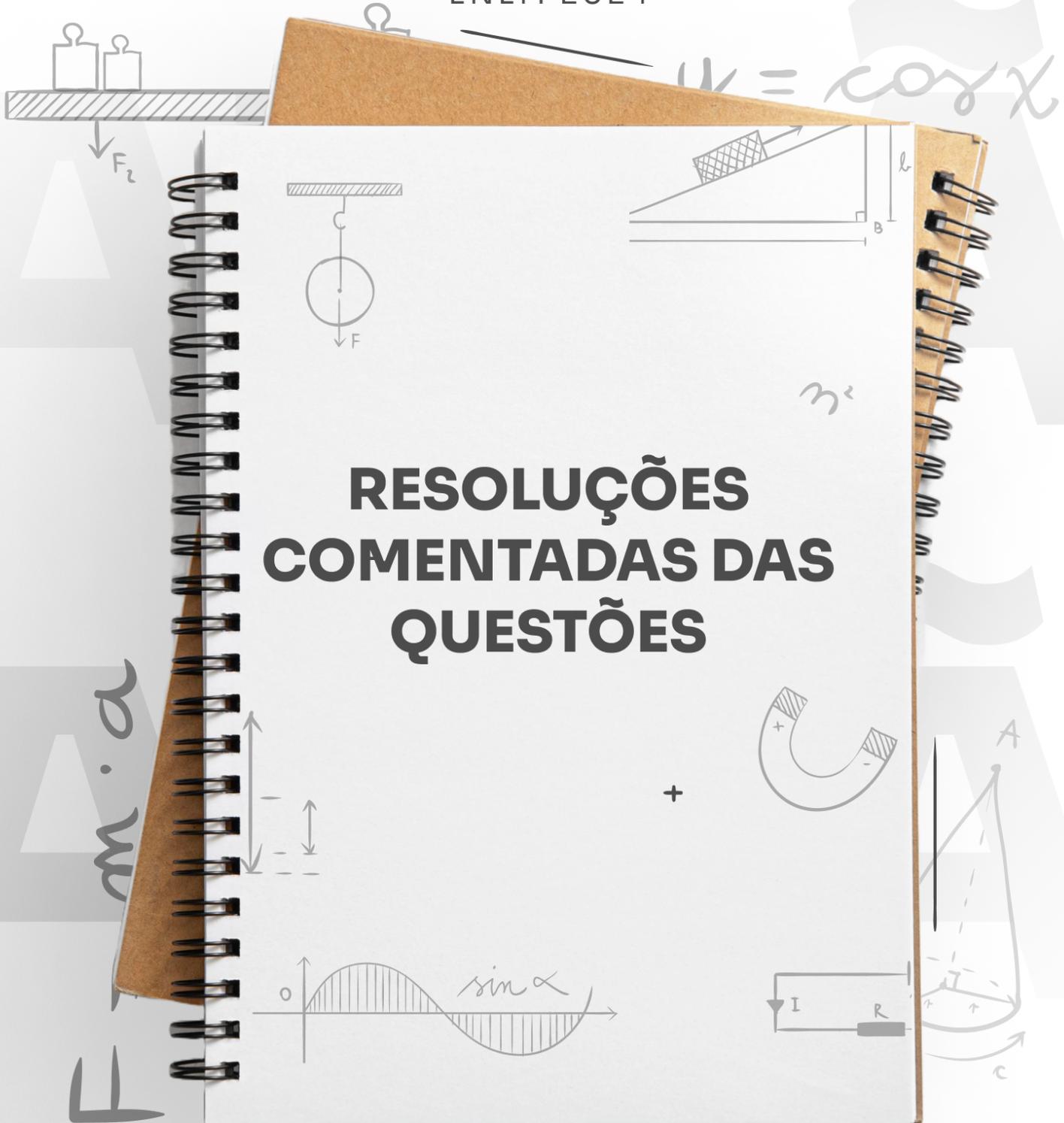


ENEM 2024



# RESOLUÇÕES COMENTADAS DAS QUESTÕES



# Sumário

<b>1</b>	<b>Resolução Comentada do Primeiro Dia</b>	<b>2</b>
1.1	Resolução das Questões de Mecânica . . . . .	2
1.2	Resolução das Questões de Gravitação . . . . .	5
1.3	Resolução das Questões de Hidrostática . . . . .	6
1.4	Resolução das Questões de Ondulatória . . . . .	10
1.5	Resolução das Questões de Óptica . . . . .	12
<b>2</b>	<b>Resolução Comentada do Segundo Dia</b>	<b>15</b>
2.1	Resolução das Questões de Calorimetria . . . . .	15
2.2	Resolução das Questões de Termodinâmica . . . . .	18
2.3	Resolução das Questões de Magnetismo . . . . .	20
2.4	Resolução das Questões de Eletrodinâmica . . . . .	21
2.5	Resolução das Questões de Eletromagnetismo . . . . .	26

# 1 Resolução Comentada do Primeiro Dia

## 1.1 Resolução das Questões de Mecânica

**Problema 1** Analisando o problema, temos a presença de força, tempo e velocidade. A relação entre eles se dá pelo teorema do impulso:

$$F_r \cdot \Delta t = m \cdot v_f - m \cdot v_0$$

Isolando a força resultante:

$$F_r = \frac{m \cdot (v_f - v_0)}{\Delta t}$$

- Analisando  $F_r$  nas duas colisões:

Nas duas situações, o que muda é apenas a variação de velocidade. Na barreira de blocos, a velocidade final é 0, enquanto na barreira de pneus  $v_f \neq 0$ , então, independente dos valores encontrados nos dois casos, a variação de velocidade na barreira de pneus será maior. Vejamos agora o que ocorre com a força resultante: na barreira de pneus a variação de velocidade é maior, então  $F_r$  também será maior. Já na barreira de blocos,  $F_r$  será menor.

- Analisando a energia mecânica do sistema:

Na barreira de blocos, quando o carro bate, retorna com velocidade reduzida, então ainda apresenta um pouco de energia cinética. Já na barreira de pneus, após o impacto, o carro para, perdendo sua energia cinética, ou seja, a energia é totalmente dissipada. Conforme os itens acima e as análises feitas, a resposta correta é a letra (a).

**Resposta correta: (a)**

**Problema 2** Usando a conservação da energia mecânica:

$$E_{m_i} = E_{m_f}$$
$$\frac{m \cdot v^2}{2} = m \cdot g \cdot h$$

Inicialmente temos energia cinética, pois o balanço vai ganhando velocidade até um ponto em que atinge a velocidade máxima e o balanço começa a perder velocidade, onde temos a energia potencial. Reorganizando os termos:

$$v^2 = g \cdot h \cdot 2$$
$$v = \sqrt{g \cdot h \cdot 2}$$

Durante o movimento do balanço, temos a presença da força peso, tração e força centrípeta. Calculando a força centrípeta:

$$F_{cp} = \frac{m \cdot v^2}{h}$$

Nesse caso,  $F_{cp}$  será igual à resultante de forças que agem no balanço quando a velocidade é máxima, ou seja,  $F_{cp} = 2T - P$ , onde a tração é multiplicada por 2, já que são duas cordas. Substituindo na equação da força centrípeta:

$$2T - P = \frac{m \cdot (\sqrt{g \cdot h \cdot 2})^2}{h}$$

Cortando  $h$  e substituindo os valores do enunciado:

$$2T - P = m \cdot g \cdot 2$$

$$2T = 3 \cdot m \cdot g$$

$$2T = 3 \cdot 24 \cdot 10$$

$$\boxed{T=360 \text{ N}}$$

No enunciado da questão, fala que ele optou por uma tensão de 25%, superior à tensão encontrada, então temos que multiplicar o resultado por 1,25:

$$\boxed{360 \cdot 1,25 = 450 \text{ N.}}$$

**Resposta correta: (d)**

**Problema 3** Essa diferença na queda livre de uma folha de papel de mesma massa se dá pelo coeficiente aerodinâmico, ou seja, pela resistência do ar.

