra os líquidos em pontos de mesma pressão (isóbaros).



Traçando a reta que liga o ponto de fuga e o ponto M, vemos que ela passa em Q (acima do ponto N). Como $P_Q = P_M$ e $P_Q < P_N$ (o ponto Q está acima de N), temos que $P_M < P_N$.

Questão 06 – Letra C

Comentário: O gráfico mostrado na figura 4 do Caderno Principal ilustra como a pressão atmosférica diminuiu em função da altitude. No alto do Everest, cujo topo se acha aproximadamente na altura do balão Zenith, tratado nesse exercício, a pressão atmosférica é apenas 30% do valor da pressão ao nível do mar. Nessa altitude, a densidade do ar é muito menor do que a densidade ρ_0 ao nível do mar (apenas 40% de ρ_0). Portanto, é natural que pessoas mais frágeis sintam dificuldade em respirar em uma atmosfera tão rarefeita, onde a presença de oxigênio é muita baixa. Um exemplo desse efeito é a dificuldade que os jogadores de times de futebol do Brasil sentem quando precisam atuar em altitudes maiores, como na cidade de La Paz, que está a 3 640 m de altitude.

Questão 07 – Letra C

Comentário: A vazão volumétrica de água (Q) pode ser escrita como:

$$Q = \Delta V / \Delta t = A \cdot h / \Delta t$$

Assim, $h = Q \cdot \Delta t / A$, sendo A a área da seção reta do cilindro e h a altura a que a superfície de água se elevou em um tempo Δt . Como essa vazão é constante, a altura (h) é inversamente proporcional à área (A).

A pressão, na base do recipiente, é dada por $p = p_{atm} + p_l$, com $p_l = d \cdot g \cdot h \Rightarrow p = p_{atm} + d \cdot g \cdot Q \cdot \Delta t / A$.

Essa é uma equação de primeiro grau da pressão em função do tempo, cuja inclinação do gráfico é dada por $I = d \cdot g \cdot Q / A$. Como a área do cilindro de cima é menor, a inclinação do gráfico $p \times t$ vai aumentar quando a superfície de água atingir esse cilindro, pois a inclinação I é inversamente proporcional à área da seção reta A do cilindro. Portanto, o gráfico que corresponde a essa situação é o da alternativa C.

Perceba que o nível da água sobe mais rapidamente quando a área da seção reta do cilindro diminui. Assim, a inclinação do gráfico é influenciada diretamente pela velocidade com que o nível da água é elevado.

Questão 08 – Letra E

Comentário: Como o pulmão humano não consegue gerar uma diferença de pressão maior que $0,1 \cdot 10^5$ atm, não é possível respirar com a ajuda de um respirador em profundidades onde a pressão exercida pela água é maior que o valor mencionado. Assim, a profundidade máxima será dada por:

$$P = \rho \cdot g \cdot h \Rightarrow h = \frac{P}{\rho \cdot g} = \frac{0,1 \cdot 10^5}{10^3 \cdot 10} = 1,0 \cdot 10^0 \text{ m}$$

Exercícios Propostos

Questão 01 – Letra E

Comentário: A pressão exercida sobre a torneira é igual à soma das pressões exercidas pela coluna de água e pela coluna de ar. Pela definição operacional de pressão, ela é numericamente igual à força exercida sobre a torneira dividida pela área dessa. Assim, considerando h a altura da coluna de água, temos:

$$P_{total} = 80 / (4 \cdot 10^{-4}) = 2 \cdot 10^5 \text{ Pa} = P_{H_2O} + P_{atm} = P_{H_2O} + 10^5, \text{ em que } P_{H_2O} = 10^5 \text{ Pa}$$

$$\text{Como } P_{H_2O} = d \cdot g \cdot h = 10^3 \cdot 10 \cdot h \Rightarrow h = 10 \text{ m}$$

Questão 02 – Letra B

Comentário: Bebidas gasosas, como refrigerantes e cervejas, contêm gás carbônico (CO_2) dissolvido no líquido. Os espumantes, em especial, contêm uma concentração ainda maior de gás carbônico. Por isso, quando a garrafa da bebida é agitada, o gás é liberado, exercendo uma grande pressão na rolha da garrafa. A força exercida pelo gás sobre a rolha é $F = \Delta P \cdot A$, sendo $\Delta P = 33 - 1 = 32$ atm a diferença entre a pressão interior que age na rolha e a pressão atmosférica no lado externo da rolha e $A = \pi d^2 / 4$ é a área frontal da rolha. Assim:

$$F = (32 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2) \cdot (3 \cdot 0,015^2 / 4 \text{ m}^2) = 540 \text{ N}$$

Questão 03 – Letra C

Comentário: Como temos a força e podemos encontrar a área, basta então aplicarmos o conceito de pressão:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{F}{100 \cdot \pi \cdot r^2} = \frac{10^6}{\pi \cdot 10^2 \cdot (10^{-2})^2} = \frac{10^8}{\pi} \text{ Pa}$$

Questão 04 – Letra B

Comentário: Usando a definição de pressão, podemos encontrar o valor de p_2 e p_1 :

$$p_2 = \frac{F}{A_2} = \frac{m \cdot g}{10 \cdot 20} = \frac{m \cdot g}{200}$$

$$p_1 = \frac{F}{A_1} = \frac{m \cdot g}{5 \cdot 10} = \frac{m \cdot g}{50} = 4 \frac{m \cdot g}{200} = 4p_2$$

Repare que não precisamos saber o valor da massa nem da aceleração da gravidade, ou seja, esse resultado é válido independentemente do material de que o paralelepípedo é feito, desde que tenha as mesmas proporções.

Questão 05 – Letra A

Comentário: Primeiramente, devemos notar que a compressão da mola ocorre devido à pressão exercida pela coluna de água juntamente com a pressão atmosférica no êmbolo. Assim, calculando a força que atua na mola, poderemos posteriormente encontrar a profundidade. Portanto, temos:

$$F_{\text{mola}} = k \cdot x = 1000 \cdot 0,05 = 50 \text{ N}$$

Agora, relacionando a força com a pressão, obtemos a pressão que atua sobre o êmbolo e, conseqüentemente, sobre a água:

$$P_{\text{total}} = \frac{F}{A} = \frac{50}{3 \cdot 10^{-4}} \cong 1,67 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$P_{\text{total}} = P_{\text{água}} + P_{\text{atm}} \Rightarrow P_{\text{água}} = P_{\text{total}} - P_{\text{atm}} = 1,67 \cdot 10^5 - 1 \cdot 10^5 = 0,67 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

Logo, a profundidade é:

$$P_{\text{água}} = \rho_{\text{água}} \cdot g \cdot h \Rightarrow h = \frac{P_{\text{água}}}{\rho_{\text{água}} \cdot g} = \frac{0,67 \cdot 10^5}{10^3 \cdot 10} = 6,7 \cdot 10^0 \text{ m}$$

Questão 06 – Letra C

Comentário: Como os pontos nos quais as colunas de líquidos possuem altura h_1 e h_2 estão no mesmo nível, ambos possuem a mesma pressão. Assim, utilizando o Teorema de Stevin para esses pontos, temos:

$$P_I = P_{II} \Rightarrow \rho_I \cdot g \cdot h_I + P_{\text{atm}} = \rho_{II} \cdot g \cdot h_{II} + P_{\text{atm}}$$

$$\rho_I h_I = \rho_{II} h_{II} \Rightarrow \frac{h_I}{h_{II}} = \frac{\rho_{II}}{\rho_I}$$

Questão 07 – Letra B

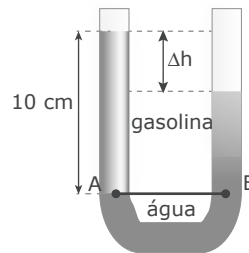
Comentário: A pressão sobre o mergulhador será a soma da pressão atmosférica mais a pressão exercida pela coluna de água. Logo, pelos dados do enunciado:

$$P_{\text{água}} = 5 - 1 = 4,0 \text{ atm}$$

Como 10 m de profundidade correspondem a uma variação de 1,0 atm, a profundidade que o mergulhador está é 40 m.

Questão 08 – Letra B

Comentário: Como os líquidos estão conectados, todos os pontos que estiverem no mesmo nível horizontal terão a mesma pressão. Logo, usando os pontos A e B da figura, teremos:



$$P_A = P_B$$

$$\rho_A \cdot g \cdot h_A = \rho_B \cdot g \cdot h_B$$

$$\rho_A \cdot h_A = \rho_B \cdot h_B$$

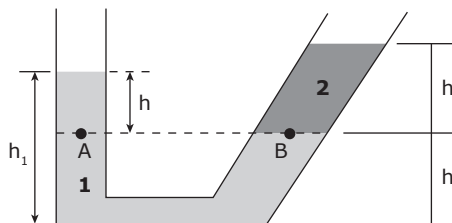
$$1 \cdot h_A = 0,75 \cdot 10$$

$$h_A = 7,5 \text{ cm}$$

$$\Delta h = h_B - h_A = 2,5 \text{ cm}$$

Questão 09 – Letra A

Comentário: Pela expressão dada no enunciado, sabemos que $h_1 - h = h_2$, assim, tendo dois pontos que estão na mesma altura em um mesmo líquido, podemos aplicar o Teorema de Stevin:

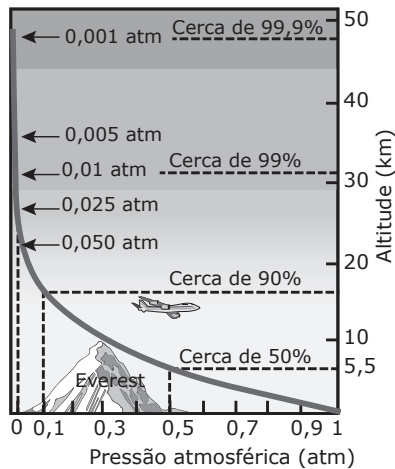


$$P_A = P_B \Rightarrow \rho_1 \cdot g \cdot h = \rho_2 \cdot g \cdot h_3 \Rightarrow \frac{h}{h_3} = \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{0,7}{1} = 0,7$$

Questão 10 – Soma = 54

Comentário: Vamos analisar as alternativas separadamente.

01. Falsa. Tomar uma bebida com canudinho implica causar um desequilíbrio entre as pressões que atuam sobre o ar dentro do canudinho (que deve ser menor) e sobre a superfície livre da bebida contida no copo. A maior pressão que atua sobre a superfície do líquido o "empurra" para a boca do indivíduo. Portanto, como não há atmosfera na Lua, não é possível tomar uma bebida usando canudinho lá. Na verdade, a própria bebida não permaneceria no estado líquido, pois, não havendo pressão sobre a bebida, ela passaria para o estado de vapor sem sofrer qualquer resistência.
02. Verdadeira. A pressão atmosférica diminui à medida que a altitude aumenta em relação ao nível do mar. De forma aproximada, a pressão atmosférica se reduz à metade para cada aumento de 5,5 km na altitude, o que indica um comportamento exponencial dessa grandeza. Portanto, é possível encontrar a altitude em função da pressão atmosférica local. Veja o gráfico a seguir:



04. Verdadeira. A pressão exercida pelo ar atua sobre uma pessoa imersa na atmosfera da Terra, comprimindo-a. Essa pressão é equilibrada pela pressão interna da pessoa, que age de dentro para fora de seu corpo. Por isso, se a pessoa fosse subitamente exposta ao vácuo, a pressão interna se manteria constante e seria maior que a pressão externa. Dessa forma, a pressão interna forçaria a pele da pessoa a mover-se para fora do corpo e a pessoa explodiria. Um fenômeno contrário pode acontecer quando a pressão externa torna-se maior que a pressão interna, como no caso de um submarino que desce exageradamente dentro do mar.
08. Falsa. A pressão exercida por certo volume de líquido depende da densidade do líquido (ρ), da aceleração da gravidade local (g) e da altura da coluna de líquido (h), sendo dada pelo produto desses três valores ($p = \rho gh$). Assim, na experiência de Torricelli, não é necessário conhecer o diâmetro do tubo, já que a pressão do líquido não é dependente deste.
16. Verdadeira. Dentro de recipientes de certos produtos alimentícios, como o requeijão e o molho de tomate, há ausência de ar, de forma que a pressão atmosférica externa que age sobre o selo e sobre a tampa é muito maior do que a pressão interna. Quando arrancamos o selo, o ar externo penetra no recipiente, provocando o equilíbrio entre as pressões interna e externa. Por isso, após a retirada do selo, torna-se mais fácil abrir o recipiente, pois a força exercida pelas nossas mãos não terá mais de vencer a diferença entre as pressões interna e externa.
32. Verdadeira. A pressão exercida pelo sangue é maior do que a pressão exercida pelo ar dentro da seringa. Por isso, o sangue flui da veia para a seringa.
64. Falsa. A pressão atmosférica diminui com o aumento da altitude, conforme foi explicado no item 02. Portanto, a pressão atmosférica em São Joaquim é menor do que a pressão em Itajaí, que é uma cidade localizada ao nível do mar.

Questão 11

Comentário: Pela figura, a diferença de profundidade entre os pontos é:

$$\Delta h = 1\,886 - 124 = 1\,762 \text{ m}$$

Como a cada 10 m a pressão é aproximadamente 1 atm, a diferença de pressão será:

$$\Delta P = \frac{1\,762}{10} \cong 176 \text{ atm}$$

Questão 12 – Letra C

Comentário: Devido à diminuição da coluna de ar acima do avião, em grandes altitudes, há uma diminuição da pressão atmosférica. Assim, caso haja aberturas no avião, o ar escapará de forma que a pressão interna tende a diminuir até atingir a pressão externa. Menor quantidade de ar implica menor concentração dos gases que o compõem, incluindo o oxigênio, portanto, dificultando a respiração.

Questão 13 – Letra B

Comentário: O gráfico do enunciado nos fornece a pressão em função da profundidade, dessa forma, podemos encontrar a densidade do líquido:

$$P = P_{\text{atm}} + \rho \cdot g \cdot h \Rightarrow \rho = \frac{P - P_{\text{atm}}}{g \cdot h}$$

$$\rho_A = \frac{P_A - P_{\text{atm}}}{g \cdot h_A} = \frac{(2 - 1) \cdot 10^5}{10 \cdot 4} = 2,5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_B = \frac{P_B - P_{\text{atm}}}{g \cdot h_B} = \frac{(3 - 1) \cdot 10^5}{10 \cdot 4} = 5,0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$$

Questão 14 – Letra C

Comentário: Como o processo é isotérmico, usando a equação geral dos gases, podemos encontrar a pressão no fundo do lago:

$$\frac{P_0 V_0}{T} = \frac{PV}{T} \Rightarrow P_0 = P \frac{V}{V_0} = 10^5 \frac{1,5 \sqrt{V_0}}{V_0} = 1,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

Com a variação da pressão, e como foi a densidade da água, encontramos a profundidade do lago por meio da Lei de Stevin:

$$\frac{P_0 V_0}{T} = \frac{PV}{T} \Rightarrow P_0 = P \frac{V}{V_0} = 10^5 \frac{1,5 \sqrt{V_0}}{V_0} = 1,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$P_0 = \rho gh + P_{\text{atm}} \Rightarrow h = \frac{P_0 - P_{\text{atm}}}{\rho g} = \frac{0,5 \cdot 10^5}{10^3 \cdot 10} = 5,0 \text{ m}$$

Questão 15

Comentário:

- A) A velocidade do saco, depois de ser abandonado e bater na tábua situada 5 m abaixo, pode ser obtida pela equação de Torricelli:

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 5} = 10 \text{ m/s}$$

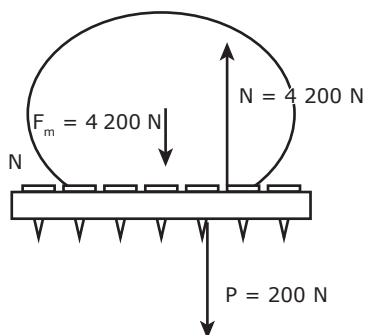
- B) A força média pode ser obtida pela relação entre o impulso e a variação quantidade de movimento sobre o saco de areia durante o movimento de parada sobre a tábua. Na verdade, a aplicação dessa equação fornece a força resultante que irá parar o saco de areia:

$$I = \Delta Q \Rightarrow F_R \Delta t = mv \Rightarrow$$

$$F_R \cdot 0,05 = 20 \cdot 10 \Rightarrow$$

$$F_R = 4\,000 \text{ N}$$

A figura a seguir mostra as forças que atuam no saco de areia: o peso $P = 20 \cdot 10 = 200 \text{ N}$ e a reação normal da tábua. Note que $N = 4\,200 \text{ N}$. Da mesma forma, conclui-se que a força média também vale $4\,200 \text{ N}$.



C) A força de 4 200 N divide-se entre os 400 pregos. Assim, a pressão que cada prego exerce sobre o peito do homem é:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{(4\,200/400)\text{N}}{4\text{ mm}^2} = 2,625\text{ N/mm}^2 = 262,5\text{ N/cm}^2$$

Seção Enem

Questão 01 – Letra E

Eixo cognitivo: IV

Competência de área: 6

Habilidade: 20

Comentário: Quando tomamos um suco com um canudo, ao ser feita a sucção, cria-se um vácuo em seu interior pela aspiração do ar. Tendo-se a pressão atmosférica atuando na superfície do líquido, o ar empurra para dentro do canudo uma coluna de líquido. Quando se utiliza outro canudo simultaneamente que está do lado de fora do líquido, mantém-se a pressão atmosférica dentro da boca praticamente inalterada, dificultando a criação de vácuo no outro canudo.

