FÍSICA

1

Ondas eletromagnéticas são criadas a partir da oscilação de campos elétricos e magnéticos. Uma fonte luminosa, como o sol ou uma lâmpada, emite luz (onda eletromagnética) que oscila em várias direções. O fenômeno conhecido como polarização da luz acontece quando a onda eletromagnética oscila somente em uma direção. Os filtros polaroides são materiais que permitem a passagem da luz em apenas um plano de oscilação e a luz que passa por eles é chamada de luz polarizada.

Com base nessas informações, responda aos itens a seguir.

a) Considere que uma loja esteja com um anúncio de óculos com lentes polarizadoras, ou seja, óculos com filtros polaroides.

Descreva de que forma, ali mesmo na loja, ou seja, mesmo sem recursos técnicos, seria possível comprovar se os óculos do anúncio realmente possuem filtros polaroides.
Observação: um esquema pode ajudar a justificar sua resposta.

b) Uma forma de determinar a intensidade luminosa de uma fonte é dividindo a sua potência pela área iluminada:

$$\boldsymbol{I = \frac{P}{A}}$$

Considere uma lâmpada emitindo ondas eletromagnéticas esféricas em todas as direções, com potência total de 48 W.

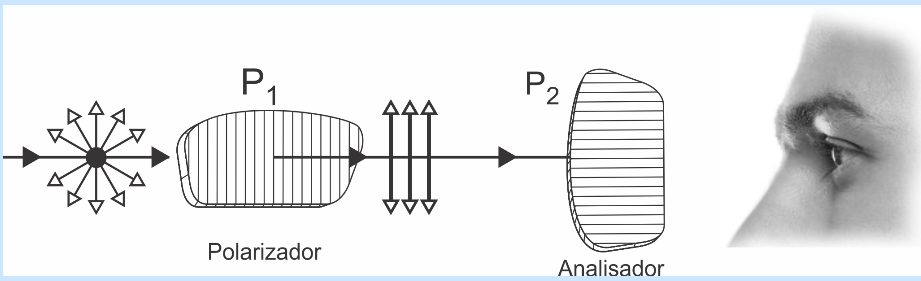
Determine a intensidade luminosa a uma distância de 2 m da lâmpada. Utilize π = 3.

QUESTÃO 1 – EXPECTATIVA DE RESPOSTA

Conteúdo programático: Ondas eletromagnéticas.

Resposta esperada:

a) Para verificar que as lentes são polarizadoras, é necessário usar dois óculos com lentes polaroides, e colocar o primeiro perpendicularmente ao segundo, ao longo da direção de propagação da luz. Como as lentes dos óculos irão permitir a passagem da luz com polarização em uma única direção, quando elas estiverem dispostas em um ângulo de 90°, uma com relação à outra, haverá um bloqueio da passagem da onda eletromagnética. Assim, caso seja verificado o bloqueio da luz pelas duas lentes, ficará comprovado que as lentes possuem filtros polaroides. Ou seja, usa-se a primeira lente como polarizador e a segunda como analisador, conforme representado no esquema a seguir.



b) Usando a equação

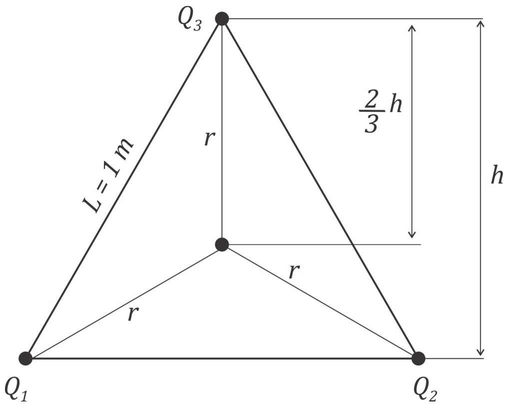
$$I = \frac{P}{A}$$

onde $A = 4\pi r^2$, temos $I = \dfrac{48}{4 \cdot \pi \cdot 2^2} = \dfrac{48}{4 \cdot 3 \cdot 2^2} = 1\ \frac{W}{m^2}$.