**Resposta correta: (b)**

**Problema 4** O lançamento representado na figura é um lançamento oblíquo, nesse caso temos o movimento horizontal (M.U.) e o movimento vertical (M.U.V.).

- Estudando o movimento horizontal:

Usaremos a equação horária da posição no M.U. :

$$\Delta s_x = v_0 \cdot t$$

Substituindo os valores:

$$120 = v_0 \cdot \cos 53^\circ \cdot t$$

$$120 = 0,6 \cdot v_0 \cdot t$$

$$v_0 \cdot t = \frac{120}{0,6}$$

$$\boxed{v_0 \cdot t = 200}$$

- Estudando o movimento vertical:

Usaremos a equação horária da posição no M.U.V. :

$$\Delta s_y = v_{0y} \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}$$

Substituindo os valores:

$$35 = v_0 \cdot \text{sen } 53^\circ \cdot t + \frac{-10 \cdot t^2}{2}$$

$$35 = 0,8 \cdot v_0 \cdot t - 5t^2$$

Como  $v_0 \cdot t = 200$ , temos:

$$35 = 0,8 \cdot 200 - 5t^2$$

$$t^2 = \frac{125}{5}$$

$$t = \sqrt{25}$$

$$\boxed{t = 5 \text{ s}}$$

Encontrando  $v_0$ :

$$v_0 \cdot t = 200$$

$$v_0 \cdot 5 = 200$$

$$v_0 = \frac{200}{5}$$

$$\boxed{v_0 = 40 \text{ m/s.}}$$

**Resposta correta: (c)**

### Problema 5

- Analisando o carro A:

Se a cartolina fosse plana, segundo a terceira lei de Newton, o carrinho permaneceria em repouso, já que a ventoinha aplica uma força para a direita e nesse momento surge uma força de reação para a esquerda com mesma intensidade. No entanto, a cartolina possui uma curvatura, que faz com que somente parte do vento retorne e consequentemente o carro se movimenta para a direita.

- Analisando o carro B:

A ventoinha aplica uma força para a esquerda e surge uma força de reação de mesma intensidade e contrária à força aplicada, fazendo o carro se mover para a direita, como no carrinho A o vento retorna em menor intensidade, então podemos dizer que a velocidade de A é menor que a velocidade de B.

**Resposta correta: (b)**

## 1.2 Resolução das Questões de Gravitação

**Problema 6** Analisando as alternativas:

Alternativa (a): A força normal é a força perpendicular ao solo que suporta o peso do astronauta. Embora a força normal na Lua seja menor devido à menor gravidade, isso não afeta diretamente o alcance horizontal de um salto. O alcance é determinado pela velocidade inicial e pela gravidade.

Alternativa (b): Se a altura do salto é maior, geralmente isso significa que o tempo de voo é maior, o que poderia resultar em um maior alcance horizontal, não menor.

Alternativa (c): O impulso (força aplicada por um tempo) pode ser o mesmo, mas devido à menor gravidade, o astronauta ficaria mais tempo no ar, aumentando o alcance do salto.

Alternativa (d): Na Lua, a gravidade é  $1/6$  da gravidade na Terra. Isso significa que o astronauta passa mais tempo no ar para um mesmo impulso inicial. Como o tempo de voo é maior, o alcance horizontal também é maior.

Alternativa (e): A ausência de resistência do ar na Lua aumenta o alcance de qualquer movimento horizontal, pois não há forças dissipativas que retardem o movimento. No entanto, o efeito principal que aumenta o alcance do salto é a menor gravidade.

Portanto, o alcance do lançamento oblíquo na Lua será seis vezes maior pelo fato da aceleração gravitacional ser seis vezes menor.

**Resposta correta: (d)**

**Problema 7** Pelo gráfico mostrado, pode-se concluir que a maior geração de energia nessa residência aconteceu no dia 10 de janeiro (maior incidência luminosa, correspondente ao verão) e a menor geração aconteceu no dia 10 de julho (menor incidência luminosa, correspondente ao inverno). Logo, essa residência está instalada no hemisfério Sul, pois nele o verão ocorre de 21 de dezembro a 21 de março e o inverno de 21 de junho a 23 de setembro. Assim, essa residência deve estar localizada próxima ao Trópico de Capricórnio. Portanto, a região do Trópico de Capricórnio apresenta variações significativas na produção de energia solar ao longo do ano, com picos durante o verão e menores produções no inverno.

**Resposta Correta: (a)**

**Problema 8** Primeiro lembremos dos princípios físicos:

- Lei da Gravitação Universal de Newton:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Onde  $F$  é a força gravitacional,  $G$  é a constante gravitacional,  $m_1$  e  $m_2$  são as massas dos dois corpos, e  $r^2$  é a distância entre os centros de massa dos dois corpos.

- Órbitas Keplerianas:

As órbitas dos planetas ao redor do Sol (ou de um Buraco Negro com a mesma massa) são determinadas pela lei da gravitação universal e não mudam se a massa central não muda. Agora, analisando as alternativas:

Alternativa (a): Órbitas espirais ocorrem devido a forças dissipativas, como a resistência atmosférica, que não estão presentes no espaço. A gravidade do Buraco Negro, sendo igual à do Sol, não causaria esse efeito.

Alternativa (b): A gravidade do Buraco Negro é igual à do Sol, então não há razão para oscilações aleatórias. As órbitas seriam estáveis.

Alternativa (c): A gravidade do Buraco Negro é a mesma do Sol, então os planetas não seriam puxados diretamente para ele.

Alternativa (d): A precessão é uma mudança gradual na orientação da órbita de um corpo celeste, mas a massa e a distribuição de massa do Buraco Negro e do Sol são semelhantes, então não haveria um aumento na precessão devido à substituição.

Alternativa (e): A gravidade que mantém os planetas em órbita depende da massa do corpo central. Como o Buraco Negro tem a mesma massa do Sol, a força gravitacional exercida sobre os planetas seria a mesma. Portanto, suas órbitas não seriam alteradas.

Portanto, a substituição do Sol por um Buraco Negro com a mesma massa não alteraria as órbitas dos planetas do Sistema Solar.