Questão 02 – Letra A

Eixo cognitivo: III

Competência de área: 2

Habilidade: 6

Comentário: Pelo Teorema de Stevin, sabemos que a pressão aumenta linearmente com a altura, assim:

$$\Delta P = \rho \cdot g \cdot h \Rightarrow h = \frac{\Delta P}{\rho \cdot g}$$

$$h_{\min} = \frac{18 \cdot 10^3}{10^3 \cdot 10} = 1,8\text{ m}$$

$$h_{\max} = \frac{38 \cdot 10^3}{10^3 \cdot 10} = 3,8\text{ m}$$

Questão 03 – Letra C

Eixo cognitivo: III

Competência de área: 2

Habilidade: 6

Comentário: De acordo com o gráfico, na pressão de 6 mca, a vazão será de 12 L/min.

Assim, a cada banho, o volume (V) de água será:

$$V = 12 \frac{\text{L}}{\text{min}} \cdot 8\text{ min} = 96\text{ L}$$

Como são 4 pessoas, a cada dia, o volume (V₁) será:

$$V_1 = 96\text{ L} \cdot 4 = 384\text{ L}$$

Depois de 30 dias, o consumo total (V_T) será:

$$V_T = 384\text{ L} \cdot 30 = 11\,520\text{ L}$$

Questão 04 – Letra A

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 5

Habilidade: 17

Comentário: Garrafa tampada:

Nessa situação, o líquido não escoar por nenhum dos furos, pois a pressão exercida pela coluna de líquido será menor do que a pressão atmosférica.

Garrafa aberta:

Com a garrafa aberta, a pressão exercida pela coluna de líquido será somada à pressão atmosférica no interior da garrafa. Assim, a pressão interna (p_{atm} + p_{coluna de líquido}) será maior do que a pressão externa (p_{atm}). Logo, o líquido escoar devido à pressão feita pela coluna de líquido, responsável pela velocidade de escoamento do fluido.

Questão 05 – Letra B

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 5

Habilidade: 17

Comentário: O Teorema de Stevin afirma que a pressão em um determinado ponto de um fluido depende diretamente da altura da coluna desse fluido sobre o ponto, o que é expresso pela equação $P = \rho gh$. No caso do tanque, essa altura é determinada pelo volume de água nele contida e, por isso, essa é a grandeza associada à economia resultante desse tipo de dispositivo.

MÓDULO – B 10

Espelhos Esféricos

Exercícios de Aprendizagem

Questão 01 – Letra D

Comentário: Observe que a imagem é real e invertida. O único espelho que forma esse tipo de imagem é o côncavo. Como a imagem é real e maior que o objeto, este deve estar posicionado entre o foco e o centro de curvatura do espelho.

Questão 02 – Letra C

Comentário: Podemos ver pelas figuras que a imagem fornecida pelo espelho da figura 1 é virtual, direta e menor que o boneco. Logo, conclui-se que o espelho utilizado na figura 1 é convexo, pois somente espelhos desse tipo podem produzir imagens com essas características. A imagem fornecida pelo espelho da figura 2 é virtual, direta e maior que o objeto. Logo, o espelho utilizado nessa figura é côncavo, pois o único tipo de espelho que pode produzir uma imagem virtual e maior que o objeto é o espelho côncavo. Podemos concluir também que o objeto, nessa situação, deve estar posicionado entre o foco e o vértice do espelho, pois o espelho somente irá produzir uma imagem com as características citadas se o objeto estiver posicionado nessa região.

Questão 03 – Letra E

Comentário: Analisando cada alternativa separadamente:

- A) Sempre que um espelho forma uma imagem real está é invertida, e se for virtual é direta. No caso de o objeto estar sobre o centro de curvatura a imagem será real e invertida. Alternativa incorreta.
- B) Os raios que refletem sobre o vértice forma um ângulo de reflexão igual ao de incidência (em relação ao eixo do espelho). Os que refletem na direção do foco são os que incidem em paralelo ao eixo, em qualquer ponto do espelho. Alternativa incorreta.
- C) Espelhos côncavos podem formar imagens virtuais (objeto antes do foco), ou reais (objetos após o foco). Para aumentar o campo visual são utilizados espelhos convexos. Alternativa incorreta.
- D) Espelhos convexos sempre formam imagens reduzidas e virtuais. Dentistas utilizam espelhos côncavos. Alternativa incorreta.
- E) Telescópios são utilizados para observar objetos muito distantes, desta forma os raios incidem praticamente paralelos e a imagem se forma próxima ao foco. Alternativa correta.

Questão 04 – Letra A

Comentário: Observe a equação de Gauss:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

Nas duas situações, f é constante, e, portanto, o membro direito da equação permanece constante em ambos os casos. Lembre-se também que $d_o > 0$ e $d_i < 0$, pois a imagem é virtual. Aproximar o objeto do espelho equivale a reduzir a imagem d_o , e, conseqüentemente, aumentar $\frac{1}{d_o}$; logo, para que o membro direito permaneça constante, $\frac{1}{d_i}$ deve diminuir, ou seja, ficar mais negativo, o que ocorre quando o módulo de d_i diminui, ou seja, com a aproximação da imagem em relação ao espelho.

Agora multiplique ambos os lados da equação de Gauss por d_o , de modo que esta se transforma em:

$$\frac{d_o}{f} = 1 + \frac{d_o}{d_i}$$

Como o objeto se aproximou do espelho, o membro esquerdo da equação fica maior (menos negativo). Logo, $\frac{d_o}{d_i}$ também fica maior (menos negativo), o que implica que $\left| \frac{d_o}{d_i} \right|$ fica menor. Pela equação do aumento, tal fato implica que $\frac{h_o}{h_i}$ fica menor e, portanto, h_i fica maior. Logo, $i_2 > i_1$.

Questão 05 – Letra E

Comentário: Espelhos convexos só formam imagens diretas e virtuais, logo, o primeiro e o segundo espelhos só podem ser côncavos. Quando espelhos côncavos formam imagens diretas estas são ampliadas. Imagens diretas e reduzidas só são formadas por espelhos convexos, logo, o terceiro espelho é convexo.

Questão 06 – Letra D

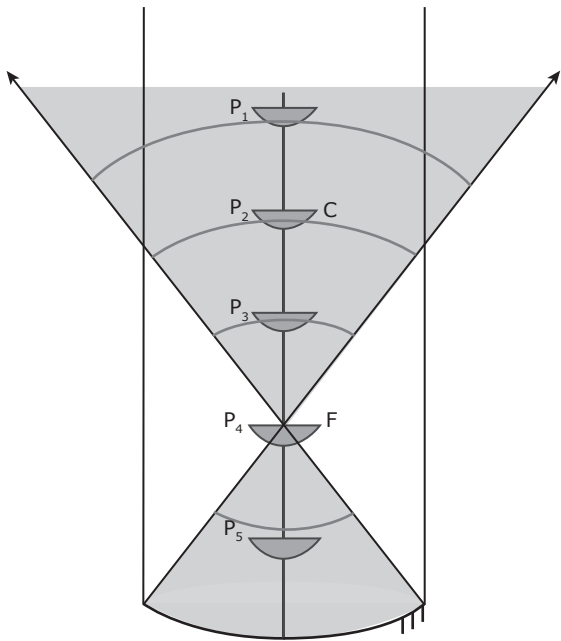
Comentário: O objetivo do espelho é formar imagens diretas e ampliadas dos dentes; o único espelho capaz de formar este tipo de imagem é o côncavo, quando o objeto, no caso o dente, é colocado entre o foco e o espelho. Portanto o espelho côncavo atende às necessidades do dentista, formando imagens ampliadas, virtuais e diretas dos dentes dos pacientes.

Questão 07 – Letra C

Comentário: A distância focal do espelho côncavo é $f = 1,0$ m e o caminhão está colocado a $D_o = 0,5$ m do espelho. Assim, a imagem é virtual, maior e invertida lateralmente (porém, sem inversão vertical). O espelho plano, por sua vez, produz da imagem formada pelo côncavo outra imagem de mesmo tamanho, com inversão lateral (porém, sem inversão vertical). Como temos duas inversões laterais, a imagem será direta na horizontal. Dessa forma, a imagem final será maior que o objeto, sem inversões lateral e vertical.

Questão 08 – Letra B

Comentário: A figura a seguir mostra a luz que incide e reflete no espelho (passando pelo foco F). Observe os "triângulos" coloridos. Eles representam o feixe de energia que refletiu no espelho. Veja que a frigideira P_4 recebe toda a energia do feixe e, por isso, vai atingir a maior temperatura. As frigideiras P_3 e P_5 absorvem o mesmo percentual de energia do feixe refletido. Esse percentual é menor que o absorvido pela frigideira P_4 . A frigideira P_2 recebe percentual de energia menor que P_3 . A frigideira P_1 recebe o menor percentual de energia de todas. Assim, para cada frigideira, a ordem de temperaturas será: $P_4 > P_3 = P_5 > P_2 > P_1$.



Exercícios Propostos

Questão 01 – Letra E

Comentário: A imagem formada pelo espelho E_1 é invertida (portanto, real) e de mesmo tamanho do objeto. Esse tipo de imagem é formada ao colocarmos o objeto em frente a um espelho côncavo, a uma distância do espelho igual a 2 vezes o raio desse espelho (isto é, ao colocarmos o objeto sobre o centro de curvatura);

A imagem formada pelo espelho E_2 é direta (isto é, não invertida e, portanto, virtual) e menor. Esse tipo de imagem é formada por espelhos convexos, independentemente da distância do objeto ao espelho;

A imagem formada pelo espelho E_3 é direta (isto é, não invertida e, portanto, virtual) e de mesmo tamanho do objeto. Essas são as características de uma imagem formada por um espelho plano.

Questão 02 – Letra C

Comentário: Usando a equação da ampliação:

$$\frac{H_i}{H_o} = \frac{1}{3} = \frac{|D_i|}{D_o} \Rightarrow D_i = 3D_o$$

Como a imagem formada é invertida, temos que o espelho é côncavo e a imagem formada é real.

Aplicando a equação de Gauss, temos:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{D_i} + \frac{1}{D_o} \Rightarrow$$

$$\frac{1}{f} = \frac{3}{D_o} + \frac{1}{D_o} \Rightarrow$$

$$f = \frac{D_o}{4}$$

Como a distância entre a imagem e o objeto vale 8 cm:

$$D_o - D_i = D_o - \frac{D_o}{3} = \frac{2D_o}{3} = 80 \Rightarrow$$

$$D_o = 120 \text{ cm}$$

$$f = \frac{D_o}{4} = \frac{120}{4} = 30 \text{ cm}$$

Para um espelho esférico que obedece às condições de nitidez de Gauss, o raio de curvatura $C = 2f$; portanto, $C = 60 \text{ cm}$.

Questão 03 – Letra A

Comentário: A partir das posições iniciais da imagem e do objeto, podemos encontrar a distância focal do espelho usando a equação de Gauss:

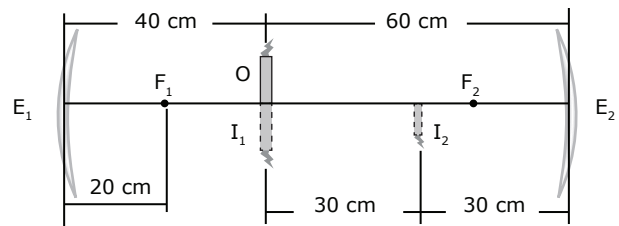
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{D_i} + \frac{1}{D_o} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{6} + \frac{1}{3} = \frac{1}{2} \Rightarrow f = 2$$

Tendo a distância focal, podemos encontrar a posição da imagem para qualquer posição do objeto:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{D_i} + \frac{1}{D_o} \Rightarrow \frac{1}{D_i} = \frac{1}{f} - \frac{1}{D_o} = \frac{1}{2} - \frac{1}{1} = -\frac{1}{2} \Rightarrow D_i = -2$$

Questão 04 – Letra C

Comentário: A figura a seguir mostra os espelhos, a primeira imagem formada por cada um deles e as dimensões relevantes.



Veja que o objeto (O) se encontra a uma distância $D_o = 2f$ do espelho 1 e, dessa forma, sua imagem (I_1) se forma sob o objeto. A equação de Gauss ($1/f = 1/D_o + 1/D_i$) determina a imagem do espelho 2, ou seja:

$$1/20 = 1/60 + 1/D_i \Rightarrow D_i = 30 \text{ cm.}$$

Logo, a distância entre as primeiras imagens será $D = 30 \text{ cm}$.

Questão 05 – Letra D

Comentário: Para espelhos e lentes, é válida a relação $\frac{H_i}{H_o} = \frac{|D_i|}{D_o}$. No caso, temos $\frac{H_i}{H_o} = 5$; portanto, $D_i = 5D_o$ (como a imagem foi projetada na parede, temos uma imagem real; portanto D_i é um número positivo). Usando a equação de Gauss para espelhos esféricos, temos:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{D_i} + \frac{1}{D_o} \Rightarrow \frac{1}{1,0} = \frac{1}{5p} + \frac{1}{p} \Rightarrow p = \frac{6}{5} = 1,2 \text{ m} = 120 \text{ cm}$$

Questão 06 – Letra A

Comentário: Usando a equação da ampliação podemos encontrar a distância da imagem em termos da distância do objeto:

$$\frac{H_i}{H_o} = \frac{|D_i|}{D_o} \Rightarrow \frac{h}{H} = \frac{d}{D} = \frac{H/2}{H} = \frac{d}{D} \Rightarrow d = \frac{D}{2}$$

Como o espelho é côncavo, a distância focal "f" do espelho é positiva. Usamos a equação de Gauss para espelhos esféricos:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{D_i} + \frac{1}{D_o} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{2}{D} + \frac{1}{D} \Rightarrow D = 3f = 3 \cdot \frac{C}{2} = 3 \cdot \frac{10}{2} = 15 \text{ cm}$$

Questão 07 – Letra D

Comentário: A imagem formada pelo ilusionista é real, pois foi projetada na parede, e maior do que o objeto. Espelhos que formam esse tipo de imagens são côncavos, com o objeto colocado entre o centro de curvatura e o foco do espelho. No caso, usando a equação da ampliação:

$$\frac{H_i}{H_o} = \frac{1}{4} = \frac{|D_i|}{D_o} \Rightarrow D_i = 4D_o \text{ (} D_i \text{ é um número positivo pois a imagem formada é real.)}$$

Então, usando a equação de Gauss para espelhos esféricos, temos:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{D_i} + \frac{1}{D_o} = \frac{1}{12} + \frac{1}{3} = \frac{5}{12} \Rightarrow f = 2,4 \text{ m}$$

$$C = 2f = 2 \cdot 2,4 = 4,8 \text{ m}$$

Questão 08 – Letra C

Comentário: Pela equação do aumento, percebe-se que a distância da imagem ao espelho é o quádruplo da distância do objeto ao espelho. Assim, $d_i = 4 \cdot d_o$. Como a imagem é projetada, esta é real e o espelho é côncavo. Por outro lado, em espelhos, se a imagem é real, objeto e imagem ficam do mesmo lado em relação ao espelho. Como a distância entre objeto e tela (imagem) é de 240 cm, $d_i - d_o = 240$ cm, ou seja, $4 \cdot d_o - d_o = 240$ cm. Assim, $d_o = 80$ cm e $d_i = 4 \cdot 80 = 320$ cm. Pela equação de Gauss:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{320} + \frac{1}{80}$$

$$f = 64 \text{ cm}$$

$$R = 2f = 128 \text{ cm}$$

Questão 09 – Letra E

Comentário: Tendo a razão entre o tamanho da imagem e o da lâmpada e a distância entre a lâmpada e o espelho, podemos encontrar a distância da imagem utilizando a equação da ampliação:

$$\frac{H_i}{H_o} = \frac{|D_i|}{D_o} \Rightarrow D_i = \frac{H_i}{H_o} D_o = 5 \cdot 10 = 50 \text{ cm}$$

Assim, podemos usar a equação de Gauss para encontrar a distância focal.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{D_i} + \frac{1}{D_o} = \frac{1}{10} + \frac{1}{50} = \frac{3}{25} \Rightarrow f \cong 8 \text{ cm}$$

$$D_i - f = 10 - 8 = 2 \text{ cm}$$

Questão 10 – Letra E

Comentário: Como a imagem possui a mesma altura que o objeto, este deve estar posicionado sobre o centro de curvatura do espelho. Assim, $R = 2f = 40$ cm. Logo, a distância focal desse espelho é igual a 20 cm. Colocando-se o objeto muito distante do espelho, a imagem se forma praticamente sobre seu foco, ou seja, a 20 cm do espelho.