Portanto, a intensidade luminosa a uma distância de 2 m da lâmpada é de 1 W/m^2.

2

Uma distribuição de cargas, na forma de um triângulo equilátero, contém uma carga em cada um de seus vértices, como mostra a figura a seguir.



Considere que o sistema de cargas esteja no vácuo, que a constante eletrostática é igual a 9$\times$10^9 Nm^2/C^2 e que a aresta do triângulo tenha 1 m de comprimento.

Com base nessas informações, responda aos itens a seguir.

a) Para o caso em que as cargas $Q_1 = +1$ nC e $Q_2 = +5$ nC, obtenha o valor de Q_3 (módulo e sinal) para que a componente vertical (ou seja, perpendicular à linha que une Q_1 e Q_2) do campo elétrico resultante seja nula no centro do triângulo.
Dado: sen 30° = cos 60° = 0,5.

b) Considerando, agora, que as três cargas sejam todas iguais a $+1$ nC (1 nC=10^{-9}C), obtenha o valor do potencial elétrico no centro do triângulo.

QUESTÃO 2 – EXPECTATIVA DE RESPOSTA

Conteúdo programático: Eletrostática. Vetores.

Resposta esperada:

a) Incógnita: valor da carga Q_3.
A soma dos vetores Campo $\overrightarrow{E}$ no ponto de simetria precisa ser zero.
Fazendo as projeções dos campos $\overrightarrow{E_1}$ e $\overrightarrow{E}_2$ na vertical, temos que

$$E_1 \cdot \text{sen}(30°) + E_2 \cdot \text{sen}(30°) = E_3$$

Substituindo, nesta soma, a equação do campo para a carga pontual e os respectivos valores de Q_1 e Q_2, encontramos o valor da carga Q_3. $\overrightarrow{E_R} = 0$, isto é,

$$\overrightarrow{E_1} + \overrightarrow{E_2} + \overrightarrow{E_3} = 0$$

$$E_1 \cdot \text{sen}(30°) + E_2 \cdot \text{sen}(30°) = E_3$$

$$\frac{KQ_1}{r^2} \cdot \text{sen}(30°) + \frac{KQ_2}{r^2} \cdot \text{sen}(30°) = \frac{KQ_3}{r^2}$$

$$1 \cdot \frac{1}{2} + 5 \cdot \frac{1}{2} = Q_3$$

$$Q_3 = 3 \text{ nC}$$

A carga Q_3 precisa ser positiva para que o vetor $\overrightarrow{E_3}$ tenha orientação vertical e para baixo e, assim, cancele a soma das projeções verticais de $\overrightarrow{E_1}$ e $\overrightarrow{E_2}$.

b) Incógnita: valor do potencial V.

O potencial elétrico é uma grandeza escalar, logo o potencial no ponto de simetria será

$V = V_1 + V_2 + V_3$, ou seja, $V = \dfrac{3KQ}{r}$ com $Q = 1$ nC.

O valor de $r = \dfrac{2}{3}h$, com $h = \dfrac{\sqrt{3}}{2}L$, o qual é obtido do teorema de Pitágoras ao dividir o triângulo equilátero em dois triângulos retângulos.

$L^2 = h^2 + \left(\dfrac{L}{2}\right)^2 \Rightarrow h = \sqrt{L^2 - \dfrac{L^2}{4}} \Rightarrow h = \dfrac{\sqrt{3}}{2}L$

Substituindo h em r e sendo L = 1 m, tem-se que $r = \dfrac{\sqrt{3}}{3}$.