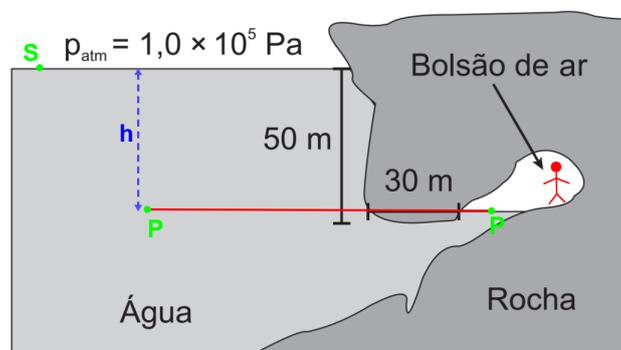
**Resposta correta: (e)**

### 1.3 Resolução das Questões de Hidrostática

**Problema 9** Anotemos os dados da questão:

- Densidade da água é  $\rho = 1000 \text{ kg m}^{-3}$ , sendo o mesmo que  $\rho = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
- Aceleração da gravidade é  $g = 10 \text{ m s}^{-2}$ , sendo o mesmo que  $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Observemos a ilustração abaixo.



Podemos usar o teorema de Stevin para encontrar a pressão no ponto  $P$ .

$$P_P = P_{atm} + P_{líquido}$$

Porém, a pressão exercida pelo líquido é dada por:

$$P_{\text{líquido}} = \rho \cdot g \cdot h$$

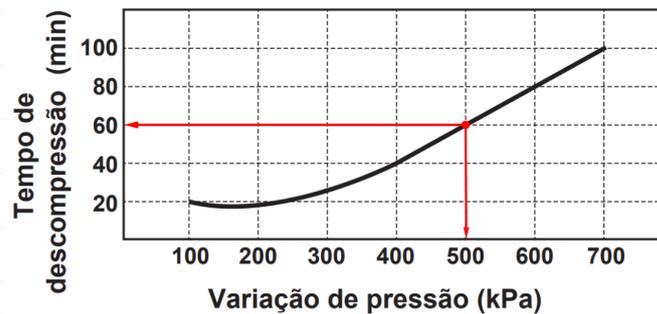
Logo, podemos reescrever o teorema de Stevin da seguinte forma:

$$P_P = P_{\text{atm}} + \rho \cdot g \cdot h$$

Assim, a diferença de pressão entre o ponto  $P$  e  $S$  será:

$$\begin{aligned} \Delta P &= P_P - P_S \\ \Delta P &= \cancel{P_{\text{atm}}} + \rho \cdot g \cdot h - \cancel{P_{\text{atm}}} \\ \Delta P &= \rho \cdot g \cdot h \\ \Delta P &= \underbrace{1000}_{10^3} \cdot 10 \cdot 50 \\ \Delta P &= 500 \cdot 10^3 \text{ Pa} \\ \Delta P &= 500 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Analisando o gráfico de decompressão, temos:

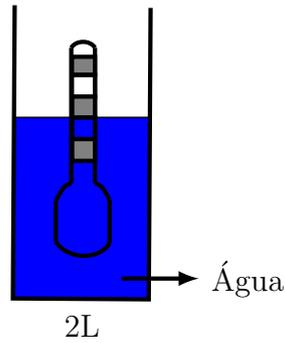


Resposta correta: (c)

**Problema 10** Começaremos anotando os dados da questão:

- Cada marcação do densímetro vale  $5 \cdot 10^{-2} \frac{g}{cm^3}$
- O volume dos recipientes  $A$  e  $B$  é  $2L$ , mas da relação  $1L = 1 dm^3 = 1000 cm^3$  temos que  $2L = 2000 cm^3$

Antes de adicionar as respectivas quantidades de  $NaCl$ , tanto no recipiente  $A$  como no  $B$ , a marcação do densímetro será a mesma da legenda do enunciado.



A densidade nesse caso será:

$$\rho_{\text{água}} = \frac{m_{\text{água}}}{V_{\text{recipiente}}}$$

$$\rho_{\text{água}} = \frac{m_{\text{água}}}{2L}$$

$$\rho_{\text{água}} = \frac{m_{\text{água}}}{2000 \text{ cm}^3}$$

Estudando o recipiente *A* após a adição de 100 g de NaCl:

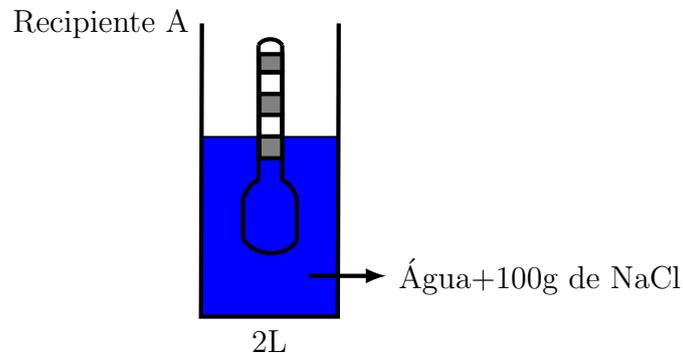
$$\rho_A = \frac{m_{\text{água}} + 100 \text{ g}}{2000 \text{ cm}^3}, \text{ lembre-se o volume não muda}$$

$$\rho_A = \underbrace{\frac{m_{\text{água}}}{2000 \text{ cm}^3}}_{\rho_{\text{água}}} + \frac{100 \text{ g}}{2000 \text{ cm}^3}$$

$$\rho_A = \rho_{\text{água}} + \underbrace{0,05}_{5 \cdot 10^{-2}} \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$\rho_A = \rho_{\text{água}} + 5 \cdot 10^{-2} \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Logo, o densímetro subirá uma marcação.



Estudando o recipiente *B* após a adição de 200 g de NaCl:

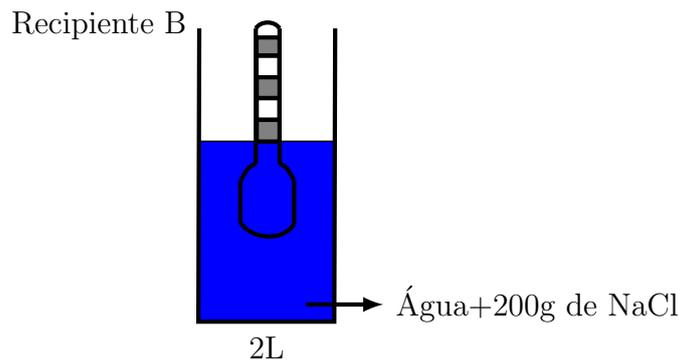
$$\rho_B = \frac{m_{\text{água}} + 200 \text{ g}}{2000 \text{ cm}^3}, \text{ lembre-se o volume não muda}$$

$$\rho_B = \underbrace{\frac{m_{\text{água}}}{2000 \text{ cm}^3}}_{\rho_{\text{água}}} + \frac{200 \text{ g}}{2000 \text{ cm}^3}$$

$$\rho_B = \rho_{\text{água}} + \underbrace{0,1}_{10 \cdot 10^{-2}} \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$\rho_B = \rho_{\text{água}} + 2 \cdot 5 \cdot 10^{-2} \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Logo, o densímetro subirá duas marcações.