Questão 11 – Letra E

Comentário: Como temos as alturas do lápis e de sua imagem, podemos usar a equação da ampliação para encontrar a razão entre suas distâncias:

$$\frac{|D_i|}{D_o} = \frac{H_i}{H_o} = \frac{3,2}{16} = 0,2 \Rightarrow D_i = 0,2D_o$$

Agora usamos a equação de Gauss para encontrar a distância do lápis (como a imagem é virtual devemos ter o cuidado de usar uma subtração ao invés da soma):

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{D_i} - \frac{1}{D_o} = \frac{1}{0,2D_o} - \frac{1}{D_o} = \frac{4}{D_o} \Rightarrow D_o = 4f = 4 \cdot 40 = 160 \text{ cm}$$

Seção Enem**Questão 01 – Letra B**

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 3

Habilidade: 8

Comentário: O Sol está muito distante da Terra e o espelho concentrador formará uma imagem no seu plano focal. Assim, $D_i = f$ nos dois casos. Quanto menor o tamanho dessa imagem, mais concentrada estará a energia que chega ao cano absorvedor. Usando a equação da ampliação, temos: $H_i = H_o \cdot D_i / D_o \Rightarrow H_i = H_o \cdot f / 200 H_o \Rightarrow H_i = f / 200$. Dessa forma, a imagem formada pelo espelho nas alternativas 1 e 2 será, respectivamente, $H_1 = 1,0$ cm e $H_2 = 2,0$ cm. Como os canos absorvedores têm 1,0 cm de diâmetro, toda a energia fornecida pelo concentrador seria absorvida pela água, apenas, na proposta 1. Uma vez que essa imagem vai se formar no plano focal, o cano deve ficar sobre esta linha, ou seja, a 2,0 m de distância do centro do concentrador.

Da discussão anterior, conclui-se que a alternativa correta é a A.

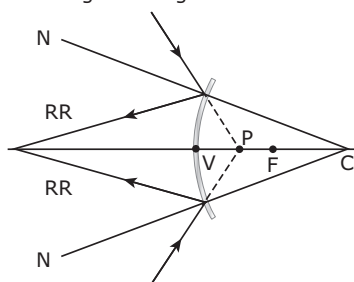
Questão 02 – Letra A

Eixo cognitivo: I

Competência de área: 3

Habilidade: 8

Comentário: A imagem formada nos detectores será real, uma vez que ela é obtida pelo cruzamento dos próprios raios refletidos pelos espelhos. Observe que o espelho convexo converge a radiação que incide sobre ele. Para que isso aconteça, ela deve dirigir-se ao ponto P, tal que $VP < f$. Essa conclusão pode ser extraída das duas primeiras figuras da questão. Observe que na primeira figura, ponto P entre F e C, a luz refletida pelo espelho convexo está divergindo e, na segunda, na qual o ponto P está sobre F, ela sai paralela ao eixo principal. Portanto, para a luz convergir para o detector, o ponto P deve estar entre V e F. Outra forma de se chegar a essa conclusão seria desenhar os raios incidentes, a normal e os raios refletidos, conforme mostra a figura a seguir:



MÓDULO – B 11

Refração da Luz

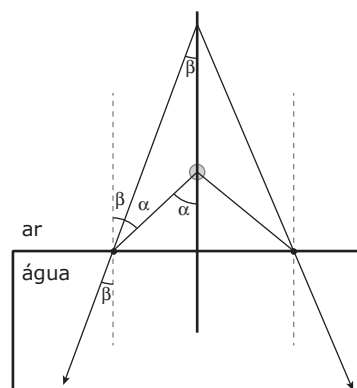
Exercícios de Aprendizagem

Questão 01 – Letra B

Comentário: Quando a luz incide de um meio mais refringente para outro de índice de refração menor, dependendo do ângulo de incidência, ela pode sofrer reflexão total e, conseqüentemente, não haverá refração. Portanto, a alternativa correta é a B.

Questão 02 – Letra C

Comentário: Na figura a seguir, a fonte luminosa é representada por um círculo amarelo; os feixes de luz incidentes (linhas pretas) formam um cone, cuja base localiza-se sobre a interface ar-água. Os feixes de luz refratam-se, aproximando-se da reta normal (pela lei de refração de Snell-Descartes, como $n_{\text{água}} > n_{\text{ar}}$, temos que $\beta < \alpha$). As linhas pontilhadas são os prolongamentos geométricos dos feixes refratados; essas linhas formam um vértice, como mostrado na figura; o ângulo entre cada uma das linhas pontilhada e o eixo de simetria do cone vale β . Como já vimos que $\beta < \alpha$, temos que o cone de luz terá sua abertura diminuída em relação à situação inicial (cone com ângulo de vértice igual a α).



Questão 03 – Letra A

Comentário: Como o índice de refração do acrílico é próximo do índice de refração da piscina, na passagem da luz entre esses dois meios quase não há desvio da luz, o que cria a impressão de haver apenas um meio, a água da piscina.

Questão 04 – Letra E

Comentário: Na primeira imagem, o peixe se encontra na água (meio mais refringente), e o índio no ar (meio menos refringente). Dessa forma, o ângulo de refração é maior que o ângulo de incidência fazendo com que o peixe seja visto numa posição mais alta que a real. Se o peixe é visto na posição B, ele deve estar na realidade na posição C.

Na segunda imagem, ocorre o inverso, a luz vinda do inseto (no ar) incide na superfície da água e é refratado com um ângulo menor do que o de incidência, fazendo com que o inseto também seja visto numa posição mais baixa que a real. Se o inseto é visto na posição 2, ele deve estar na posição 3.

Questão 05 – Letra A

Comentário: Primeiramente, deve-se ter em mente que $f_{\text{vermelha}} < f_{\text{verde}} < f_{\text{azul}}$. Logo, $n_{\text{vermelha}} < n_{\text{verde}} < n_{\text{azul}}$. Perceba que o raio 3 é o que mais se aproxima da normal na primeira refração. Logo, 3 é azul. Por raciocínio análogo, percebe-se que 1 é vermelho.

Questão 06 – Letra E

Comentário: Os raios vindos de fora do periscópio passam por quatro mudanças de meios (entram e saem dos dois prismas, logo são quatro refrações). A superfície oblíqua dos prismas precisa estar em um ângulo maior que o ângulo limite de refração tornando possível que os raios sofram reflexão total. Ao sofrer as duas reflexões, os raios invertem de posição, logo a imagem será invertida. A alternativa que está de acordo com essas conclusões é a E.



Questão 07 – Letra A

Comentário: A resolução do exercício consiste na aplicação direta de Lei da Snell:

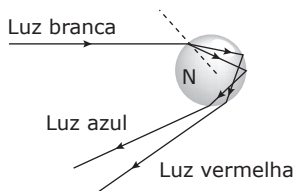
$$n_i \sin \theta_i = n_r \sin \theta_r \Rightarrow \sin \theta_r = \frac{n_i \sin \theta_i}{n_r} = \frac{1,0 \cdot \sin 60^\circ}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}/2}{\sqrt{3}} \Rightarrow$$

$$\sin \theta_r = \frac{1}{2}$$

Portanto, θ_r é o ângulo cujo seno vale 1/2, considerando-se valores apenas entre 0 e 90°, concluímos que $\theta_r = 30^\circ$.

Questão 08 – Letra A

Comentário: Como o índice de refração da água é maior para a luz azul, essa radiação vai sofrer o maior desvio ao entrar e sair da gota de água. Veja a seguir:



Dessa forma, o diagrama correto para explicar os fenômenos que ocorrem na formação de um arco-íris está representado na alternativa A.

Exercícios Propostos**Questão 01 – Letra A**

Comentário: A Lei de Snell diz que, para um determinado ângulo de incidência, quanto menos refringente for uma substância, menor será o seno do ângulo de refração dentro dela ($\sin \theta_r = \sin \theta_i \cdot n_i / n_r$). Para ângulos entre 0° e 90°, quanto menor seu valor, menor será o seu seno. Uma vez que o índice de refração do vidro diminui com o aumento do comprimento de onda, para a nova radiação o vidro apresenta menor índice de refração. Assim, o ângulo de refração será menor e, dessa forma, o desvio sofrido pela luz será também menor. Observe, por último, que o segundo raio refratado, que sai do prisma, deve-se afastar da normal no sentido oposto ao do raio incidente nessa superfície.

Questão 02 – Letra C

Comentário: A dispersão é um fenômeno óptico que consiste na separação da luz branca, ou seja, separação da luz solar em várias cores. Esse fenômeno ocorre em razão da dependência da velocidade da onda com o seu comprimento de onda. Quando a luz se propaga e muda de um meio para outro de diferentes índices de refração, as ondas de diferentes comprimentos de onda tomam diversos ângulos na refração, assim sendo, surgem várias cores do espectro.

Questão 03 – Letra A

Comentário: Aplicando a Lei de Snell, relacionando aos índices de refração com os ângulos, temos:

$$n_1 \cdot \sin \theta_1 = n_2 \cdot \sin \theta_2$$

$$n_1 \cdot 0,5 = 1,0 \cdot 0,75$$

$$n_1 = \frac{1,0 \cdot 0,75}{0,5} = 1,50$$

Questão 04 – Letra C

Comentário: Por definição, o índice de refração n é dado por $n = \frac{c}{v}$, em que c é a velocidade da luz no vácuo e v a velocidade da radiação no meio relevante. Logo, índice de refração e velocidade absoluta da radiação no meio de interesse tem relação inversa. Logo, como $v_A > v_B$, $n_A < n_B$.

Questão 05 – Letra C

Comentário: Por definição, o índice de refração n é dado por $n = \frac{c}{v}$, em que c é a velocidade da luz no vácuo e v a velocidade da radiação no meio relevante. Assim:

$$n = \frac{c}{v} = \frac{3 \cdot 10^8}{2,5 \cdot 10^8} = 1,2$$

Questão 06 – Letra A

Comentário: O índice de refração de um meio é definido como $n = c/v$, em que c é a velocidade da luz no vácuo e v a velocidade com que a luz se propaga no meio. Para o rutilo, $n = 2,73$; Portanto:

$$n = \frac{c}{v} \Rightarrow v = \frac{c}{n} = \frac{3,0 \cdot 10^8}{2,73} = 1,1 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Questão 07 – Letra E

Comentário: Quanto maior o índice de refração da radiação, mais ela afasta-se da normal nas refrações, e maior será o desvio. Logo, o desvio do azul será maior que o desvio do vermelho.

Questão 08 – Letra B

Comentário: Perceba que o ângulo de refração é 45°, pois é um ângulo agudo de um triângulo retângulo isósceles – ambos os catetos medem d . Assim, sendo n o índice procurado, pela Lei de Snell:

$$\sin 60^\circ \cdot 1 = \sin 45^\circ \cdot n$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot n \Rightarrow n = \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{6}}{2}$$

Questão 09 – Soma = 25

Comentário: Analisando cada afirmativa separadamente:

01. a velocidade da luz em um meio é diferente para cada frequência, coincidindo somente no vácuo. Portanto, o desvio sofrido ao mudar de meio também é diferente para cada frequência. Afirmativa correta.

02. Um raio de luz refratado só se aproxima da normal quando passa de um meio menos refringente para um mais refringente, caso contrário se afasta da normal. Afirmativa incorreta.
04. Sempre que a luz incide na interface de dois meios ocorre uma parcela de reflexão, podendo chegar à situação em que a reflexão é total, mas nunca a refração é total. Afirmativa incorreta.
08. A luz se propaga em linha reta, independente do percurso que tenha passado anteriormente, a refração causa um desvio em um ponto, fazendo com que a luz se propague em uma linha reta antes e outra depois, nunca em curva. Afirmativa correta.
16. Meios com as mesmas propriedades físicas implicam mesmo índice de refração; se não há mudança no índice de refração, a luz manterá a mesma direção de propagação. Afirmativa correta.

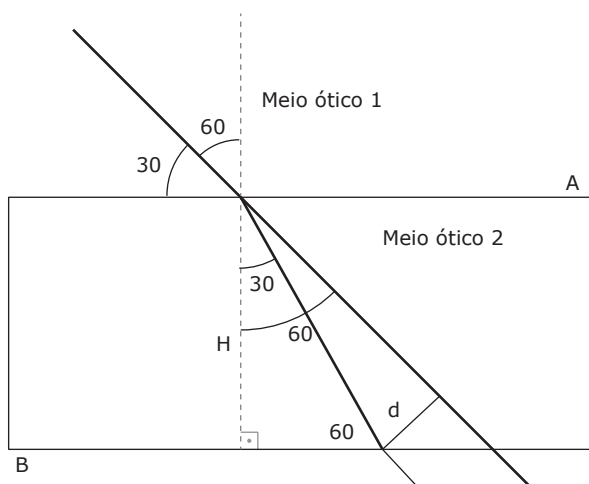
Soma = 1 + 8 + 16 = 25

Questão 10 – Letra A

Comentário: No momento em que a luz penetra na gota de chuva, ocorre uma refração, então, quando o raio chega à borda da gota, ela incide com um ângulo suficiente para ocorrer reflexão total, não havendo refração nesse momento. Por fim, quando o raio chega novamente à borda da gota, ele passa para a atmosfera sofrendo uma segunda refração. Assim, temos ao todo duas refrações e uma reflexão total.

Questão 11 – Letra A

Comentário: Observando o triângulo formado pelo ângulo de 30°, o ângulo de 90° e o de 60°, temos:



$$\cos 30^\circ = \frac{H}{L} \Rightarrow L = \frac{H}{\cos 30^\circ} = \frac{2H}{\sqrt{3}}$$

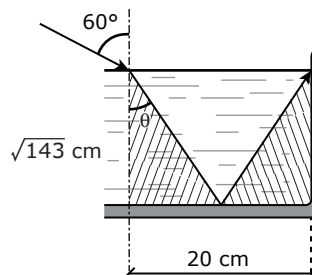
em que "L" é a distância percorrida pelo feixe de luz refratado na interface A e incidente na interface B. Vemos que o ângulo oposto ao lado de comprimento "d" (desvio lateral) vale 30°.

Analisamos agora o triângulo retângulo cuja base é o desvio lateral "d" e cuja hipotenusa é o segmento de tamanho "L", que acabamos de calcular:

$$\sin 30^\circ = \frac{d}{L} \Rightarrow d = L \cdot \sin 30^\circ = \frac{2H}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{2} = \frac{H}{\sqrt{3}}$$

Questão 12 – Letra A

Comentário: Veja a figura a seguir:



Uma vez que o raio de luz reflete no fundo do tanque, os triângulos destacados são congruentes. Assim, seus lados inferiores são iguais a $L = 10$ cm, a hipotenusa (H) do 1º triângulo será: $H^2 = 143 + 100 \Rightarrow H = 15,58$ cm, e o seno do ângulo de refração será: $\sin \theta = L/H = 10/15,58$.

Pela Lei de Snell, temos: $n_L \cdot \sin \theta = n_{AR} \cdot \sin 60^\circ \Rightarrow n_L / n_{AR} = \sin 60^\circ / \sin \theta \Rightarrow n_L / n_{AR} = 0,866 / (10 / 15,58) \Rightarrow n_L / n_{AR} = 1,35$.

Seção Enem

Questão 01 – Letra A

Eixo cognitivo: III

Competência de área: 5

Habilidade: 18

Comentário: Entre as três cores citadas, a ordem crescente de frequências e, conseqüentemente, decrescente de comprimentos de onda, é: vermelha, verde e azul.

Assim, na dispersão sofrida na passagem do feixe para o interior do prisma, as três cores estarão na seguinte seqüência, de baixo pra cima: azul, verde e vermelha. Isso porque as cores cuja frequência é maior terão um maior índice de refração ao passar pelo prisma, aproximando-se mais da normal.

Posteriormente, ao serem refletidas pelo espelho, os diferentes ângulos de incidência fazem com que tal seqüência se inverta, como mostrado na figura. Logo, a ordem com que incidem no filme, de baixo pra cima é: vermelha, verde e azul.

Questão 02 – Letra E

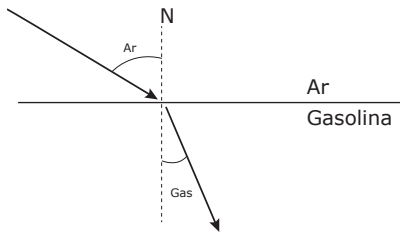
Eixo cognitivo: II

Competência de área: 1

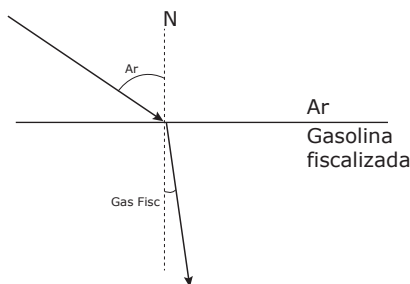
Habilidade: 1

Comentário: Utilizando a gasolina não adulterada, a razão entre os senos dos raios incidente e refratado é igual a 1,4.

Pela Lei de Snell, temos:



Portanto, a gasolina é mais refringente do que o ar, e o raio de luz perde velocidade e se aproxima da normal. Se, no caso da gasolina fiscalizada, o valor apresentado para a razão entre os senos foi de 1,9, significa que a gasolina fiscalizada é mais refringente do que a gasolina não adulterada, fazendo com que o raio refratado se aproxime mais da normal.



Questão 03 – Letra E

Eixo cognitivo: II

Competência de área: 1

Habilidade: 1

Comentário: Para que o indígena visualize o peixe, este deve ser iluminado por uma fonte de luz (provavelmente o Sol), a luz deve ser refletida pelo peixe e propagar-se em direção à superfície do lago. Ao atravessar a superfície água + ar, indo em direção ao ar, o feixe de luz sofre refração e aumenta sua velocidade, e a sua inclinação em relação à normal aumenta. Haverá, portanto, a formação de uma imagem virtual acima do peixe e, por essa razão, o índio deve mirar abaixo da imagem que ele enxerga.