Resposta correta: (d)

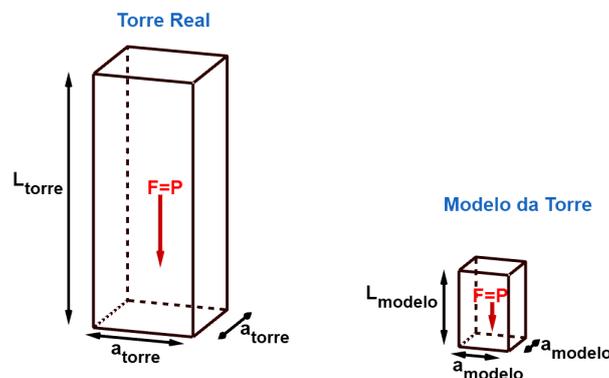
**Problema 11** A questão nos diz o seguinte:

$$\frac{L_{\text{modelo}}}{L_{\text{torre}}} = \frac{1}{100}$$

Onde

- $L_{\text{modelo}}$  é o comprimento no modelo
- $L_{\text{torre}}$  é o comprimento correspondente a  $L_{\text{modelo}}$  na torre real

Imaginaremos que tanto a torre real como o modelo foram derretidos e transformados em paralelepípedos, como mostra a figura.



Do conceito de pressão, sabemos que:

$$P = \frac{F}{A}$$

No nosso caso,  $F = P = m \cdot g$ :

$$P = \frac{m \cdot g}{A}$$

Porém,  $\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho \cdot V$ :

$$P = \frac{\rho \cdot V \cdot g}{A}$$

Portanto:

$$\frac{P_{torre}}{P_{modelo}} = \frac{\frac{\rho \cdot a_{torre} \cdot a_{torre} \cdot L_{torre} \cdot g}{a_{torre} \cdot a_{torre}}}{\frac{\rho \cdot a_{modelo} \cdot a_{modelo} \cdot L_{modelo} \cdot g}{a_{modelo} \cdot a_{modelo}}} = \frac{\rho \cdot L_{torre} \cdot g}{\rho \cdot L_{modelo} \cdot g}$$

$$\frac{P_{torre}}{P_{modelo}} = \frac{L_{torre}}{L_{modelo}}$$

Mas sabemos que:

$$\frac{L_{modelo}}{L_{torre}} = \frac{1}{100} \Rightarrow L_{modelo} = \frac{L_{torre}}{100}$$

Assim:

$$\frac{P_{torre}}{P_{modelo}} = \frac{L_{torre}}{\frac{L_{torre}}{100}} = L_{torre} \cdot \frac{100}{L_{torre}}$$

$$\frac{P_{torre}}{P_{modelo}} = 100 = 10^2$$

Resposta correta: (c)

## 1.4 Resolução das Questões de Ondulatória

**Problema 12** O fenômeno ondulatório da interferência consiste na superposição de ondas, tendo encontro de cristas e/ou vales. Para esse processo acontecer, é necessário que as ondas envolvidas tenham a mesma frequência.

Resposta correta: (c)

**Problema 13** Conforme o som vai percorrendo mais distância, vai perdendo intensidade, reduzindo, assim, sua amplitude.

**Resposta correta: (c)**

**Problema 14** Vamos converter a velocidade para m/s:

$$v = \frac{108 \text{ km/h}}{3,6} = 30 \text{ m/s}$$

A distância é 8 cm, que em metros é 0,08 m. Agora vamos calcular o período:

$$T = \frac{\text{distância entre as faixas}}{\text{velocidade}} = \frac{0,08 \text{ m}}{30 \text{ m/s}} = \frac{0,08}{30} \text{ s}$$

Para finalizar, calcularemos a frequência, sabemos que:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{\frac{0,08}{30}} = \frac{30}{0,08} = 375 \text{ Hz}$$

$$\boxed{f = 375 \text{ Hz}}$$

**Resposta correta: (c)**

**Problema 15** O fenômeno físico responsável pela diminuição do ruído nos fones de ouvido com cancelamento de ruído ativo é a interferência destrutiva. Este fenômeno ocorre quando duas ondas de mesma frequência e amplitude, mas com fases opostas (defasagem de 180 graus), se encontram e se cancelam mutuamente. Nos fones de ouvido com cancelamento de ruído ativo, um circuito eletrônico capta o som externo (ruído) e gera uma onda sonora de mesma amplitude e frequência, mas com fase oposta. A superposição dessas duas ondas resulta na interferência destrutiva, reduzindo significativamente a intensidade do ruído.

**Resposta correta: (d)**

**Problema 16** Da tela do cinema 3D saem dois filmes, e as lentes polarizadas dos óculos só permitem a passagem de um tipo de onda para o olho direito e de outro tipo de onda para o olho esquerdo. Ou seja, cada olho recebe informações diferentes e o nosso cérebro faz a superposição das imagens, dando-nos a impressão de que os objetos saltam para fora da tela do cinema.

**Resposta correta: (e)**

## 1.5 Resolução das Questões de Óptica

**Problema 17** A questão menciona que a razão entre os senos dos ângulos de incidência e de refração é igual a 1,4, o que significa que:

$$\frac{\text{sen } \theta_i}{\text{sen } \theta_r} = \frac{n_{\text{gasolina}}}{n_{\text{ar}}} = 1,4$$

Lembrando que o índice de refração do ar ( $n_{\text{ar}}$ ) é igual a 1, assim:

$$\frac{\text{sen } \theta_i}{\text{sen } \theta_r} = n_{\text{gasolina}} = 1,4$$

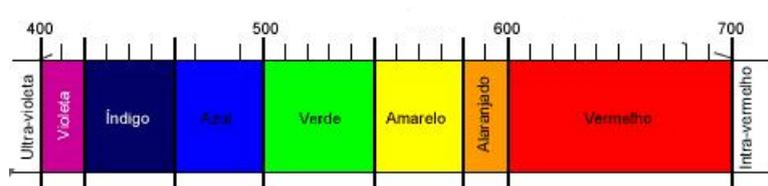
No entanto, houve um aumento no índice de refração da gasolina de 1,4 para 1,9, ou seja:

$$\frac{\text{sen } \theta_i}{\text{sen } \theta_r} = n_{\text{gasolina}} = 1,9$$

Conforme a lei de Snell-Descartes ( $n_{\text{ar}} \cdot \text{sen } \theta_i = n_{\text{gasolina}} \cdot \text{sen } \theta_r$ ), como o ângulo de incidência e o índice de refração do ar foram mantidos fixos, isto é,  $n_{\text{ar}} \cdot \text{sen } \theta_i$  é constante, um aumento no índice de refração da gasolina indica adulteração. Quando o índice de refração da gasolina aumenta, é necessário que o ângulo de refração diminua para que  $n_{\text{ar}} \cdot \text{sen } \theta_i$  permaneça constante, ou seja, o raio de luz refratado se aproxima da linha normal.

**Resposta correta: (e)**

**Problema 18** A questão afirma que a luz solar, ao atravessar um prisma, se decompõe em todas as suas cores principais, desde o vermelho até o violeta, com o vermelho entrando no recipiente B e o violeta no recipiente D. Vamos lembrar do espectro eletromagnético: que é a distribuição das ondas eletromagnéticas, visíveis e não visíveis, conforme a frequência e o comprimento de onda característicos de cada radiação. As cores que conseguimos enxergar e o espectro eletromagnético visível.