Questão 04 – Letra D

Eixo cognitivo: II

Competência de área: 1

Habilidade: 1

Comentário: Na refração convencional, o feixe de luz, para uma incidência oblíqua, atravessa a reta normal, ou seja, os raios incidentes encontram-se de um lado da reta normal, e os raios refratados encontram-se do outro lado desta. No entanto, na refração da luz em um metamaterial, os raios incidentes e os raios refletidos encontram-se do mesmo lado da reta normal. Observe a Lei de Snell: $n_{Ar} \cdot \sin \theta_{Ar} = n_{meio} \cdot \sin \theta_{meio}$. Se n_{Ar} e $\sin \theta_{Ar}$ são positivos e n_{meio} é negativo, o $\sin \theta_{meio}$ deverá ser negativo. Dessa forma, a luz deve refratar, ficando do mesmo lado da reta normal que a luz incidente.

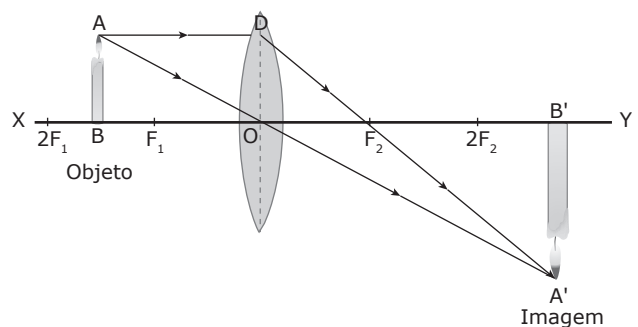
MÓDULO – B 12

Lentes Esféricas

Exercícios de Aprendizagem

Questão 01 – Letra B

Comentário: A imagem formada pelo projetor sobre a tela de cinema é real e maior do que o objeto. Apenas lentes convergentes (bicôncavas ou plano-côncavas, por exemplo) conseguem formar esse tipo de imagem. No caso deste problema, a película está colocada entre o foco (localizado a uma distância "f" da lente) e o ponto antiprincipal (localizado a uma distância "2f" da lente) de uma lente convergente, como mostrado na figura a seguir:



Questão 02 – Letra C

Comentário: O copo, na região onde o objeto foi colocado (seta à esquerda), tem o formato de um cilindro. Assim, o copo funciona como lente convergente na direção horizontal, mas não na vertical. Dessa forma, a imagem vertical não sofrerá inversão. O termo "atrás do foco da lente", citado na alternativa C significa $D_o > f$. Se o objeto estiver a uma distância maior que a distância focal da lente convergente, esta formará uma imagem invertida horizontalmente.

Questão 03 – Letra B

Comentário: Cada propriedade da imagem formada por uma lente depende de algumas propriedades da lente, tais como: a ampliação depende do índice de refração da lente e do raio de curvatura, a distância da imagem também depende do índice de refração e do raio, mas também depende da distância do objeto, a nitidez depende do quanto a lente é delgada e da forma da curvatura (esférica, parabólica, etc.), a luminosidade depende da distância focal e do tamanho da lente. Como, no caso, a única diferença entre as lentes é o diâmetro, o tamanho das imagens serão os mesmos, porém, as luminosidades serão diferentes, sendo a que lente de maior diâmetro produzirá imagens de maior luminosidade como podemos ver na alternativa B.

Questão 04 – Letra D

Comentário: Na hipermetropia, o ponto próximo (menor distância para a qual o olho consegue formar uma imagem corretamente na retina) localiza-se a uma distância superior a 25 cm (ponto próximo de um olho normal). Dessa forma, a imagem se forma em um ponto atrás da retina. Deve-se usar lentes convergentes para a correção desse defeito.

Como a vergência (ou "grau") é definida como o inverso da distância focal, podemos calcular está:

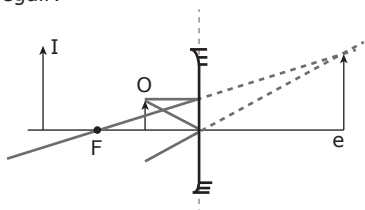
$$V = \frac{1}{f} \Rightarrow f = \frac{1}{V} = \frac{1}{2} = 0,5\text{m} = 50\text{cm}$$

Questão 05 – Letra C

Comentário: O enunciado afirma que a lente utilizada no olho mágico é do mesmo tipo daquela usada em óculos para correção de miopia; portanto, a lente do olho mágico é divergente. Lentes divergentes formam sempre imagens virtuais, direitas e menores do que o objeto.

Questão 06 – Letra C

Comentário: A imagem é virtual e ampliada, esse tipo de imagem pode ser formada por dois instrumentos ópticos, um espelho côncavo e uma lente convergente (lentes divergentes e espelhos convexos sempre forma imagens menores). Contudo, se a imagem fosse proveniente de um espelho côncavo, ela estaria "atrás" do espelho, como pode ser visto na figura a seguir:



Dessa forma concluímos que quem produziu a imagem mostrada só pode ser uma lente convergente.

Questão 07 – Letra C

Comentário: Como a imagem é real, o objeto localiza-se para além do foco. Como objeto e imagem tem mesmo tamanho, estes são equidistantes da lente. Pela equação de Gauss, denotando a distância lente-objeto por d :

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{d} \Rightarrow d = 2f$$

Logo, o objeto encontra-se sobre o ponto antiprincipal.

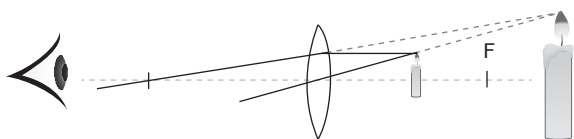
Questão 08 – Letra A

Comentário: Primeiramente observa-se que a lente reproduzida, por sua geometria e por estar imersa no ar, é convergente. Sob as condições de Gauss, por conseguinte, raios que chegam paralelos ao seu eixo óptico são refratados em direção ao foco. A trajetória do raio I ilustra tal propriedade.

Exercícios Propostos

Questão 01 – Letra E

Comentário: Traçando-se os raios notáveis que partem da ponta superior da chama da vela, obtém-se



Conforme é visto na figura, a imagem formada é virtual, direita e maior que o objeto, como está descrito na alternativa E.

Questão 02 – Letra B

Comentário:

- A) Incorreta. O copo funciona como uma lente convergente e não divergente. A água tem índice de refração igual a 1,33 e o ar tem índice de refração igual a 1, ou seja, a água é um meio mais refringente que o ar.
- B) Correta. O copo funciona como uma lente convergente. A luz externa incide sobre o ovo, e na sequência os raios de luz refletidos do ovo passam de um meio mais refringente (água) para um meio menos refringente (ar). Os raios de luz incidem na superfície de separação (o copo de vidro) dos meios com um certo ângulo em relação à normal. Essa luz refletida converge para os olhos do observado. A imagem do ovo, que é ampliada, é formada pelo prolongamento dos raios de luz dentro do próprio copo. Além disso, a água tem índice de refração igual a 1,33 e o ar tem índice de refração igual a 1, ou seja, a água é um meio mais refringente que o ar.
- C) Incorreta. O copo funciona como uma lente convergente e não divergente. No caso específico, a imagem formada é virtual, direita e ampliada. Se o copo fosse uma lente divergente, a imagem seria sempre virtual, menor e direita, isso considerando o ovo dentro do copo.
- D) Incorreta. O copo funciona como uma lente convergente e, neste caso, para o ovo (objeto real), a lente fornece ao observador a formação de uma imagem virtual, direita e ampliada e não real, direita e ampliada.
- E) Incorreta. O copo funciona como uma lente convergente e, neste caso, para o ovo (objeto real), a lente fornece ao observador a formação de uma imagem virtual, direita e ampliada e não virtual, invertida e ampliada.

Questão 03 – Letra A

Comentário: Pela equação da ampliação, conseguiremos encontrar a distância em que a imagem será formada:

$$A = \frac{H_i}{H_o} = \frac{|D_i|}{D_o} \Rightarrow 2,5 = \frac{|D_i|}{0,03} \Rightarrow |D_i| = 0,075$$

O módulo da distância é 0,075 m. Como essa imagem foi formada do mesmo lado que o objeto, percebemos que a distância terá o sinal negativo, ou seja, $D_i = -0,075$ m. Dessa forma, para encontrar a distância focal, basta utilizarmos a equação de Gauss:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{D_o} + \frac{1}{D_i} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{0,03} - \frac{1}{0,075} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{2,5 - 1}{0,075} \Rightarrow$$

$$f = \frac{0,075}{1,5} = 0,05\text{m} = 5\text{cm}$$

Questão 04 – Letra B

Comentário: Quando se aumenta a espessura de uma lente, mantendo-se o seu tamanho, obtemos uma curvatura mais acentuada. Dessa forma, a distância focal da lente vai diminuir. A imagem formada sobre a tela é real. Assim, $D_i > 0$. Vamos analisar a equação de Gauss nos dois procedimentos.

- I. Falsa. Para D_o constante, temos: $\frac{1}{f} = \frac{1}{D_o} + \frac{1}{D_i}$

\downarrow Constante positiva

Observe que D_i deve diminuir.

II. Verdadeira. $\frac{1}{f} = \frac{1}{D_o} + \frac{1}{D_i}$ ← Constante positiva

Veja que a distância do objeto à lente deve diminuir.

Questão 05 – Letra D

Comentário: O problema envolve aplicação direta da equação de Gauss para lentes. No caso, temos uma lente divergente (sempre forma imagens virtuais) cuja distância focal é $f = -40$ cm (conforme a condição de sinais da equação de Gauss, utilizamos o sinal negativo para a distância focal de lentes divergentes). Temos então:

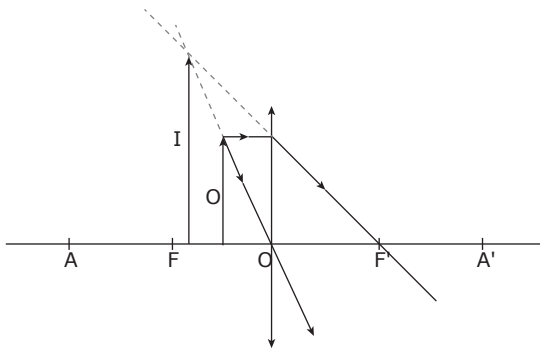
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{D_i} + \frac{1}{D_o} \Rightarrow \frac{1}{D_i} = \frac{1}{f} - \frac{1}{D_o} = \frac{1}{-40} - \frac{1}{40} = -\frac{1}{20} \Rightarrow D_i = -20 \text{ cm}$$

Na convenção de Gauss, imagens virtuais apresentam distâncias D_i negativas. Usando a relação de ampliação para espelhos e lentes:

$$\frac{H_i}{H_o} = \frac{|D_i|}{D_o} \Rightarrow H_i = \frac{|D_i|}{D_o} H_o = \frac{20}{40} \cdot 6 = 3 \text{ cm}$$

Questão 06 – Letra B

Comentário: Lupas são constituídas por lentes convergentes (distância focal positiva na equação de Gauss para lentes delgadas). A imagem formada é direita e maior do que o objeto. Essas são as características de uma imagem virtual formada por uma lente convergente, com o objeto localizado entre a lente e o seu ponto focal como na imagem a seguir:



Usando a relação da ampliação temos:

$$\frac{H_i}{H_o} = \frac{|D_i|}{D_o} \Rightarrow D_i = \frac{H_i}{H_o} D_o = \frac{3H_o}{H_o} \cdot 10 = 30 \text{ cm}$$

Por fim, aplicando a equação de Gauss, temos:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{D_i} + \frac{1}{D_o} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{-30} + \frac{1}{10} = \frac{2}{30} \Rightarrow f = 15 \text{ cm}$$

Questão 07 – V F F V

Comentário: Analisando cada afirmativa separadamente:

00. Se um objeto é colocado diante de um espelho côncavo, entre seu vértice e o foco, a imagem formada será virtual e direta, a uma distância do vértice do espelho dada pela equação de Gauss:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{D_i} + \frac{1}{D_o} \Rightarrow \frac{1}{D_i} = \frac{1}{f} - \frac{1}{D_o} = \frac{-1}{0,4} - \frac{1}{0,2} = \frac{-1}{0,4} \Rightarrow D_i = -0,4 \text{ cm}$$

O sinal negativa indica que a imagem é virtual. Afirmativa correta.

01. Imagens formadas por lentes divergentes são sempre virtuais e diretas. Afirmativa errada.
02. Se lados da placa de vidro são paralelos, o ângulo em que o raio sai da placa é o mesmo em que incidiu, pois o desvio sofrido na passagem do ar para o vidro é compensado pelo desvio na passagem do vidro para o ar. Afirmativa errada.
03. Para ocorrer reflexão total o raio de luz deve incidir na superfície de separação de dois meios e o ângulo de refração ultrapassar 90° . Para que o ângulo de refração seja maior que o de incidência o raio deve estar indo de um meio mais refringente para um menos refringente. Afirmativa correta.

Questão 08 – Letra E

Comentário: No caso de um objeto colocado diante de uma lente convergente a uma distância igual a duas vezes a distância focal (isto é, colocado sobre o ponto antiprincipal da lente), a imagem formada é real, invertida e de mesmo tamanho do objeto. Analisamos então cada uma das alternativas:

- A) Incorreta, pois a imagem formada é invertida.
- B) Incorreta, pois 20 cm é a distância do ponto antiprincipal até a lente, ou seja, $2f = 20$ cm, portanto $f = 10$ cm.
- C) Incorreta, pois a vergência da lente ($V = 1/f$) vale $+0,1$ cm.
- D) Incorreta, pois, como a lente é convergente, suas bordas são mais finas do que a parte central.
- E) Correta, pois aplicando a equação de Gauss:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{D_i} + \frac{1}{D_o} \Rightarrow \frac{1}{D_i} = \frac{1}{f} - \frac{1}{D_o} = \frac{1}{10} - \frac{1}{15} = \frac{1}{30} \Rightarrow D_i = 30 \text{ cm}$$

a razão entre as alturas do objeto e da imagem obedece à relação da ampliação:

$$\frac{H_i}{H_o} = \frac{|D_i|}{D_o} = \frac{30}{15} = 2 \Rightarrow \frac{H_o}{H_i} = \frac{1}{2}$$

Questão 09 – Letra B

Comentário: Perceba que a distância entre objeto e lente é de $d_o = 10$ cm. Como a imagem é aumentada três vezes e virtual, pela equação do aumento $d_i = -30$ cm. Aplicando a equação de Gauss:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{10} + \frac{1}{(-30)} = \frac{3-1}{30} = \frac{1}{15} \Rightarrow f = 15 \text{ cm}$$

Questão 10 – Letra A

Comentário: Aplicando a equação de Gauss às duas lentes (a segunda lente usa a imagem da primeira como objeto), encontramos a posição da imagem formada pelo conjunto:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{D_{11}} + \frac{1}{D_{o1}} \Rightarrow \frac{1}{D_{11}} = \frac{1}{f} - \frac{1}{D_{o1}} = \frac{1}{8} - \frac{1}{16} = \frac{1}{16} \Rightarrow D_{11} = 16 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{D_{12}} + \frac{1}{D_{o2}} \Rightarrow \frac{1}{D_{12}} = \frac{1}{f} - \frac{1}{D_{o2}} = \frac{1}{8} - \frac{1}{28-16} = \frac{1}{24} \Rightarrow D_{12} = 24 \text{ cm}$$

Como chegamos a um valor positivo, sabemos que a imagem é real; como sofreu duas inversões, a imagem final é direta. E, usando a equação da ampliação, podemos encontrar o seu tamanho:

$$\frac{H_{i1}}{H_{o1}} = \frac{|D_{i1}|}{D_{o1}} \Rightarrow H_{i1} = \frac{|D_{i1}|}{D_{o1}} H_{o1} = \frac{16}{16} H_{o1} = H_{o1}$$

$$\frac{H_{i2}}{H_{o2}} = \frac{|D_{i2}|}{D_{o2}} \Rightarrow H_{i2} = \frac{|D_{i2}|}{D_{o2}} H_{o2} = \frac{24}{28-16} H_{o2} = 2H_{o2}$$

Assim, a imagem final tem o dobro do tamanho do objeto.

Questão 11 – Letra E

Comentário: A microlente em questão pode ser considerada como sendo plano-convexa, que é uma lente convergente para $n_L > n_{meio}$. Nesse caso, a distância focal (f) é diretamente proporcional ao raio (R) [$1/f = (n - 1)(1/R)$]. Observe que a microlente está se tornando cada vez mais curva com o tempo de aquecimento e, assim, o raio de curvatura (R) diminui com o tempo. Dessa forma, a distância focal (f) diminui.

Questão 12 – Letra E

Comentário: Temos um problema que envolve a justaposição de duas lentes convergentes. Devemos, primeiramente, calcular a posição da imagem formada pela lente 1:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{D_1} + \frac{1}{D_o} \Rightarrow \frac{1}{D_{i1}} = \frac{1}{f} - \frac{1}{D_{o1}} = \frac{1}{20} - \frac{1}{30} = \frac{1}{60} \Rightarrow D_{i1} = 60 \text{ cm}$$

A imagem formada pela lente 1 localiza-se a 20 cm à direita da lente 2, isto é, sobre o foco da lente 2. Essa imagem serve de objeto para a lente 2. Aplicando novamente a equação de Gauss:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{D_1} + \frac{1}{D_o} \Rightarrow \frac{1}{D_{i2}} = \frac{1}{f} - \frac{1}{D_{o2}} = \frac{1}{20} - \frac{1}{20} = \frac{1}{10} \Rightarrow D_{i2} = 10 \text{ cm}$$

A imagem final formada é real e localiza-se a 10 cm à direita da lente 2 (isto é, a meia distância entre a lente 2 e seu foco). Portanto, a imagem final localiza-se a 80 cm (30 + 40 + 10 cm) do projetor.

Seção Enem

Questão 01 – Letra D

Eixo cognitivo: III

Competência de área: 6

Habilidade: 22

Comentário: A imagem formada é virtual, direta e maior que o objeto. Para que isso ocorra, a gota deve funcionar como uma lente convergente (única lente que forma imagens ampliadas) com o objeto colocado entre a lente e seu plano focal (para que a imagem seja virtual).

Questão 02 – Letra B

Eixo cognitivo: III

Competência de área: 6

Habilidade: 22

Comentário: Primeiro, observe que as duas lentes são convergentes. É fácil perceber que a lente 1 é convergente.

Os raios de luz emitidos pela fonte convergem para o ponto C, onde se localiza a imagem formada pela lente 1. Veja que as distâncias do objeto e sua imagem são iguais e, para isso, $x = 2f_1$. Assim, $f_1 = x/2$. Uma boa forma de se perceber que a lente 2 é, de fato, convergente é usar a reversibilidade da luz. Pense na luz indo da direita para a esquerda. Ela atravessa a lente 2 e converge para o seu foco, ou seja, a distância focal da lente 2 é $f_2 = x$ (claro que isso acontece com a luz advinda da esquerda: ela chega à lente 2 no seu foco e sai paralela ao eixo principal). Como $f_1 < f_2$, a lente 1 tem a curvatura das faces mais acentuadas que a lente 2, ou seja, a lente 1 é mais convergente que a lente 2.

MÓDULO – C 10

Geradores, Receptores e Associações

Exercícios de Aprendizagem

Questão 01 – Letra E

Comentário: Esse exercício aborda o funcionamento de uma pilha e faz algumas afirmações em relação ao seu uso. Vamos analisar cada uma das afirmações separadamente.

- A) A corrente de curto-circuito (I_{cc}) ocorre quando os polos da pilha são ligados um ao outro por meio de um fio de resistência desprezível, de forma que a única resistência é a resistência interna da bateria (r). Assim, na expressão $I = \varepsilon / (R + r)$, para calcular I_{cc} , devemos fazer $R = 0$. Fazendo isso, obtemos $I_{cc} = 6,0 / 0,20 = 30 \text{ A}$, e não $1,2 \text{ A}$, como citado.
- B) Quando o circuito está aberto, a tensão entre os terminais da pilha é a própria f.e.m. da pilha (ε). Assim, nesse caso, temos $U = \varepsilon = 6,0 \text{ V}$, e não $2,0 \text{ V}$, como citado.
- C) A tensão entre os terminais da pilha pode ser calculada por $U = \varepsilon - rI$. Fazendo $I = 10 \text{ A}$, obtemos $U = 6,0 - 0,20 \cdot 10 = 4,0 \text{ V}$, e não $2,0 \text{ V}$, como citado.
- D) Fazendo $I = 25 \text{ A}$, obtemos $U = 6,0 - 0,20 \cdot 25 = 1,0 \text{ V}$, e não $5,0 \text{ V}$, como citado.
- E) Como explicado anteriormente, as afirmativas apresentadas nas outras alternativas são incorretas.

Questão 02 – Letra B

Comentário: A relação entre a diferença de tensão e a corrente em um gerador é da forma:

$$U(I) = \varepsilon - rI$$

Comparando essa relação com a função afim, percebe-se que a resistência interna r é o coeficiente angular da reta, dessa forma:

$$r = \frac{\Delta U}{\Delta I}$$

Substituindo por valores coletados do gráfico:

$$r = \frac{24 - 0}{8 - 0} \Rightarrow$$

$$r = 3 \Omega$$

Questão 03 – Letra C

Comentário: Como todas as pilhas são idênticas, quando estão em paralelo a tensão da associação é igual à tensão individual das pilhas, no caso 1,5 V. Já, quando estão em série, a tensão da associação é igual ao número de pilhas multiplicado por pela tensão individual ($V_{\text{total}} = n \cdot V_{\text{individual}} = n \cdot 1,5 \text{ V}$).

O problema fala que a tensão total é de 3,0 V. Logo, devemos ter uma associação em série de duas associações em paralelo (cada uma com qualquer número de pilhas).

A única alternativa que contempla esses requisitos é a C.

Questão 04 – Letra C

Comentário: O primeiro gráfico corresponde a um receptor, já que o receptor possui sua própria f.e.m (ε') e só funciona como receptor se a f.e.m do gerador do circuito (ε) for maior do que a sua, ou seja, $\varepsilon > \varepsilon'$. Além disso, quanto pela fórmula do potencial entre os terminais de um receptor em função da sua resistência (r') e a corrente que o percorre (I), $V = \varepsilon' + r'I$, é possível perceber que se trata de uma reta deslocada para cima do eixo x na origem.

O segundo gráfico se trata de um gerador já que a tensão disponível pela sua f.e.m. é dividida pelas resistências interna do gerador e equivalente do circuito, e quanto maior for a corrente passando pela resistência interna do gerador maior vai ser a queda de potencial dentro do gerador, diminuindo a tensão disponibilizada para a resistência equivalente externa. É possível perceber que se trata de uma reta descendente através da fórmula que relaciona potencial da resistência equivalente externa (V), f.e.m do gerador (ε), resistência interna do gerador (r) e corrente do circuito (I), $V = \varepsilon - rI$.

O terceiro gráfico se trata de um resistor num intervalo de comportamento ôhmico, pois sua tensão, que é nula na origem, cresce com o aumento da corrente, já que o resistor ôhmico neste intervalo é um elemento que limita a corrente de um circuito qualquer que seja a tensão disponibilizada a ele.

Questão 05 – Letra B

Comentário: A diferença de potencial (d.d.p) entre dois pontos quaisquer de um circuito é igual à soma algébrica das d.d.p ao longo de um caminho que interliga esses dois pontos. Com a chave aberta, o trecho inferior do circuito pode ser desconsiderado. Desta forma calculamos $V_A - V_B$ pelo ramo superior do mesmo, ou seja, passando pelo gerador de 20 V e pelo resistor de 3 Ω . Temos então:

$$V_A - V_B = 20 - 3i$$

Como não há corrente no circuito quando a chave K está aberta ($i = 0$), não há d.d.p aplicada aos terminais do resistor de 3 Ω . Portanto,

$$V_A - V_B = 20 \text{ V}$$

Questão 06 – Letra D

Comentário: A diferença de potencial (d.d.p) entre dois pontos quaisquer de um circuito é igual à soma algébrica das d.d.p ao longo de um caminho que interliga esses dois pontos. Devemos, portanto, primeiramente calcular a corrente elétrica "i" que flui pelo circuito para, em seguida, avaliar $V_A - V_B$. Para calcularmos i, usamos a equação do circuito série (repare que a corrente fluirá no sentido estabelecido pelo gerador com maior valor de força eletromotriz, no caso, 20 V; o gerador de 15 V irá atuar, nesse caso, como um receptor):

$$i = \frac{\varepsilon - \varepsilon'}{r_{\text{eq}}} = \frac{20 - 15}{5} = 1,0 \text{ A}$$

A corrente flui nesse circuito no sentido anti-horário. Para avaliarmos $V_A - V_B$, pelo ramo superior:

$$V_A - V_B = 20 - 3 \cdot 1,0 = 17 \text{ V}$$

Observe que, se fizermos um raciocínio análogo, porém passando pelo ramo inferior do circuito, temos:

$$V_A - V_B = 15 + 2 \cdot 1,0 = 17 \text{ V}$$

Como deve ser, encontramos o mesmo valor (lembrando que, ao atravessarmos um resistor elétrico no sentido contrário ao da corrente convencional, temos um aumento no valor do potencial elétrico; ao atravessarmos um resistor no sentido da corrente convencional, temos uma diminuição do potencial elétrico).

Questão 07 – Letra D

Comentário: A tensão efetiva que alimenta o motor é dada pela diferença entre a tensão do gerador e da queda de tensão na resistência interna, assim é dada por:

$$V = \varepsilon - rI = 440 - 25 \cdot 0,4 = 430 \text{ V}$$

Questão 08 – Letra C

Comentário: A equação que fornece a queda de tensão V_{AB} nos terminais A e B de um gerador elétrico (uma bateria automotiva, por exemplo) em função da corrente elétrica I é:

$$V_{AB} = \varepsilon - rI$$

ε e r são a f.e.m. e a resistência interna do gerador (constantes).

O gráfico de V_{AB} versus I, portanto, é uma reta decrescente, como o gráfico apresentado nesta questão. Nesse gráfico, a ordenada de 12 V do ponto onde a reta corta o eixo da tensão ($V_{AB} = 12$ e $I = 0$) representa a f.e.m. ε do gerador. A inclinação do gráfico é o coeficiente angular da reta, isto é, a resistência interna:

$$r = (12 - 4)/16 = 0,5 \Omega$$

Exercícios Propostos**Questão 01 – Letra C**

Comentário: Nem toda a potência produzida pelo gerador (εI , em que ε é a f.e.m. do gerador, e I é a corrente elétrica gerada) é recebida pelo circuito externo, porque uma parte (rI^2) é dissipada pela resistência interna r do gerador. Assim, a potência útil recebida pelo circuito externo é dada por $P_u = \varepsilon I - rI^2$. A substituição nessa equação de pares (P_u, I), obtidos do gráfico do exercício, nos permite construir o seguinte sistema:

$$25 = \varepsilon \cdot 5,0 - r \cdot 5,0^2 \text{ e } 0 = \varepsilon \cdot 10 - r \cdot 10^2$$

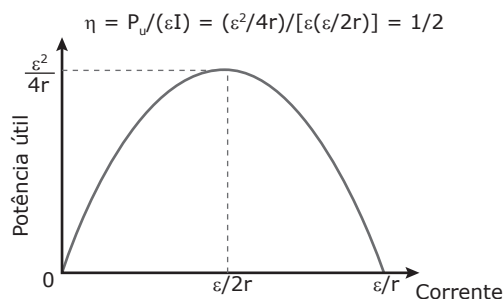
Resolvendo o sistema, obtemos $\varepsilon = 10 \text{ V}$ e $r = 1,0 \Omega$.

Assim, a alternativa correta é a C.

As raízes da equação $P_u = \varepsilon I - rI^2$ são 0 e ε/r . A raiz nula é a corrente elétrica com a resistência externa infinita (ou o circuito desligado). A outra raiz é a corrente elétrica de curto-circuito (polos interligados diretamente).

A figura a seguir mostra P_u em função de I, com destaque para as raízes. Por simetria, vemos que a potência máxima ocorre para a corrente $\varepsilon/2r$. Substituindo essa expressão na equação da potência útil, obtemos que a potência útil máxima é $\varepsilon^2/4r$. O denominador da abscissa do vértice da parábola ($2r$) é a resistência equivalente do circuito.

Como as resistências r e R estão associadas em série, concluímos que $R = r$, e essa é a condição de potência útil máxima. Nesse caso, apesar de a potência ser máxima, o rendimento do gerador é de apenas 50%, dado por:



Questão 02 – V F V V V

Comentário:

00. Verdadeira. Os dois geradores estão ligados de forma a gerar, ambos, correntes elétricas no sentido anti-horário. As duas resistências de 1Ω são as resistências internas dos geradores e a resistência de 10Ω é a resistência externa do circuito. Assim, a corrente no circuito, lida pelo amperímetro A , é igual a:

$$I = \frac{\sum \varepsilon}{R_{\text{ext}} + \sum r} = \frac{12 + 12}{10 + (1 + 1)} = 2 \text{ A}$$

01. Falsa. A tensão na resistência externa, lida pelo voltímetro V , é igual a:

$$V = R_{\text{ext}} \cdot I = 10 \cdot 2 = 24 \text{ V}$$

02. Verdadeira. A resistência total do circuito é a soma de todas as resistências, pois todas acham-se ligadas em série:

$$R_{\text{total}} = 10 + 1 + 1 = 12 \Omega$$

03. Verdadeira. A potência dissipada na resistência externa é igual a:

$$P_{\text{ext}} = R_{\text{ext}} \cdot I^2 = 10 \cdot 2^2 = 40 \text{ W}$$

04. Verdadeira. O rendimento do gerador é a razão entre a potência nos terminais do gerador e a potência fornecida pelo gerador:

$\eta = P_{\text{CB}}/P_{\text{G}}$. A 1ª potência é $P_{\text{CB}} = V_{\text{CB}} \cdot I$, sendo $V_{\text{CB}} = \varepsilon - r \cdot I$, e a 2ª é $P_{\text{G}} = \varepsilon \cdot I$. Assim:

$$V_{\text{CB}} = \varepsilon - r \cdot I = 12 - 1 \cdot 2 = 10 \text{ V e}$$

$$P_{\text{CB}} = V_{\text{CB}} \cdot I = 10 \cdot 2 = 20 \text{ W}$$

$$P_{\text{G}} = \varepsilon \cdot I = 12 \cdot 2 = 24 \text{ W}$$

$$\text{Por fim, } \eta = P_{\text{CB}}/P_{\text{G}} = 20/24 = 0,8333 \text{ (83,33\%)}$$

Questão 03 – Letra D

Comentário: O circuito é formado por três pilhas associadas em série ($\varepsilon = 1,5 \text{ V}$ cada), uma resistência R de $1,0 \Omega$ e um motor cuja força contraeletromotriz vale $\varepsilon' = 4,0 \text{ V}$. Inicialmente, devemos calcular a corrente "i" que flui pelo circuito:

$$i = \frac{V}{R} = \frac{3\varepsilon - \varepsilon'}{R} = \frac{3 \cdot 1,5 - 4}{1,0} = 0,5 \text{ A}$$

A potência desenvolvida pelo motor vale: $P_{\text{motor}} = \varepsilon' i = 4,0 \cdot 0,5 = 2 \text{ W}$.

Questão 04 – Letra E

Comentário: Analisando cada afirmativa separadamente:

I. Falsa. A força eletromotriz de maior valor no circuito é dada por $\varepsilon_2 = 24 \text{ V}$. A corrente circula, portanto, no sentido anti-horário, de maneira que ε_1 atua como um receptor.

II. Verdadeira. Como a corrente circula no sentido horário, as cargas positivas da corrente "i" convencional "atravessam" ε_1 passando do ponto de maior potencial (polo positivo) para o ponto de menor potencial elétrico (polo negativo). As cargas, portanto, perdem energia potencial elétrica ao atravessarem ε_1 , o qual atua, portanto, como um receptor.

III. Verdadeira. Os resistores de 6Ω e 3Ω estão em paralelo; a resistência equivalente (R_{eq}) 3,6 desses dois vale:

$$R_{\text{eq//}} = \frac{6 \cdot 3}{6 + 3} = 2 \Omega$$

Essa resistência equivalente está em série com as demais, portanto:

$$R_{\text{eq}} = r_1 + r_2 + 4 + R_{\text{eq//}} = 1,0 + 2,0 + 4 + 2 = 9 \Omega$$

A corrente total vale então:

$$i = \frac{V}{R_{\text{eq}}} = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{R_{\text{eq}}} = \frac{24 - 6}{9} = 2 \text{ A}$$

IV. Falsa. A diferença de potencial (d.d.p) entre os pontos A e B é igual à d.d.p aplicada aos resistores de 3Ω e 6Ω , que estão em paralelo e cuja resistência equivalente vale 2Ω . Então, pela lei de Ohm:

$$V_{\text{AB}} = R_{\text{eq}} i = 2 \cdot 2 = 4 \text{ V}.$$

Questão 05 – Letra E

Comentário: Iniciamos o problema calculando a corrente elétrica total i . Para isso, devemos obter a resistência equivalente:

$$\text{Resistores de } 4 \text{ e } 6 \Omega: R_{\text{eq//}} = \frac{4 \cdot 6}{4 + 6} = 2,4 \Omega$$

Resistência total do circuito: $R_{\text{eq}} = 0,1 + 4,6 = 2,5 \Omega$

$$\text{Corrente total } i: i = \frac{\varepsilon}{R_{\text{eq}}} = \frac{2,5}{2,5} = 1,0 \text{ A}$$

Em seguida, devemos obter o valor da diferença de potencial (d.d.p) aplicada aos terminais do resistor de $6,0 \Omega$. A d.d.p entre os pontos A e B (V_{BA}) é igual à d.d.p aplicada aos terminais do resistor de $6,0 \Omega$. Temos que V_{BA} é igual à soma das d.d.p no ramo AB do circuito:

$$V_{\text{BA}} = \varepsilon - i \cdot 0,1 = 2,5 - 1,0 \cdot 0,1 = 2,4 \text{ V}.$$

Então, a potência dissipada pelo resistor de $6,0 \Omega$ vale:

$$P_6 = \frac{V_{\text{BA}}^2}{r_6} = \frac{2,4^2}{6} = 0,96 \text{ W}$$

Questão 06 – Letra B

Comentário: Na montagem mostrada na figura 1, o voltímetro foi ligado em série com a lâmpada e com o amperímetro. Como a resistência interna do voltímetro é infinita (voltímetro ideal), a corrente tenderá a zero, de forma que a lâmpada não irá se acender. Na montagem mostrada na figura 3, o voltímetro foi ligado em série com a lâmpada, de forma que a corrente da lâmpada será zero. Na montagem da figura 1, agora o amperímetro, cuja resistência é zero, está ligado diretamente nos terminais da pilha. Assim, a corrente no amperímetro tenderá para o infinito, queimando o aparelho.