Observamos que antes do vermelho, existe uma radiação que entra no recipiente A, chamada de infravermelha, conhecida comumente como ondas de calor. São as ondas capazes de aumentar a temperatura da água e, portanto, o recipiente A será o mais aquecido.

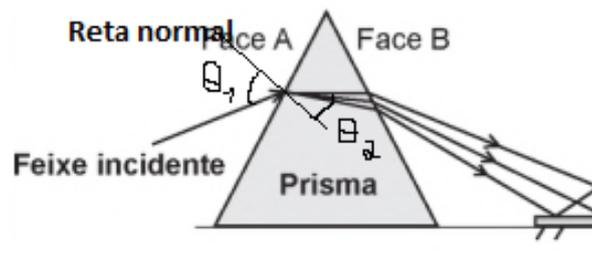
**Resposta correta: (a)**

**Problema 19** A questão indica que o índice de refração ( $n$ ) do material transparente cresce conforme a frequência ( $f$ ), o que implica que o índice depende da frequência da

luz que incide sobre esse material. A figura apresenta o espectro eletromagnético na faixa visível. Ao organizá-lo em ordem crescente de comprimento de onda ( $\lambda$ ). Observação: Sabemos que  $f$  é  $\lambda$  devido à unidade padrão. A equação da frequência é dada por  $f = \frac{v}{\lambda}$ , onde notamos que quanto maior o comprimento de onda, menor é a frequência. Assim, observamos que o vermelho terá a maior  $f$ , enquanto o azul terá a menor  $f$ . Na figura, inicialmente todas as cores estavam juntas formando um feixe de luz branca. Ao entrar e sair do prisma, as refrações são diferentes, o que faz com que as cores se separem de forma angular. Recapitulando a lei de Snell-Descartes, podemos relacionar a velocidade e o comprimento de onda quando a luz passa de um meio para outro da seguinte forma:

$$n_1 \cdot \text{sen } \theta_1 = n_2 \cdot \text{sen } \theta_2$$

Na figura, a princípio todas as cores estavam juntas formando um feixe de luz branca, ao entrar e sair do prisma as refrações são diferentes, o que faz com que as cores fiquem separadas de uma forma angular. Recapitulando a lei de Snell-Descartes, podemos relacionar velocidade e comprimento de onda, quando passa do meio para outro. Os ângulos são sempre medidos em relação à reta normal.



O  $\theta_1$  encontra-se exatamente entre a reta normal e o feixe incidente, enquanto  $\theta_2$  depende da frequência da luz. Assim, ele é diferente para cada cor: quanto menor for  $\theta_2$ , maior será o desvio do feixe. De acordo com a lei da refração, temos o produto  $n_2 \cdot \text{sen } \theta_2$ . Dessa forma, a luz que sofrerá um desvio mais intenso, resultando em um ângulo menor, terá um índice de refração maior. Lembrando que a luz com maior índice de refração possui uma frequência maior e um ângulo menor. Assim, das três cores, o azul é o que mais desvia, enquanto o vermelho terá o menor índice de refração e o maior ângulo.

**Resposta correta: (a)**

**Problema 20** A fibra óptica funciona por meio do fenômeno de reflexão total. Isso ocorre quando a luz incidente sobre a superfície que separa dois meios — o núcleo e a casca — é refletida integralmente. O núcleo é o meio mais refringente, enquanto a casca é o meio menos refringente. Para a reflexão total acontecer, o ângulo de incidência da luz deve ser maior que o ângulo limite, fazendo com que a luz permaneça no meio de origem, ou seja, no núcleo.

**Resposta correta: (b)**

**Problema 21** Um filtro clareia suas cores características e reduz as intensidades das cores opostas. Como a cor da luz do ambiente é predominantemente verde, o filtro

apropriado é o magenta, que intensifica as demais cores primárias, ou seja, vermelho e azul.

**Resposta correta: (d)**

## 2 Resolução Comentada do Segundo Dia

### 2.1 Resolução das Questões de Calorimetria

**Problema 1** Primeiro calculemos a massa de água no aquário. Como a densidade da água é de 1 kg/L, a massa de água no aquário é:

$$D = \frac{m}{V}$$

$$m = D \cdot V$$

Substituindo os valores dados:

$$m = 50 L \cdot 1 kg/L$$

Calculando:

$$m = 50 kg$$

Agora, vamos calcular a energia fornecida pelo aquecedor em 1 hora. A potência do aquecedor é 50 W, o que significa que ele fornece 50 joules de energia por segundo. Em uma hora (3.600 segundos), a energia total fornecida é:

$$\text{Pot} = \frac{Q}{\Delta T}$$

$$Q = \text{Pot} \cdot \Delta T$$

Substituindo os valores dados:

$$Q = 50 W \cdot 3600 s$$

Calculando:

$$Q = 180000 J$$

Usando a equação da calorimetria, podemos determinar a variação de temperatura:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Isolando  $\Delta T$ :

$$\Delta T = \frac{Q}{m \cdot c}$$

Substituindo os valores fornecidos:

$$\Delta T = \frac{180000 \text{ J}}{50 \text{ kg} \cdot 4000 \text{ J/kg} \cdot \text{K}}$$

Calculando:

$$\Delta T = \frac{180000}{200000} = 0,9^\circ\text{C}$$

Portanto, a redução da temperatura da água do aquário após 1 hora sem aquecimento é de aproximadamente  $0,9^\circ\text{C}$ .

**Resposta correta: (c)**

**Problema 2** Primeiro precisamos entender o funcionamento da panela de pressão:

As panelas de pressão cozinham os alimentos mais rapidamente ao elevar a temperatura de ebulição da água. Isso ocorre porque a alta pressão dentro da panela aumenta a temperatura na qual a água ferve, permitindo um cozimento mais rápido dos alimentos. Após a panela atingir a pressão desejada e começar a liberar vapor, os usuários experientes reduzem a intensidade do fogo. Dessa forma, vamos analisar cada alternativa para entender o porquê de reduzir a intensidade do fogo:

Alternativa (a): Após a panela atingir a pressão desejada, a válvula de segurança começa a liberar o excesso de vapor para evitar o aumento adicional da pressão. Manter o fogo baixo não aumenta a pressão interna porque a válvula controla a pressão, mas pode causar a liberação constante de vapor. Reduzir o fogo não é principalmente para evitar o aumento da pressão e risco de explosão, já que a válvula de segurança desempenha essa função.

Alternativa (b): A dilatação térmica da panela ocorre devido ao aquecimento, mas o design da panela de pressão é feito para suportar isso. A redução do fogo não está diretamente ligada a evitar desconexão ou problemas estruturais imediatos.

Alternativa (c): A qualidade nutritiva pode ser afetada por tempo de cozimento e temperatura, mas a redução do fogo após atingir a pressão não tem um impacto significativo imediato sobre isso. A função principal da panela de pressão é cozinhar mais rápido, o que em muitos casos preserva nutrientes.

Alternativa (d): A borracha de vedação é projetada para suportar altas temperaturas, mas um calor excessivo constante pode reduzir sua vida útil. No entanto, a válvula de segurança protege contra condições extremas. Reduzir o fogo pode ajudar a preservar a borracha, mas não é a razão mais imediata ou principal.