A montagem mostrada na figura 2 está correta, pois o voltímetro se acha ligado em paralelo entre os terminais da pilha, enquanto o amperímetro se acha ligado em série com a lâmpada. O voltímetro está medindo a d.d.p. entre os terminais da pilha, que também é igual à tensão na lâmpada. O amperímetro está medindo a corrente gerada pela pilha e que está passando pelo amperímetro e pela lâmpada. O desvio de corrente da pilha para o voltímetro é quase zero, pois o voltímetro ideal tem resistência tendendo para infinito. Para a lâmpada funcionando em suas condições nominais, a corrente vale:

$$P = V.I \Rightarrow 1,0 = 9,0.I \Rightarrow I = (1,0/9,0) \text{ A}$$

Então, a f.e.m. ε da pilha deverá ser igual a:

$$V = \varepsilon - r.I \quad 9,0 = \varepsilon - 4,5.(1,0/9,0) \Rightarrow \varepsilon = 9,5 \text{ V}$$

Questão 07 – Letra D

Comentário: Temos um circuito com uma fonte de força eletromotriz ($\varepsilon = 120 \text{ V}$), um receptor cuja força contraeletromotriz vale $\varepsilon' = 100 \text{ V}$ e uma resistência elétrica " r ". A corrente elétrica que flui pela enceradeira vale:

$$P = Vi = (\varepsilon - \varepsilon')i \Rightarrow i = \frac{P}{(\varepsilon - \varepsilon')} = \frac{40}{120 - 100} = 2 \text{ A}$$

Assim podemos encontrar a resistência:

$$P = Vi = ri^2 \Rightarrow r = \frac{P}{i^2} = \frac{40}{2^2} = 10 \Omega$$

Questão 08 – Letra D

Comentário: A força contraeletromotriz de um receptor corresponde à diferença entre a tensão em que está ligado e a força eletromotriz e a tensão necessária para gerar a corrente que passa nele.

Para encontrar a corrente usamos a potência indicada:

$$P = Vi \Rightarrow V = \frac{P}{i} = \frac{30}{6} = 5 \text{ A}$$

Assim:

$$V - \varepsilon' = Ri \Rightarrow \varepsilon' = V - Ri = 6 - 1,0.5 = 1,0 \text{ V}$$

Questão 09 – Letra D

Comentário:

A) A corrente elétrica de curto-circuito ocorre quando os terminais do gerador são ligados diretamente por um cabo condutor. Nesse caso, a resistência externa é nula e a corrente é dada por:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{\text{ext}} + r} = \frac{40,0}{0 + 5,0} = 8,0 \text{ A}$$

B) Um voltímetro ideal ligado entre os terminais do gerador irá registrar a força eletromotriz $\varepsilon = 40,0 \text{ V}$ do gerador.

C) A diferença de potencial entre os terminais A e B do gerador para uma corrente $I = 2,0 \text{ A}$ é:

$$U = \varepsilon - r.I = 40,0 - 5,0.2,0 = 30,0 \text{ V}$$

D) A corrente do gerador para uma tensão entre os terminais $U = 12,0 \text{ V}$ é:

$$U = \varepsilon - r.I \Rightarrow$$

$$12,0 = 40,0 - 5,0.I \Rightarrow$$

$$I = 5,6 \text{ A}$$

E) A d.d.p. entre os terminais A e B do gerador para uma corrente $I = 3,0 \text{ A}$ é:

$$U = \varepsilon - r.I = 40,0 - 5,0.3,0 = 25,0 \text{ V}$$

Portanto, a potência consumida na parte externa do circuito é:

$$P_{\text{ext}} = U.I = 25,0.3,0 = 75 \text{ W}$$

Como a potência fornecida pelo gerador é $P = \varepsilon I = 40,0.3,0 = 120 \text{ W}$, o rendimento do gerador é:

$$\eta = \frac{P_{\text{ext}}}{P} = \frac{75}{120} = 0,625 (62,5\%)$$

Questão 10 – Letra C

Comentário: Podemos obter os valores da força contraeletromotriz e de r a partir dos dados do gráfico:

Para $i = 2,0 \text{ A}$, $V = 22 \text{ V}$

Para $i = 5,0 \text{ A}$, $V = 25 \text{ V}$

Logo:

$$V = \varepsilon' + ri \Rightarrow r = \frac{V - \varepsilon'}{i} = \frac{22 - \varepsilon'}{2}$$

$$V = \varepsilon' + ri \Rightarrow 25 = \varepsilon' + \frac{22 - \varepsilon'}{2} \cdot 5 \Rightarrow \varepsilon' = 20 \text{ V}$$

$$V = \varepsilon' + ri \Rightarrow r = \frac{V - \varepsilon'}{i} = \frac{22 - 20}{2} = 1,0 \Omega$$

Questão 11

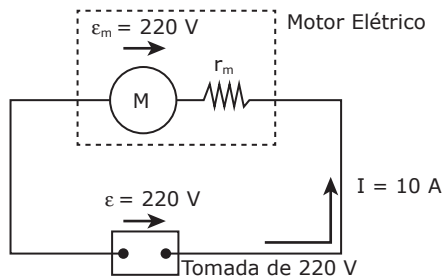
Comentário:

A) Quando um voltímetro é conectado aos terminais de uma pilha, ou de uma bateria, a corrente elétrica gerada atravessa a resistência interna do voltímetro. Como essa resistência é muito grande, a corrente no voltímetro (e na pilha) é ínfima, de forma que a queda de tensão na resistência interna da pilha é desprezível. Matematicamente, temos que a tensão V_{AB} entre os terminais da pilha é praticamente igual à própria f.e.m. ε da pilha, já que $V_{AB} = \varepsilon - r.I$, e $r.I \approx 0$, pois $I \approx 0$. Assim, independentemente de a pilha ser nova (nesse caso, a sua resistência r é pequena) ou velha (r é maior), temos $V_{AB} \approx \varepsilon$.

B) A lâmpada utilizada por Nara possui baixa resistência elétrica; sendo assim, agora, a corrente em cada pilha é significativa. A resistência interna dessa pilha velha é grande, e, por isso, a queda de tensão $r.I$ na resistência interna da pilha é apreciável. O resultado é que a tensão disponível para alimentar a lâmpada (dada por $V_{AB} = \varepsilon - r.I$) é bem menor do que $\varepsilon = 9 \text{ volts}$. Por exemplo, podemos pensar em valores de r e I iguais a 2Ω e 3 A , de forma que $r.I$ seja igual a 6 V . Assim, teremos $\varepsilon = 9 - 6 = 3 \text{ V}$, que é uma tensão insuficiente para fazer a lâmpada brilhar com a intensidade esperada. Na pilha nova, apesar de a corrente ser grande, a resistência interna não é. Logo, a queda de tensão na resistência interna da pilha é pequena, e a tensão entre os terminais desta é próxima a 9 volts . Por exemplo, os valores de r e I podem ser iguais a $0,2 \Omega$ e 5 A , de forma que $r.I$ seja de 1 V . Assim, teremos $\varepsilon = 9 - 1 = 8 \text{ V}$. Essa tensão é suficiente para fazer a lâmpada brilhar com boa intensidade.

Questão 12 – Letra B

Comentário: A figura a seguir representa o circuito elétrico deste problema:



A potência fornecida pela tomada é $P = \varepsilon \cdot I = 220 \cdot 10 = 2\,200$ W. Como a potência útil do motor é $P_m = 2\,000$ W, concluímos que o rendimento do motor é $\eta = P_m/P = 2\,000/2\,200 = 0,909$ (90,9%). A resistência interna do motor consome os 200 W restantes da potência fornecida pela tomada. Portanto:

$$200 = r_m \cdot I^2 \Rightarrow 200 = r_m \cdot 10^2 \Rightarrow r_m = 2 \, \Omega$$

Finalmente, para obter a força contraeletromotiz ε_m do motor, podemos usar a potência útil do motor:

$$P_m = \varepsilon_m \cdot I \Rightarrow 2\,000 = \varepsilon_m \cdot 10 \Rightarrow \varepsilon_m = 200 \, \text{V}$$

Questão 13

Comentário:

A) O cálculo da corrente "i" no circuito é feito a partir da equação:

$$i = \frac{V}{R} = \frac{E - E'}{r_1 + r_2} = \frac{12 - 8}{2 + 4} = \frac{2}{3} \approx 0,67 \, \text{A}$$

B) A eficiência de um gerador é dada pela razão entre a potência útil fornecida ($P_U = \varepsilon i - ri^2$, isto é, potência fornecida pela fonte subtraída da potência dissipada por efeito Joule internamente) dividida pela potência total ($P_T = \varepsilon \cdot i$). Então:

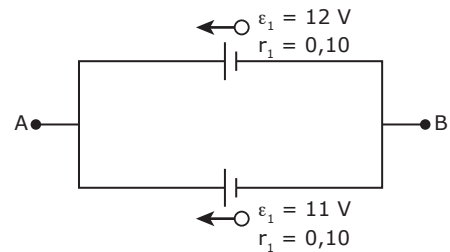
$$\eta_\varepsilon = \frac{\varepsilon i - ri^2}{\varepsilon i} = \frac{\varepsilon - ri}{\varepsilon} = \frac{12 - 2 \left(\frac{2}{3} \right)}{12} = \frac{8}{9} \approx 0,89$$

A eficiência do receptor é dada pela razão entre a potência útil ($P_U = \varepsilon' i$) e a potência total consumida pelo receptor ($P_T = \varepsilon' i + ri^2$, isto é, a soma da potência elétrica que é de fato convertida em trabalho útil e da potência que é desperdiçada internamente sob a forma de energia térmica), assim temos:

$$\eta_{\varepsilon'} = \frac{\varepsilon' i}{\varepsilon' i + ri^2} = \frac{\varepsilon'}{\varepsilon' - ri} = \frac{8}{8 + 4 \left(\frac{2}{3} \right)} = \frac{3}{4} = 0,75$$

Questão 14

Comentário: O esquema do circuito montado pelo estudante é o seguinte:



A) A 1ª bateria é um gerador e a 2ª um consumidor, pois $\varepsilon_1 > \varepsilon_2$. A resistência externa do circuito é zero, de modo que a resistência do circuito se deve apenas às resistências internas $r_1 = r_2 = 0,10 \, \Omega$ das baterias. Assim, a corrente elétrica no circuito é:

$$I = \frac{\sum \varepsilon}{R_{\text{ext}} + \sum r} = \frac{12 - 11}{0 + (0,10 + 0,10)} = 5,0 \, \text{A}$$

B) A diferença de potencial entre os pontos A e B é a diferença de potencial tanto entre os terminais da 1ª bateria. Como essa bateria é um gerador de eletricidade, a diferença de potencial entre seus terminais é dada por:

$$V_{AB} = \varepsilon_1 - r_1 \cdot I \Rightarrow V_{AB} = 12 - 0,10 \cdot 5,0 = 11,5 \, \text{V}$$

A diferença de potencial V_{AB} também pode ser calculada por meio da 2ª bateria, pois V_{AB} também é a diferença de potencial entre os terminais da 2ª bateria. Como essa bateria é um consumidor de eletricidade, a diferença de potencial entre os terminais dessa bateria é dada por:

$$V_{AB} = \varepsilon_2 + r_2 \cdot I \Rightarrow V_{AB} = 11 + 0,10 \cdot 5,0 = 11,5 \, \text{V}$$

Como esperado, esse é o mesmo valor encontrado na 1ª solução.

Seção Enem

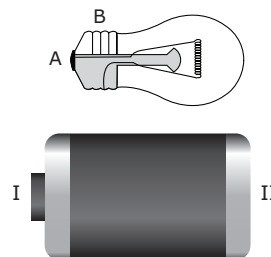
Questão 01 – Letra D

Eixo cognitivo: II

Competência de área: 2

Habilidade: 5

Comentário: Para que a lâmpada possa funcionar, deve haver uma d.d.p. entre seus terminais que, na lâmpada mostrada na figura a seguir, são: a rosca (B) e o centro da parte central do pé (A), conforme mostra a primeira figura a seguir:



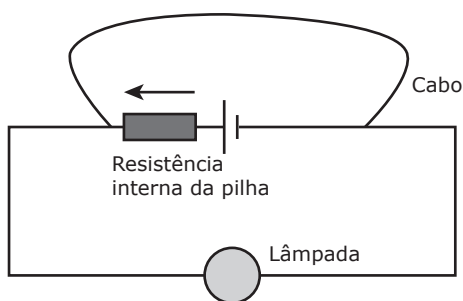
Logo, os terminais positivo (I) e negativo (II) da pilha, mostrados na figura anterior, devem ser conectados aos terminais A ou B da lâmpada. Os circuitos que mostram a conexão correta estão nas ligações 1, 3 e 7.

Questão 02 – Letra D**Eixo cognitivo:** II**Competência de área:** 2**Habilidade:** 5

Comentário: Quando os polos de sinais opostos das baterias são conectados, as suas forças eletromotrizes se somam. Como a resistência equivalente do circuito é muito pequena (imposta apenas pelas resistências internas das baterias), a corrente elétrica gerada pode atingir valores imensos. Por exemplo, para duas baterias com forças eletromotrizes iguais a $\varepsilon = 12\text{ V}$ e resistências internas iguais a $r = 0,5\ \Omega$ (valores típicos de baterias automotivas), a corrente gerada é $I = 2\varepsilon/2r = 2.12/2.0,5 = 24\text{ A}$. Essa corrente é tão alta que pode gerar um grande aumento de temperatura e de pressão interna na bateria, podendo causar a explosão das baterias, e, conseqüentemente, o espalhamento de ácido em todas as direções.

Questão 03 – Letra D**Eixo cognitivo:** II**Competência de área:** 6**Habilidade:** 21

Comentário: Quando as pontas do cabo tocam os polos da pilha, a lâmpada e o cabo ficam ligados em paralelo, ambos alimentados pela pilha. A figura a seguir ilustra esquematicamente o circuito elétrico. Como a resistência do cabo é desprezível, a resistência equivalente entre o cabo e a lâmpada é praticamente zero, e a resistência equivalente do circuito é a própria resistência interna da pilha. Essa resistência é muito menor do que a da lâmpada. Por isso, há um grande aumento no valor da corrente elétrica gerada pela pilha (antes, essa corrente era limitada pela resistência da lâmpada). Apesar do aumento da corrente, a lâmpada apaga, pois toda a corrente que sai da pilha é desviada para o cabo, devido ao fato de sua resistência ser praticamente zero.

**MÓDULO – C 11****Capacitores****Exercícios de Aprendizagem****Questão 01 – Soma = 22****Comentário:**

01. Falso. O campo elétrico E entre as placas de um capacitor depende da densidade superficial de carga ($\sigma = q/A$) e do dielétrico entre as placas, mas não da distância entre as

placas do capacitor. Para um capacitor isolado, a carga q é constante. Por isso, o campo elétrico entre as placas não se altera quando a distância entre as placas é alterada. Outra maneira de mostrar a constância de E é observando que C é inversamente proporcional à distância d entre as placas ($C \propto A/d$). Por exemplo, se d dobrar, C cai para a metade. A capacitância também é dada por $C = q/V$ (razão entre a carga e a d.d.p. V entre as placas). Como q é constante, C é inversamente proporcional a V . Quando C cai para a metade, V dobra de valor. Como o campo entre as placas também é dado por $E = V/d$, é fácil ver que, dobrando a distância d , a d.d.p. V também dobra. Portanto, E permanece constante.

02. Verdadeiro. Conforme explicado em 01, quando a carga de um capacitor é aumentada, a densidade superficial de carga aumenta. Conseqüentemente, o campo elétrico entre as placas também aumenta. Para certo valor do campo, a rigidez do dielétrico do meio entre as placas pode ser rompida, causando a descarga do capacitor.
04. Verdadeiro. Conforme explicado em 01, quando a distância entre as armaduras de um capacitor isolado (carga q constante) é aumentada, a d.d.p. V entre as placas também aumenta. Portanto, a energia potencial elétrica, que é dada por $E_{pe} = V.q/2$, também aumenta. O aumento dessa energia provém do trabalho realizado para separar as placas.
08. Falso. Capacitores ligados em série armazenam cargas de intensidades iguais. Como q é constante, a diferença de potencial elétrico (tensão elétrica) de cada capacitor ($V = q/C$) é inversamente proporcional à capacitância. Por exemplo, se certo capacitor da associação tiver a metade da capacitância de outro capacitor, a d.d.p. daquele será o dobro deste.
16. Verdadeiro. Conforme citado em 01, a capacitância C de um capacitor é o quociente entre a carga q e a d.d.p. no capacitor.

Questão 02 – Letra A

Comentário: Quando um dielétrico é introduzido entre as placas de um capacitor, a capacitância do capacitor é aumentada. Estando ligado a uma fonte de tensão, o capacitor, agora com maior capacidade para armazenar carga elétrica, recebe uma carga suplementar da fonte. O resultado é que a carga no capacitor aumenta. Note que a d.d.p. no capacitor permanece a mesma, pois essa d.d.p. é imposta pela fonte de tensão. A constância da d.d.p. faz sentido se pensarmos na equação $V = q/C$. A carga q aumenta proporcionalmente ao aumento da capacitância C . Por isso, a razão $V = q/C$ permanece constante. O campo elétrico E entre as placas do capacitor não se altera, pois, de acordo com a equação $E = V/d$, nem a d.d.p., nem a distância entre as placas foram alteradas. Outra maneira de explicar porque o campo não sofreu alteração é a seguinte. O aumento de carga no capacitor implica um aumento na densidade superficial de carga, que, por sua vez, deveria causar um aumento no campo elétrico do capacitor. Porém, o dielétrico introduzido entre as placas se polariza, gerando um campo elétrico de sentido oposto. Esse campo oposto do dielétrico compensa o aumento no campo das placas. O efeito final é que o campo total não se altera. Sobre a energia do capacitor, como V permanece constante, mas q aumenta, a energia potencial elétrica do capacitor, dada por $E_{pe} = qV/2$, aumenta de valor. A energia também é dada por $E_{pe} = CV^2/2$. Por essa equação, vemos que E_{pe} aumenta, pois V é constante e C aumenta.