Alternativa (e): Uma vez que a panela atinge a pressão e a temperatura desejadas, manter o fogo alto não aumenta a pressão ou acelera o cozimento, já que a válvula de segurança libera o excesso de vapor. Portanto, reduzir o fogo evita o uso excessivo de gás, tornando o processo mais eficiente energeticamente. Essa é a razão mais prática e direta para reduzir a chama, economizando gás sem afetar o desempenho da panela.

Portanto, ao abaixar o fogo, reduz-se a chama, pois assim evita-se o consumo de gás desnecessário.

**Resposta correta:** (e)

**Problema 3** Para resolver, precisamos comparar a variação de temperatura em uma área concretada com uma área alagada, considerando o calor específico do concreto e da água. A razão entre as variações de temperatura é determinada pela diferença no calor específico dos materiais. Usando a equação da calorimetria para calcular a variação de temperatura e assumindo que a quantidade de calor ( $Q$ ) absorvida é a mesma para ambos os materiais, podemos escrever:

$$Q_{\text{concreto}} = Q_{\text{água}}$$

Calculando a massa dos materiais e considerando volumes iguais para ambos os materiais:

$$D = m \cdot V$$

Portanto, para a água:

$$m_{\text{água}} = D_{\text{água}} \cdot V$$

E para o concreto:

$$m_{\text{concreto}} = D_{\text{concreto}} \cdot V$$

Substituindo essas massas na equação  $Q_{\text{concreto}} = Q_{\text{água}}$ , vamos obter:

$$D_{\text{concreto}} \cdot V \cdot c_{\text{concreto}} \cdot \Delta T_{\text{concreto}} = D_{\text{água}} \cdot V \cdot c_{\text{água}} \cdot \Delta T_{\text{água}}$$

Cancelando os volumes  $V$ :

$$D_{\text{concreto}} \cdot c_{\text{concreto}} \cdot \Delta T_{\text{concreto}} = D_{\text{água}} \cdot c_{\text{água}} \cdot \Delta T_{\text{água}}$$

Isolando a razão das variações de temperatura:

$$\frac{\Delta T_{\text{concreto}}}{\Delta T_{\text{água}}} = \frac{D_{\text{água}} \cdot c_{\text{água}}}{D_{\text{concreto}} \cdot c_{\text{concreto}}}$$

Substituindo os valores fornecidos:

$$\frac{\Delta T_{\text{concreto}}}{\Delta T_{\text{água}}} = \frac{1000 \cdot 4,2}{2500 \cdot 0,8}$$

Calculando:

$$\frac{\Delta T_{\text{concreto}}}{\Delta T_{\text{água}}} = \frac{4200}{2000}$$

Finalmente:

$$\frac{\Delta T_{\text{concreto}}}{\Delta T_{\text{água}}} = 2,1$$

Portanto, a razão entre as variações de temperatura nas áreas concretada e alagada é mais próxima de 2,1.

**Resposta correta: (b)**

## 2.2 Resolução das Questões de Termodinâmica

**Problema 4** Cores mais escuras sofrem uma variação térmica mais rápida, devido à irradiação. A jarra de cor preta ganha e perde calor mais rápido por irradiação.

**Resposta correta: (a)**

**Problema 5** O suor é água que evapora do corpo, fazendo com que ele perca calor e reduza a temperatura corporal. No entanto, em um ambiente muito úmido, como em uma floresta fechada, há uma concentração maior de água na atmosfera, o que acaba dificultando o processo de vaporização da água do corpo.

**Resposta correta: (b)**

**Problema 6**

$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T$$

$$\Delta V = 20000 \cdot 1 \cdot 10^{-3} \cdot 30$$

$$\Delta V = 600 \text{ Litros} = \text{Variação volumétrica do álcool}$$

Para saber o lucro de uma semana, basta multiplicar por 7 dias, a R\$ 1,60 por dia.

$$1,60 \cdot 7 \cdot 600 = 6.720 \text{ reais}$$

**Resposta correta: (d)**

**Problema 7** O primeiro passo é calcular a temperatura de equilíbrio:

$$Q_{\text{recebido}} + Q_{\text{aquecido}} = 0$$

$$m_{\text{fria}} \cdot c \cdot (T_f - T_{i_{\text{fria}}}) + m_{\text{quente}} \cdot c \cdot (T_f - T_{i_{\text{quente}}}) = 0$$

$$m_{\text{fria}} \cdot c \cdot (T_f - 10) + 2m_{\text{fria}} \cdot c \cdot (T_f - 40) = 0$$

A relação entre as massas é  $2 m_{quente}$  para  $1 m_{fria}$ , portanto

$$T_f - 10 + 2T_f - 80 = 0$$

$$3T_f - 90 = 0$$

$$\boxed{T_f = 30^\circ C}$$

**Resposta correta: (d)**

**Problema 8** De acordo com a tabela, temos:

10 g para 70 kcal

2,5 g para E

Realizando uma regra de três, obtemos que:

$$E = \frac{35}{2} \text{ kcal}$$

Como só 50% dessa energia foi utilizada, então:

$$E = \frac{35000}{4} \text{ cal}$$

Energia esta que servirá para aquecer a água. Assim:

$$E = Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$\frac{35000}{4} = 350 \cdot 1 \cdot \Delta T$$

$$\boxed{\Delta T = 25^\circ C}$$

Logo, a temperatura final atingida foi:

$$\boxed{25 = T - 20 \Rightarrow T = 45^\circ C.}$$

**Resposta correta: (c)**

**Problema 9** O enunciado da questão enunciou a equação do fluxo de calor, que pode ser matematizada como:

$$\Phi = K \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{d}$$

Pela descrição que temos no enunciado, podemos dizer que:

$$\Phi_B = 2 \cdot \Phi_A$$

$$K_B \cdot A_B \cdot \frac{\Delta T}{d_B} = 2 \cdot K_A \cdot A_A \cdot \frac{\Delta T}{d_A}$$

Como a variação de temperatura e a espessura são iguais, podemos simplificar a expressão:

$$K_B \cdot A_B = 2 \cdot K_A \cdot A_A$$

$$\boxed{\frac{K_A}{K_B} = \frac{(60 \cdot 40 + 60 \cdot 40 + 40 \cdot 40)}{2 \cdot (40 \cdot 40 + 40 \cdot 40 + 40 \cdot 40)} = 0,67.}$$

**Resposta correta: (b)**

**Problema 10** A segunda Lei da Termodinâmica afirma que o fluxo natural de calor é sempre do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura, não podendo ocorrer o contrário, portanto, de forma espontânea. Para minimizar as trocas de calor, comumente se utilizam materiais maus condutores, que evitam as trocas de calor entre o meio e o corpo.

**Resposta correta: (c)**

## 2.3 Resolução das Questões de Magnetismo

**Problema 11** Segundo a Lei de Faraday da indução eletromagnética, uma corrente elétrica é induzida em um circuito quando há um campo magnético variável que atravessa o circuito. No caso do fogão por indução, a corrente elétrica é induzida no fundo da panela devido à variação do campo magnético criado pela bobina do fogão.

**Resposta correta: (d)**

**Problema 12** Conforme a Lei de Faraday da indução eletromagnética, uma maior rapidez na variação do fluxo magnético através das bobinas resulta em uma maior diferença de potencial induzida.