Questão 03 – Letra D

Comentário: Sob o efeito de um campo elétrico, o dielétrico polariza-se, ou seja, suas estruturas internas carregadas orientam-se na direção do campo elétrico formado. Assim, as cargas positivas (negativas) se direcionam para a placa negativa (positiva). Tal alinhamento gera um campo elétrico oposto ao campo inicialmente gerado e de menor módulo que este. Logo, o campo resultante tem menor módulo que o original. Assim, o dielétrico reduz a intensidade do campo elétrico dentro do capacitor.

Questão 04 – Letra D

Comentário: A energia armazenada em um capacitor pode ser encontrada através da sua capacitância e da tensão aplicada em suas placas:

$$E_c = \frac{CV^2}{2} = \frac{20 \cdot 10^{-6} \cdot 100^2}{2} = 0,1 \text{ J}$$

Questão 05 – Letra C

Comentário: A capacitância C do capacitor permanece constante durante a descarga deste, pois não há modificação em sua geometria e nem do seu meio dielétrico. No instante $t = 0$, como a d.d.p. no capacitor vale $V_0 = 12$ volts, a carga inicial é $Q_0 = 12C$. No instante t_1 , podemos observar, a partir do gráfico da questão, que a carga do capacitor é $3Q_0/8$. Esse valor é o produto da capacitância C ($Q_0/12$) pela tensão V no instante t_1 . Assim, temos que $3Q_0/8 = (Q_0/12)V$. Simplificando, obtemos $V = 4,5 \text{ V}$.

Uma forma mais rápida de fazer esse exercício (e mais adequada para uma prova de múltipla escolha) é simplesmente perceber que, sendo $V = Q/C$ e sendo C constante, a tensão V é diretamente proporcional à carga Q . Como esta diminui para $3/8$ de seu valor inicial, concluímos que a d.d.p. também diminui desse mesmo fator.

Questão 06 – Letra A

Comentário: Como as duas baterias do circuito II estão em paralelo, em ambos os circuitos os bornes do capacitor estão submetidos a tensão V . Como a capacitância de ambos é igual a C , segue que $Q_I = Q_{II} = CV \neq 0$.

Questão 07 – Letra D

Comentário: Como a geometria do capacitor manteve-se constante, a sua capacitância também o é. Utilizando a expressão para a energia armazenada $E = \frac{Q^2}{2C}$, percebe-se que nas condições do problema o valor da energia é dividido por quatro.

Questão 08 – Letra E

Comentário: Assim que a chave ch é fechada, o voltímetro passa a ter os seus terminais ligados entre os polos da pilha de $1,5 \text{ V}$. Há uma resistência interna r na pilha, que admitiremos ser muito pequena. Nesse caso, assim que a chave é fechada, o voltímetro registra $1,5 \text{ V}$. Nesse momento, o amperímetro registra uma corrente máxima dada por $I_{\text{máx}} = 1,5/r$ (o valor da corrente máxima, $I_{\text{máx}}$, é muito alto, pois a resistência interna da pilha, r , é muito pequena).

À medida que o capacitor se carrega, aparece uma d.d.p. crescente entre as suas armaduras. Essa tensão se opõe à tensão da bateria, de maneira que a intensidade da corrente diminui com o passar do tempo, anulando-se quando a d.d.p. no capacitor se torna igual a $1,5 \text{ V}$. Nesse instante, a carga no capacitor atinge o valor máximo.

Exercícios Propostos

Questão 01 – Letra C

Comentário: A carga Q_1 no capacitor de capacitância $C_1 = 6 \mu\text{F}$ pode ser calculada diretamente por $Q_1 = C_1V$, pois esse capacitor está ligado diretamente na bateria de f.e.m. $V = 12 \text{ V}$. Substituindo os valores, achamos $Q_1 = 72 \mu\text{C}$. As cargas Q_2 e Q_3 nos outros capacitores são iguais, pois esses estão associados em série. Além disso, Q_2 e Q_3 também são iguais à carga no capacitor equivalente nesse trecho. Essa capacitância é $C_{23} = C_1 \cdot C_2 / (C_1 + C_2) = 36/12 = 3 \mu\text{F}$. Como esse capacitor equivalente está ligado na bateria, a carga nele é $Q_2 = Q_3 = Q_{23} = C_{23} \cdot V = 3 \cdot 12 = 36 \mu\text{C}$. A questão está concluída, mas vale a pena calcular a capacitância equivalente C_{eq} do circuito e a carga Q correspondente para verificar se as cargas estão corretas. Para achar C_{eq} , basta somar C_{23} com C_1 , pois os capacitores estão associados em paralelo. Assim, $C_{\text{eq}} = 9 \mu\text{F}$. Para calcular Q , basta usar a equação $Q = C_{\text{eq}} \cdot V = 9 \cdot 12 = 108 \mu\text{C}$. Essa carga não é a soma das cargas armazenadas no capacitores da associação, mas sim a soma das cargas nos capacitores C_1 e C_{23} : $Q_1 + Q_{23} = 72 + 36 = 108 \mu\text{C}$. Compare a repartição de cargas desta questão com a divisão da corrente elétrica caso tivéssemos resistores de resistências R_1 , R_2 e R_3 nos lugares dos capacitores C_1 , C_2 e C_3 . Nesse caso, a corrente total que sai da bateria é a soma da corrente em R_1 com a corrente em R_{23} (o resistor equivalente entre R_2 e R_3).

Questão 02 – Letra B

Comentário: A energia potencial elétrica armazenada no capacitor pode ser calculada por $E_{\text{pe}} = C \cdot V^2 / 2 = 10^{-4} \cdot 60^2 / 2 = 0,18 \text{ J}$. Calculando também a carga armazenada pelo capacitor: $Q = C \cdot V = 10^{-4} \cdot 60 = 0,006 \text{ C} = 6 \text{ mC}$. Essa é uma carga muito grande, muito maior que as cargas de algumas dezenas de microcoulombs armazenadas em capacitores comuns ou em bolinhas e pentes eletrizados por atrito. Um capacitor eletrolítico é um tipo especial de capacitor, capaz de armazenar cargas significativas.

Questão 03 – Letra A

Comentário: Como os capacitores estão em série, a carga armazenada em ambos é igual, e igual a carga total da associação. Assim, a capacitância equivalente será de $C_{\text{eq}} = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ mF}$. A carga Q armazenada é tal que $Q = C_{\text{eq}} \cdot V = 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 6 \cdot 10^1 = 0,03 \text{ C}$. A energia armazenada em cada um é dada por $E = \frac{Q^2}{2C} = \frac{(3 \cdot 10^{-2})^2}{2 \cdot 10^{-3}} = \frac{9 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 10^{-3}} = 0,45 \text{ J}$

Questão 04 – Letra A

Comentário: Perceba que tanto C_1 e C_2 quanto C_4 e C_5 estão em série. As associações equivalentes terão capacitância $C_{1,2} = C_{4,5} = 0,005 \text{ F}$. Perceba que estes dois conjuntos estão em paralelo com C_3 . Logo, a capacitância equivalente será de $C_{\text{eq}} = 0,01 + 0,005 + 0,005 = 0,02 \text{ F}$.

Questão 05 – Letra C

Comentário: A capacitância do capacitor da esquerda manteve-se $C = \frac{Q}{V}$. Já para o capacitor da direita, após o toque, sua capacitância torna-se $C' = \frac{Q}{\frac{V}{2}} = \frac{C}{2}$.

Assim, a capacitância equivalente será de $\frac{C}{2} + C = \frac{3C}{2}$.

Questão 06 – Letra C

Comentário: Imediatamente à direita de A, há dois capacitores em série; a capacitância equivalente da associação será de $\frac{C}{2}$. Por outro lado os dois capacitores adjacentes a B estão em paralelo; a capacitância equivalente será de $2C$. Assim, temos um conjunto de capacitância $2C$ em série com um conjunto de capacitância $\frac{C}{2}$. A capacitância equivalente será:

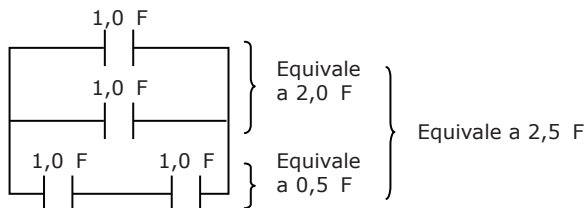
$$\frac{\frac{C}{2} \cdot 2C}{\frac{C}{2} + 2C} = \frac{2C}{5} \Rightarrow \frac{2C}{5} = 2 \Rightarrow C = 5 \text{ mF}$$

Questão 07 – Letra C

Comentário: A carga total é a carga armazenada no capacitor equivalente. Por inspeção, os capacitores C_1 e C_2 estão em série, de modo que o capacitor equivalente nesse trecho é $C' = C_1 \cdot C_2 / (C_1 + C_2) = 2.4 / (2 + 4) = 4/3$ pF. Por sua vez, C' está em paralelo com C_3 , de modo que o capacitor equivalente do circuito é $C_{eq} = C_3 + C' = 3 + 4/3 = 13/3$ pF. A carga total é dada por $q = C_{eq} \cdot V$, sendo V a voltagem da bateria. Assim, $q = (13/3) \cdot 10 = 43,3$ pC.

Questão 08 – Letra D

Comentário: Um conjunto de n capacitores de capacitâncias iguais a C ligados em paralelo equivale a um capacitor de capacitância igual a nC . Ligados em série, a capacitância equivalente é C/n . Assim, para usar o mínimo de capacitores de capacitância $C = 1,0 \mu\text{F}$, de forma a obter uma capacitância equivalente $C_{eq} = 2,5 \mu\text{F}$, o técnico deve usar a montagem a seguir. Os dois capacitores em série fornecem a capacitância $C/2 = 0,5 \mu\text{F}$. Essa capacitância, somada às outras duas capacitâncias de $1,0 \mu\text{F}$ dos dois capacitores em paralelo, resulta no efeito final desejado. Portanto, o número mínimo de capacitores é 4.

**Questão 09 – Letra C**

Comentário: Sendo C a capacitância individual dos capacitores, a capacitância da associação em série é de $C_{série} = \frac{C}{3} = 2 \mu\text{F}$, e portanto $C = 6 \mu\text{F}$. Associando dois destes capacitores em paralelo, a capacitância equivalente será de $C_{paralelo} = C + C = 6.2 = 12 \mu\text{F}$.

Questão 10 – Letra D

Comentário: Perceba que os dois C_1 no ramo mais à direita estão em série. Assim, a capacitância equivalente será de $C_{11} = 2$ mF. Analogamente, para os dois capacitores C_2 no ramo adjacente, a capacitância equivalente será de $C_{22} = 3$ mF. Como estes dois conjuntos estão em paralelo, a capacitância equivalente será de $C_{12} = 2 + 3 = 5$ mF. Este conjunto está em série com dois capacitores C_1 . A capacitância equivalente C_3 desta associação é tal que:

$$\frac{1}{C_3} = \frac{1}{C_{12}} + \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_1} = \frac{1}{5} + \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{7}{10} \Rightarrow C_3 = \frac{10}{7} \text{ mF}$$

Perceba que tal associação C_3 está em paralelo com o C_2 mais à esquerda. A capacitância equivalente será $C_{32} = \frac{10}{7} + 6 = \frac{52}{7}$ mF.

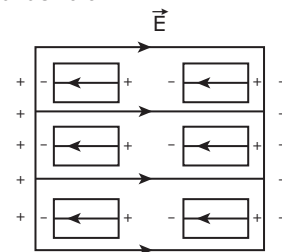
Por fim, tal conjunto está em série com mais dois C_1 . Calculando a capacitância final C :

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_{32}} + \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_1} = \frac{7}{52} + \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{33}{52} \Rightarrow C_3 = \frac{52}{33} \text{ mF}$$

Questão 11

Comentário:

- O valor da capacitância desse capacitor não será alterado, pois apesar de poder ser determinada como a razão entre a carga armazenada (Q) e a diferença de potencial (V), o valor da capacitância independe desses parâmetros, dependendo apenas (no caso de um capacitor plano) da área de cada placa (A), da distância entre elas (d) e da permissividade do dielétrico (ϵ) usado entre placas, $C = \frac{\epsilon \cdot A}{d}$.
- Ao se introduzir uma dielétrico entre as placas, o campo elétrico gerado por elas polariza esse dielétrico. Essa polarização cria no interior do dielétrico um campo elétrico no sentido oposto ao daquele gerado pelas placas. Sendo assim, o campo elétrico resultante entre as placas do capacitor diminui de valor.

**Seção Enem****Questão 01 – Letra E**

Eixo cognitivo: II

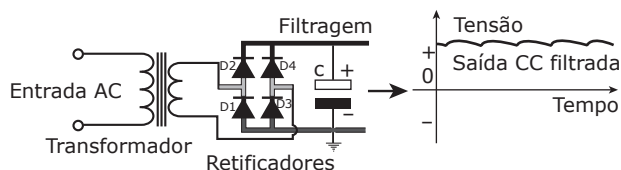
Competência de área: 2

Habilidade: 5

Comentário: Um capacitor é um dispositivo constituído de duas armaduras que armazenam uma carga elétrica e , conseqüentemente, certa quantidade de energia elétrica. Essa energia, ou parte dela, é liberada quando as armaduras são postas em contato ou mesmo quando apenas uma das armaduras é ligada a um condutor.

No caso das telas do tipo *touchscreen* (tela sensível ao toque) do 2º tipo descrito nessa questão, a tela é uma espécie de capacitor, em que as armaduras são as duas camadas separadas pelos espaçadores. Entre as muitas aplicações dos capacitores, podemos citar as seguintes:

- Armazenadores de energia nos *flash* de máquinas fotográficas. Quando acionamos o botão para tirar a foto com o *flash*, além de comandarmos a abertura de entrada de luz através do diafragma da máquina, também comandamos a interligação das armaduras do capacitor. Uma corrente elétrica elevada e súbita atravessa um dispositivo que produz o brilho do *flash*.
- Armazenadores de energia em um marca-passo cardíaco. Veja a resolução da questão 3 a seguir:
- *Dial* de mudança de estação em um aparelho de rádio. Quando acionamos o *dial*, mudamos a capacitância de um capacitor. Isso faz com que o sinal de rádio da emissora desejada seja "capturado" pelo aparelho de rádio. Veja a resolução da questão anterior.
- Nos circuitos de retificação de correntes alternadas. Esses circuitos são constituídos de três partes básicas (transformação, retificação e filtragem), conforme mostra a figura a seguir:



No transformador, a corrente alternada de entrada (CA) é transformada em corrente alternada de saída, que pode ser maior, igual ou menor que a corrente de entrada. No retificador, que é uma associação de diodos (dispositivos eletrônicos que deixam a corrente passar apenas em um sentido), a corrente pulsante alternada de saída do transformador é convertida em uma corrente pulsante contínua (CC). No filtro, que é o capacitor C, a corrente pulsante contínua é transformada em corrente contínua não pulsante. O capacitor acumula cargas elétricas e as fornece ao circuito de saída na quantidade, na direção e no momento certo, de maneira que a pulsação da corrente de saída é eliminada (na verdade, reduzida ao máximo).

Questão 02 – Letra A

Eixo cognitivo: III

Competência de área: 1

Habilidade: 2

Comentário: Os capacitores são planos, pois há uma série de duplas de placas planas circulares. A capacitância de cada dupla é variável porque a área projetada de uma placa móvel, sobre uma placa fixa, muda à medida que o eixo do dial é girado. Na posição em que as placas estão uma de frente para a outra, a área projetada é máxima e vale a metade da área de um círculo (capacitância máxima). Já na posição mostrada na figura, a área projetada é 1/4 da área de um círculo (capacitância mínima). Os capacitores (pares de placas) estão ligados em paralelo, porque a d.d.p. em cada capacitor é constante e igual a $V_A - V_B$.

Questão 03 – Letra A

Eixo cognitivo: II

Competência de área: 6

Habilidade: 21

Comentário: A figura desse exercício mostra a chave seletora S na posição 1. Observe que as armaduras do capacitor estão conectadas na pilha P. Por isso, com a chave S na posição 1, o capacitor C é carregado. Quando a chave passa para a posição 2, a voltagem existente entre as armaduras do capacitor impõem uma corrente elétrica no circuito no lado direito da figura. Esse circuito é constituído pelo capacitor, pelos fios de ligação e pelo coração do paciente. A corrente que passa pelo coração o faz bater de forma mais rítmica. A corrente média que atravessa o coração é de baixa intensidade, sendo limitada pela resistência elétrica do coração. Essa corrente é máxima quando o capacitor inicia o processo de descarga e torna-se zero depois que o capacitor se descarrega completamente. A chave fica oscilando entre uma posição e outra, de forma que ora o capacitor é carregado pela pilha, ora o capacitor é descarregado, enviando um estímulo elétrico para o coração.