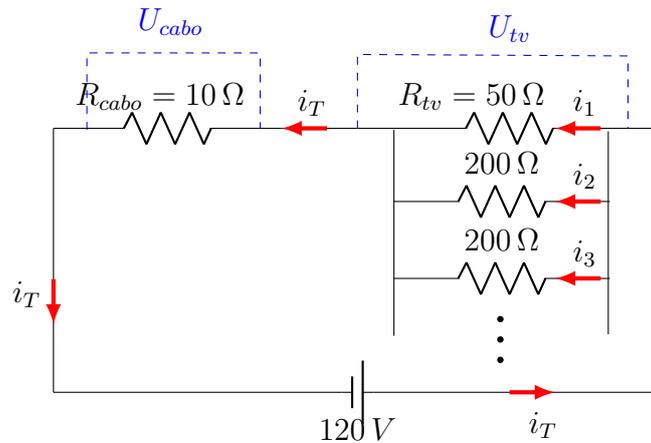
**Resposta correta: (d)**

**Problema 13** De acordo com a regra da mão esquerda, é possível perceber que a força magnética sobre a carga positiva é apontada para baixo e a carga negativa é oposta, logo apontada para cima.

**Resposta correta: (a)**

## 2.4 Resolução das Questões de Eletrodinâmica

**Problema 14** Observe que, ao começar a ligar as lâmpadas, elas ficarão associadas em paralelo e estarão submetidas a mesma tensão  $U_{tv}$  da TV.

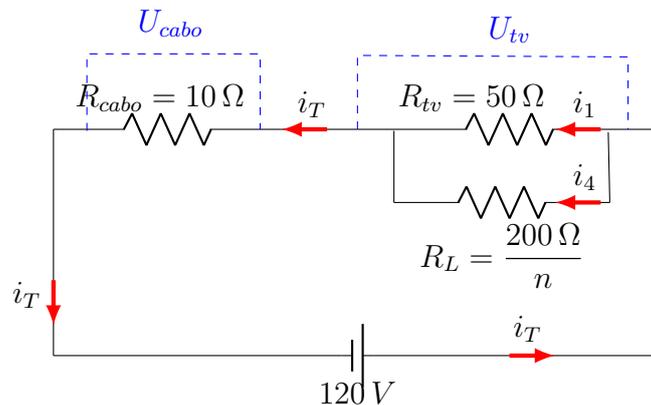


Como as lâmpadas possuem a mesma resistência elétrica, podemos substituí-las por um resistor equivalente dado por  $R_L = \frac{R}{n}$ , onde  $R$  é a resistência das lâmpadas e  $n$  o número de lâmpadas ligadas.

$$R_L = \frac{R}{n}$$

$$R_L = \frac{200 \Omega}{n}$$

Assim, nosso circuito é resumido a:



Dessa forma, quanto mais lâmpadas ligadas, ou seja, quanto maior for  $n$ , menor será a resistência do circuito e maior será a corrente  $i_T$  e, conseqüentemente, maior a tensão do cabo, pois  $U_{cabo} = 10 \cdot i_T$ . Como a tensão mínima para a TV ligar é  $90 V$ , temos que a tensão máxima do cabo será:

$$U_{total} = U_{cabo} + U_{tv}$$

$$120 V = U_{cabo} + 90 V \Rightarrow U_{cabo} = 30 V$$

Encontrando a corrente total  $i_T$ :

$$U_{cabo} = R_{cabo} \cdot i_T$$

$$30 = 10 \cdot i_T \Rightarrow \boxed{i_T = 3 A}$$

Encontrando a corrente  $i_1$  que passa pela TV:

$$U_{tv} = R_{tv} \cdot i_1$$

$$90 = 50 \cdot i_1 \Rightarrow \boxed{i_1 = 1,8 A}$$

A corrente que restará para ligar as lâmpadas será:

$$i_T = i_1 + i_4$$

$$3 = 1,8 + i_4 \Rightarrow \boxed{i_4 = 1,2 A}$$

Encontrando o número de lâmpadas ligadas:

$$U_{tv} = R_L \cdot i_4$$

$$90 = \frac{200}{n} \cdot 1,2 \Rightarrow 9n = 24 \Rightarrow \boxed{n \approx 2,66.}$$

Com isso concluímos que, ligando no máximo 2 lâmpadas, a TV ainda permanecerá ligada. Se ligarmos 3, a TV já não funcionará mais.

**Resposta correta: (b)**

**Problema 15** Observando bem o gráfico da tensão  $\times$  corrente dado na questão, concluímos que se trata de uma curva e não de uma reta. Isso significa que o resistor com o qual o cientista está trabalhando não é ôhmico, ou seja, não obedece à Primeira Lei de Ohm. Embora não estejamos trabalhando com um resistor ôhmico, a relação da resistência elétrica:

$$R = \frac{V}{i} \quad (1)$$

continua valendo. A questão também nos diz que a tensão  $V$  em função da corrente  $i$  é dada por:

$$V = 10i + i^2 \quad (2)$$

Vamos substituir (2) em (1):

$$R = \frac{10i + i^2}{i}$$

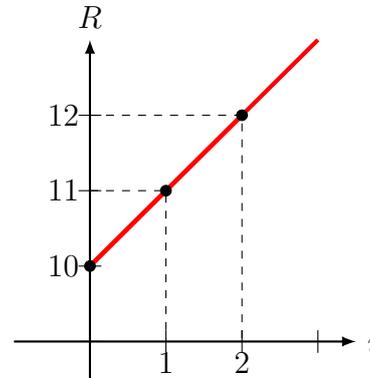
Colocando  $i$  em evidência, temos:

$$R = \frac{\cancel{i} \cdot (10 + i)}{\cancel{i}}$$

$$R = 10 + i$$

Essa é a equação da resistência elétrica em função da corrente. Observe que se trata de uma função do 1º grau, logo o gráfico resistência  $\times$  corrente será uma reta. Vamos atribuir alguns valores para  $i$  e construir esse gráfico.

$i(A)$	$R(\Omega)$
0	10
1	11
2	12



**Resposta correta: (d)**

**Problema 16** Para solucionar essa questão, vamos precisar utilizar a Segunda Lei de Ohm dada por:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{A}$$

Onde:

- $R$  é a resistência elétrica
- $\rho$  é a resistividade
- $L$  é o comprimento do fio
- $A$  é a área transversal

O enunciado da questão nos diz que a resistividade, ou seja,  $\rho$  é a mesma para todos os fios da tabela. Com isso, aplicaremos a Segunda Lei de Ohm em cada um dos fios da tabela.

- Para o fio 1:

$$R1 = \rho \cdot \frac{L1}{A1}$$

$$R1 = \rho \cdot \frac{312}{9}$$

$$R1 \approx 34,67 \cdot \rho$$

- Para o fio 2:

$$R2 = \rho \cdot \frac{L2}{A2}$$

$$R2 = \rho \cdot \frac{47}{4}$$

$$R2 = 11,75 \cdot \rho$$

- Para o fio 3:

$$R3 = \rho \cdot \frac{L3}{A3}$$

$$R3 = \rho \cdot \frac{54}{2}$$

$$R3 = 27 \cdot \rho$$

- Para o fio 4:

$$R4 = \rho \cdot \frac{L4}{A4}$$

$$R4 = \rho \cdot \frac{106}{1}$$

$$R4 = 106 \cdot \rho$$

Dessa forma,  $R2 < R3 < R1 < R4$ .