MÓDULO – C 12

Campo Magnético

Exercícios de Aprendizagem

Questão 01 – Letra A

Comentário: A figura I mostra um campo elétrico de uma placa extensa e carregada positivamente. A figura II mostra duas cargas elétricas pontuais e o campo elétrico dessa configuração. Já as figuras III e IV mostram campos magnéticos criados por uma espira circular perpendicular ao plano da folha e de um fio retilíneo perpendicular ao papel (não indicados nas figura) e percorridos por correntes elétricas.

Questão 02 – Letra B

Comentário: O campo magnético, na região externa dos ímãs, parte do polo norte em direção ao polo sul. A Terra pode ser comparada a um grande ímã de barra, no qual o Polo Norte geográfico corresponde ao polo sul magnético, e de forma complementar, o Polo Sul geográfico corresponde ao polo norte magnético. Dessa forma, as linhas de campo próximas à superfície do planeta apontarão do polo norte magnético para o polo sul magnético.

Questão 03 – Letra A

Comentário: Com a chave S ligada, a corrente flui pelo fio superior (que, estando mais perto da bússola, exerce maior influência) no sentido sul-norte e produz, onde a bússola se encontra, um campo magnético perpendicular à folha, "saindo" dela (sentido oeste-leste). Assim, a bússola gira para o leste.

Questão 04 – Letra C

Comentário: A afirmação de Leonardo está incorreta, visto que o funcionamento de uma bússola se dá a partir de suas propriedades magnéticas, e não elétricas. Uma bússola não fica ligada a qualquer dispositivo eletrônico para que funcione.

O polo norte da agulha magnetizada é atraída pelo polo sul magnético da Terra. E sabemos que o polo sul magnético terrestre corresponde ao norte geográfico. Portanto, a afirmação de Lorena está errada.

A afirmativa de Amanda mostra corretamente o funcionamento da bússola: a agulha imantada alinha-se com o campo magnético terrestre; para que isso ocorra, é necessário que a agulha da bússola tenha liberdade para girar em torno de um eixo. Se a mesma se desprender do ponto de apoio, o funcionamento da bússola fica impossibilitado.

Questão 05 – Letra D

Comentário: A Terra se comporta, com boa aproximação, como um enorme ímã, onde o polo norte magnético se encontra próximo do polo sul geográfico e vice-versa. Sabe-se também que a agulha de uma bússola sempre se orienta tangente as linhas de indução magnéticas e na direção do vetor campo magnético naquele ponto.

Questão 06 – Letra A

Comentário: O campo gerado pela espira plana é sempre perpendicular ao plano no qual a espira está contida. Como no caso a espira está no plano horizontal, o campo magnético gerado por esta é vertical. Para verificar este fato para o fio reto, tome cilindros imaginários que entornam o fio, de forma que cada ponto do fio seja o centro de uma circunferência limitada pela superfície do cilindro imaginário. A direção do campo magnético em algum ponto do espaço é dada pela tangente ao cilindro imaginário relevante no ponto de interesse. Perceba que para pontos pertencentes ao plano da mesa, tal tangente é vertical. Logo, o campo gerado pelo fio é vertical.

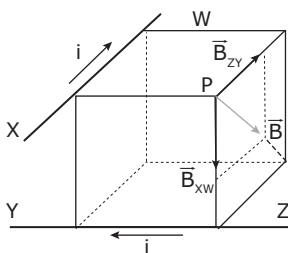
Questão 07 – Letra C

Comentário: A corrente convencional flui do polo positivo ao negativo. Logo, pela regra da mão direita, linhas de campo entram no lado direito da espira e saem do lado esquerdo. Logo, o lado esquerdo é um polo norte e o lado direito um polo sul, como representado na figura da alternativa C.

Questão 08 – Letra C

Comentário: O exercício aborda o fato de que o campo magnético criado por uma corrente elétrica num fio é ortogonal a ela.

Veja a figura a seguir. O campo magnético no vértice P tem duas componentes, conforme mostrado. As componentes \vec{B}_{zy} e \vec{B}_{xw} são geradas pelas correntes que passam nos fios ZY e XW, respectivamente. Use a regra da mão direita. Coloque o dedo no sentido ZY e localize a componente \vec{B}_{zy} ; em seguida, no sentido XW, e encontre a componente \vec{B}_{xw} .

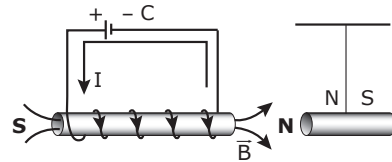


Exercícios Propostos

Questão 01 – Letra A

Comentário: A questão trata de polos de um eletroímã e da possível atração entre este e um ímã colocado nas suas proximidades.

Veja a figura a seguir. Com a chave C fechada, a corrente elétrica circula conforme mostrado e produz um campo magnético (regra da mão direita). Assim, a extremidade direita do solenoide comporta-se como um polo norte. Logo, haverá repulsão entre o solenoide e o pêndulo (ímã).



Sendo assim, a alternativa A é a correta.

Questão 02 – Letra B

Comentário: Analisando cada observação experimental podemos deduzir:

- I. se a extremidade C atrai as extremidades A e B, uma, e somente uma, das barras AB ou CD precisa estar imantada.
- II. se a extremidade D atrai as extremidades A e B, uma, e somente uma, das barras AB ou CD precisa estar imantada.
- III. se a extremidade C repele a extremidade F, tanto a barra CD quanto EF precisam estar imantadas, de forma que C e F correspondem a mesma polaridade (ambas polo norte ou ambas polo sul).

Usando as conclusões I e III (ou também II e III) sabemos que a barra AB não está imantada.

Assim, analisando cada alternativa:

- A) Como vimos barra CD está sim imantada. Alternativa incorreta.
- B) A barra EF está imantada, logo, qualquer uma de suas extremidades atrai as extremidades da barra não imantada AB. Alternativa correta.
- C) Como vimos, a barra AB não está imantada. Alternativa incorreta.
- D) Como vimos barra CD está sim imantada. Alternativa incorreta.
- C) As barras CD e EF estão imantadas de forma que a extremidade E possui a mesma polaridade da extremidade D, logo estas se repelem. Alternativa incorreta.

Questão 03 – Letra E

Comentário: Partículas carregadas, em movimento ou não, geram um campo elétrico. Já partículas carregadas em repouso não geram indução magnética, mas em movimento sim. Este fato é explicado pelas Leis de Maxwell, mas pode ser verificado pelas expressões que relacionam corrente em um fio ou uma espira com o campo gerado. Nesses casos, $i = 0$, ausência de movimento ordenado de cargas elétricas, geram $B = 0$. Se $i > 0$, $B > 0$.

Questão 04 – Letra C

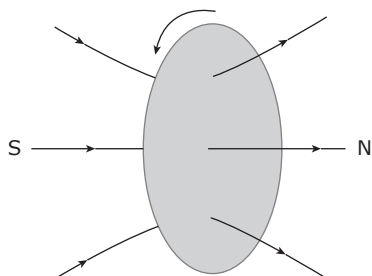
Comentário: Veja que, cortando o ímã na direção do plano π , os polos sul e norte da parte de cima ficam exatamente sobre os polos sul e norte, respectivamente, da parte de baixo. Dessa forma, as partes vão sofrer repulsão magnética. Nesse caso, para unir os ímãs é necessário girar a parte de cima, por exemplo, levando o seu polo sul para a direita de modo que ele fique colocado sobre o polo norte da parte de baixo.

Questão 05 – Letra B

Comentário: Com a corrente percorrendo o fio de cima para baixo, pela regra da mão direita, as linhas de campo no plano apontam no sentido horário, nas direções definidas por uma circunferência cujo centro é a projeção do fio no plano. Analogamente, quando a corrente percorre o fio de baixo para cima, as linhas de campo ficam no sentido anti-horário, também nas direções definidas por uma circunferência. Nos dois casos as bússolas se orientaram no sentido do campo, como mostrado na figura da alternativa B.

Questão 06 – Letra A

Comentário: O campo magnético gerado por uma corrente possui orientação dada pela regra da mão direita. Quando essa corrente circula em uma espira, a regra da mão direita nos mostra que esta espira será polarizada como um ímã como podemos ver na figura:



Logo, como nos ímãs, se polos opostos (N-S ou S-N) estiverem virados um para o outros as espiras iram se atrair, se polos iguais (S-S ou N-N) estiverem virados um para o outro irão se repelir.

Analisando cada alternativa:

- A) Ambas as espiras terão o polo Sul do lado esquerdo e o Norte do lado direito, com o polo Sul da espira I voltado para o Norte da espira II elas irão se atrair. Alternativa correta.
- B) Com o sentido da corrente indicado na espira II, ela será polarizada com o polo Sul do lado direito, e Norte do lado esquerdo, ao contrário do que foi mostrado na figura, e as espiras irão se repelir. Alternativa incorreta.
- C) Como os polos Norte de ambas as espiras estão voltados um ao outro elas irão se repelir. Alternativa incorreta.
- D) Com o sentido das correntes indicados, ambas as espiras terão o polo Sul do lado esquerdo e o Norte do lado direito, ao contrário do que foi mostrado na figura, com o polo Sul da espira I voltado para o Norte da espira II elas irão se atrair. Alternativa incorreta.
- E) Com o sentido da corrente indicado na espira II, ela será polarizada com o polo Norte do lado direito, e Sul do lado esquerdo, ao contrário do que foi mostrado na figura, e as espiras irão se repelir. Alternativa incorreta.

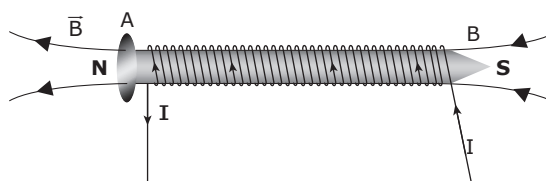
Questão 07 – Letra D

Comentário: Analisando cada proposição:

- I. Falsa. O processo de atração da armadura é através do magnetismo e não da eletrostática.
- II. Correta. A atração da armadura pelo eletroímã é graças ao campo magnético gerado por este.
- III. Falsa. Como não há espiras ou uma bobina na armadura com sentido específico para gerar uma atração, a armadura é atraída por ser de um material ferromagnético.

Questão 08 – Letra D

Comentário A polaridade da bateria faz com que a corrente elétrica circule pelo eletroímã, conforme mostra a figura a seguir. Usando-se a regra da mão direita com os dedos no sentido da corrente, o dedão indicará o sentido do campo magnético no interior do eletroímã. Assim, o campo magnético criado pela corrente aponta para a esquerda, e, dessa forma, a extremidade A é um polo norte. Como o sistema ficou imantado, um prego aproximado de qualquer das extremidades será atraído pelo dispositivo. Aumentando-se a corrente, o campo magnético do eletroímã será aumentado na mesma proporção ($B \propto I$).



Questão 09 – Letra A

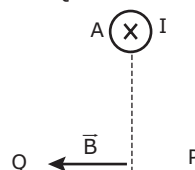
Comentário: Perceba, pela Regra da Mão Direita, que o campo gerado em 1 entra no papel e em 2 sai do papel. O sentido resultante será dado pelo campo de maior intensidade. Calculando a razão pedida:

$$\frac{B_2}{B_1} = \frac{\frac{\mu I_2}{2R_2}}{\frac{\mu I_1}{2R_1}} = \frac{\frac{\mu 3I_1}{2 \cdot 2R_1}}{\frac{\mu I_1}{2R_1}} = 1,5 \Rightarrow B_2 > B_1$$

Como $B_2 > B_1$, e o campo gerado por 2 sai do papel, o campo resultante aponta para fora da folha.

Questão 10 – Letra D

Comentário: Considere o fio AB visto de A para B, no sentido da corrente elétrica, conforme a figura a seguir. O campo criado por essa corrente, em um ponto sob o fio, é ortogonal à corrente no sentido dos dedos da mão direita. Assim, o polo norte da bússola (que aponta no sentido da indução magnética) estará direcionado para o ponto Q.



Portanto, a alternativa D está correta.

Questão 11 – Letra C

Comentário: Pela expressão que dá a intensidade do campo magnético gerado por uma espira circular de raio R em seu centro:

$$B = \frac{\mu i}{2R} \Rightarrow 5B = \frac{\mu i_{\text{final}}}{2R} \Rightarrow \frac{5B}{B} = \frac{\mu i_{\text{final}}}{\frac{\mu i}{2R}} \Rightarrow \frac{i_{\text{final}}}{i} = 5$$

Questão 12 – Letra D

Comentário: Analisando as afirmativas:

- I. Falsa. Como a corrente do fio 2 é o dobro da corrente do fio 1, tem-se que a uma distância d à esquerda do fio 1 o campo, por ser proporcional à corrente, mas inversamente proporcional à distância, vai igualar os módulos dos campos produzidos pelos fios 1 e 2. Mas como o fio 2 produz um campo magnético no sentido horário, e o fio 1 um campo no sentido anti-horário, neste ponto o vetor dos campos terão sentido contrário, portanto se anularão.
- II. Correta. Como o fio 1 produz uma corrente no sentido anti-horário, e o fio 2 produz uma corrente no sentido horário, nos pontos contidos na reta entre os dois fios o vetor campo magnético gerado pelos dois fios se orientará para cima.
- III. Falsa. Como a corrente do fio 2 é maior do que a corrente do fio 1, à direita do fio 2 o campo magnético gerado pelo fio 2, será sempre maior que o campo gerado pelo fio 1, e só poderá ser nulo no infinito.
- IV. Como os dois fios produzem campos magnéticos com mesmo sentido entre os dois fios, em nenhum ponto entre os dois fios este campo vai se anular.

Questão 13 – Letra D

Comentário: Como o campo resultante é nulo pode-se afirmar que os dois campos formados pelas espiras têm mesmo módulo e direção e sentidos opostos. Logo:

$$\frac{\mu i_1}{2R_1} = \frac{\mu i_2}{2R_2} \Rightarrow \frac{\mu i_1}{2R_1} = \frac{\mu i_2}{2 \cdot 5R_1} \Rightarrow \frac{i_2}{i_1} = 5$$

Questão 14 – Letra C

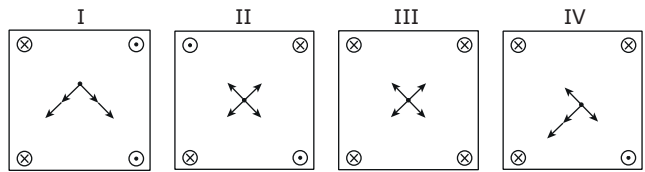
Comentário: Pela Regra da Mão Direita, o campo gerado em P pelo fio da esquerda sai do papel, enquanto o campo gerado pelo fio da Direita entra no papel. O módulo do campo resultante será, portanto, o módulo da diferença entre os módulos dos campos gerados. Assim:

$$B_{\text{res}} = \left| \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 6,0}{2\pi \cdot 2 \cdot 10^{-1}} - \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 6,0}{2\pi \cdot 3 \cdot 10^{-1}} \right|$$

$$B_{\text{res}} = 6 \cdot 10^{-6} - 4 \cdot 10^{-6} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ T} = 2 \text{ mT}$$

Questão 15 – Letra D

Comentário: Observe a figura a seguir, que ilustra os campos magnéticos formados nas quatro situações. Os módulos dos campos individualmente formados são iguais:



Logo, apenas II e em III o campo magnético resultante é nulo.

Questão 16 – Letra D

Comentário: Perceba, pela Regra da Mão Direita, que os dois campos gerados pelos fios 1 e 2 apontam no sentido entrando no papel. Logo, o campo gerado pela espira, a fim de que a indução magnética no centro da espira seja nula, deve apontar no sentido saindo do papel. Para tal, de acordo com a Regra da Mão Direita, a corrente deve circular no sentido anti-horário. Seu valor será:

$$B_{\text{fio1}} + B_{\text{fio2}} = 2B_{\text{fio}} = B_{\text{espira}}$$

$$2 \cdot \frac{\mu i_F}{2 \cdot \pi \cdot 3R} = \frac{\mu i_E}{2R}$$

$$\frac{i_F}{i_E} = \frac{3\pi}{2} = 1,5\pi$$

Seção Enem

Questão 01 – Letra E

Eixo cognitivo: IV

Competência de área: 5

Habilidade: 18

Comentário: O campo magnético externo é capaz de “guiar” os nanoímãs de modo que a droga ministrada possa atingir apenas células específicas. Isso garante um novo e vantajoso método de terapia, que pode diminuir os efeitos colaterais da medicação em regiões não afetadas pela doença do paciente.

Questão 02 – Letra C

Eixo cognitivo: II

Competência de área: 6

Habilidade: 21

Comentário: O sentido de movimento da Lua e o sentido das correntes elétricas nos cabos de transmissão de energia nada têm a ver com o campo magnético terrestre; portanto, esses não sofrerão alterações devido à inversão magnética. As bússolas não determinam os polos geográficos e, sim, os polos magnéticos. Dessa forma, o funcionamento desses dispositivos será alterado com a inversão magnética. Os animais que usam o campo magnético para se guiar terão suas rotas migratórias invertidas e irão para o sentido oposto ao que deveriam. O campo magnético da Terra, na configuração atual, possui uma componente no Hemisfério Sul que aponta para o norte e outra que aponta verticalmente para cima. Havendo reversão magnética, os sentidos dessas componentes serão invertidos. Portanto, da discussão anterior, conclui-se que a alternativa correta é a C.



Rua Diorita, 43 - Prado

Belo Horizonte - MG

Tel.: (31) 3029-4949

www.bernoulli.com.br/sistema