**Resposta correta: (c)**

**Problema 17** Primeiramente, devemos saber que o amperímetro só pode ser ligado em série com o circuito para poder medir corretamente a corrente elétrica de fuga, ele nunca poderá ser ligado em paralelo. Agora vamos calcular a intensidade da corrente que o amperímetro marcará.

Bom, sabemos que a corrente elétrica é dada por:

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

Onde:

- $Q$  é a quantidade de carga em coulomb
- $\Delta t$  é o intervalo de tempo em segundos

No enunciado, é dito que a carga total da bateria é de:

$$Q = 60Ah$$

$$Q = 60 \cdot 1A \cdot 1h$$

Como  $1A = \frac{1C}{1s}$  e  $1h = 60 \text{ min} = 3600s$ , temos que:

$$Q = 60 \cdot \frac{1C}{1s} \cdot 3600s$$

$$Q = 60 \cdot 3600 C$$

Além disso, é dado que o tempo que a bateria leva para descarregar completamente é de:

$$\Delta t = 5 \text{ dias}$$

Como  $1 \text{ dia} = 24h = 24 \cdot \underbrace{60min}_{3600s} = 24 \cdot 3600s$ , temos que:

$$\Delta t = 5 \cdot 24 \cdot 3600s$$

Pronto, agora que a carga está em coulomb e o tempo em segundos, é só aplicar na fórmula da corrente elétrica:

$$i = \frac{60 \cdot \cancel{3600}}{5 \cdot 24 \cdot \cancel{3600}}$$

$$i = \frac{12 \cdot \cancel{5}}{\cancel{5} \cdot 24}$$

$$i = \frac{12^{12}}{24^{12}}$$

$$i = \frac{1}{2}$$

$$i = 0,5A$$

Logo, essa será a corrente marcada pelo amperímetro.

**Resposta correta: (b)**

**Problema 18** Da Primeira Lei de Ohm, sabemos que:

$$U = R \cdot i$$

Onde:

- $U$  é a d.d.p
- $R$  é a resistência elétrica
- $i$  é a corrente elétrica

Como a tabela faz uma analogia à lei de Ohm, basta aplicarmos a Primeira Lei de Ohm em cada uma das três rotas que estão na tabela. Vamos fazer isso:

- Rota 1:

$$U_1 = R_1 \cdot i_1$$

$$510 = R_1 \cdot 4$$

$$R_1 = \frac{510}{4}$$

$$R_1 = 127,5 \frac{J \cdot s}{(\text{carro})^2 \cdot m}$$

- Rota 2:

$$U_2 = R_2 \cdot i_2$$

$$608 = R_2 \cdot 4$$

$$R_2 = \frac{608}{4}$$

$$R_2 = 152 \frac{J \cdot s}{(\text{carro})^2 \cdot m}$$

- Rota 3:

$$U_3 = R_3 \cdot i_3$$

$$575 = R_3 \cdot 3$$

$$R_3 = \frac{575}{3}$$

$$R_3 = 191,7 \frac{J \cdot s}{(\text{carro})^2 \cdot m}$$

Note que a unidade da resistência está um pouco estranha, mas isso se deve às unidades da d.d.p. e da corrente que são, respectivamente,  $\frac{J}{\text{carro} \cdot m}$  e  $\frac{\text{carro}}{s}$ .

A relação entre as resistências das rotas que acabamos de calcular, portanto, é:

$$R_1 < R_2 < R_3$$

Sendo assim, a ordem crescente das rotas será 1, 2, 3.

**Resposta correta:** (a)

## 2.5 Resolução das Questões de Eletromagnetismo

**Problema 19** A questão inicialmente fornece uma dica de que o movimento helicoidal é a composição do movimento circular uniforme com o movimento retilíneo uniforme. Além disso, o movimento circular, que é o que nos interessa, ocorre no plano yz e envolve a quantidade de voltas em um determinado tempo. A questão pede a massa do íon com base nos dados informados. Vamos lembrar das equações da força magnética ( $F_{mg}$ ) e da força centrípeta ( $F_{cp}$ ):

$$\text{Força magnética: } F_{mg} = qvB \sin 90^\circ$$

$$\text{Força centrípeta: } F_{cp} = \frac{mv^2}{R}$$

**Observação:** O ângulo é  $90^\circ$  porque a velocidade é perpendicular ao campo magnético, onde  $\sin 90^\circ = 1$ .

A força magnética aplicada no íon é igual à força centrípeta:

$$F_{mg} = F_{cp}$$
$$qvB = \frac{mv^2}{R}$$

Dividindo e isolando a velocidade, temos:

$$v = \frac{qBR}{m}$$

Como não temos a velocidade para determinar a massa, vamos relacionar a velocidade com o número de voltas e o tempo necessário para completá-las. Como a velocidade é dada por  $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$  e, considerando apenas uma única volta, podemos substituir a distância percorrida por  $2\pi R$ . Assim, a velocidade  $v = \frac{2\pi R}{T}$ , onde  $T$  é o período de uma volta. No entanto, não foi informado o período  $T$ , mas sim o tempo total para  $N$  voltas. Portanto, podemos multiplicar  $N$  pela distância de uma volta, resultando em  $v = \frac{2\pi RN}{t}$ , onde  $t$  é o tempo total para  $N$  voltas. Expressando  $m$  em função de outras variáveis, multiplicando pelo tempo e dividindo por  $2\pi R$ , obtemos:

$$m = \frac{qBt}{2\pi N}$$

**Resposta correta: (a)**

**Problema 20** Na figura, ocorre o afastamento relativo entre o ímã e a espira. Nessa situação, de acordo com a lei de Lenz, ocorre força de atração entre ambos, formando um polo sul na extremidade esquerda da espira. Para que uma outra situação apresente corrente no mesmo sentido, a extremidade esquerda da espira deve continuar formando um polo sul. Podemos obter esse resultado invertendo o ímã e provocando um movimento de aproximação relativa entre eles, deslocando o ímã para a direita e a espira para a esquerda.

**Resposta correta: (a)**

**Problema 21** A questão é bem simples. Primeiro, vamos entender por que uma pessoa leva um choque ao encostar na cerca. Isso está relacionado à indução eletromagnética. Na rede de alta tensão, está passando uma corrente elétrica alternada que produz, ao redor da rede, um campo magnético também alternado. Essa é a situação perfeita para a indução eletromagnética em uma espira, produzindo assim uma corrente elétrica induzida. Em relação à cerca, o arame serve como espira que será induzida pela variação do fluxo magnético. Dessa forma, temos uma certa área onde ocorre a variação do fluxo magnético, o que leva à produção de corrente elétrica alternada. O problema é que, quando uma pessoa encosta na cerca, parte dessa corrente acaba fluindo pelo corpo da pessoa, passando pelo ponto de contato até chegar ao chão. Para evitar isso, o ideal seria ligar o sistema à terra através de um fio condutor, ou seja, fazer o aterramento dos arames.

**Resposta correta: (a)**