Desta forma,

$$V = \frac{3KQ}{r}$$

$$V = \frac{3 \cdot 9 \times 10^9 \cdot 1 \times 10^{-9}}{\frac{\sqrt{3}}{3}}$$

$$V = \frac{81\sqrt{3}}{3}$$

$$V = 27\sqrt{3} \text{ Volts.}$$

3

Uma espaçonave, de massa igual a 1×10^4 kg, está passando pelas imediações de um planeta remoto, cuja massa é de 8×10^{24} kg. Esse planeta possui um satélite natural, que tem 1% da sua massa e cujo raio da órbita em torno do planeta é de 3,3×10^8 m.

Com base nessas informações, responda aos itens a seguir.

a) Considere a figura A ao lado (note que a figura não está em escala). A rota da espaçonave prevê que ela passe exatamente pelo ponto, entre o planeta e o satélite, onde a força gravitacional resultante sobre a nave é nula.

Calcule a distância em que a espaçonave estará do centro do satélite nesse exato instante.

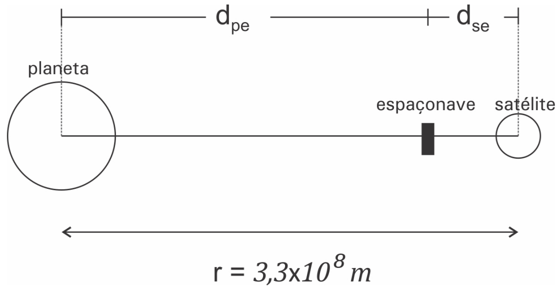


Figura A

b) A magnitude da energia devida à atração gravitacional entre dois corpos de massas m_1 e m_2 é dada por $U = G\,\dfrac{m_1 \cdot m_2}{d}$, onde d é a distância entre os dois corpos.

Ao longo de sua viagem, a espaçonave passa por um ponto, onde ela, o planeta e o satélite ocupam os vértices de um triângulo equilátero, conforme a figura B ao lado. A partir dessa posição, calcule o trabalho mínimo que deveria ser realizado pelos motores da espaçonave para que ela escapasse da atração gravitacional exercida sobre ela pelo planeta e pelo satélite. Para essa estimativa, despreze o movimento do planeta e do satélite. Considere a constante de gravitação universal $G = 6,6 \times 10^{-11}$ Nm^2/kg^2.
Observação: Ao escapar da atração gravitacional, $U = 0$.

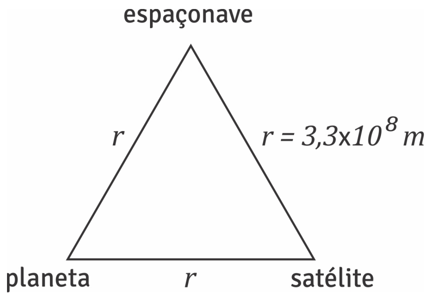


Figura B

QUESTÃO 3 – EXPECTATIVA DE RESPOSTA

Conteúdo programático: Força gravitacional. Trabalho e energia potencial.

Resposta esperada:

a) Incógnita: distância espaçonave-satélite (d_{se}).

Para que a força gravitacional resultante sobre a espaçonave seja nula, $F_{pe} = F_{se}$, onde F_{pe} é a força gravitacional entre o planeta e a espaçonave, e F_{se} é a força gravitacional entre o satélite e a espaçonave. Aplicando a lei da gravitação universal,

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

em que r é a distância entre os corpos de massas m_1 e m_2, respectivamente, teremos:

$$G\,\frac{m_p \cdot m_e}{d_{pe}^2} = G\,\frac{m_s \cdot m_e}{d_{se}^2}$$

Mas $d_{pe} + d_{se} = r$, logo, $d_{pe} = r - d_{se}$. Assim, uma vez que $m_s = 0,01 \cdot m_p$, teremos:

$$\frac{m_p}{(r - d_{se})^2} = \frac{0,01 \cdot m_p}{d_{se}^2}$$

$$\frac{1}{(r - d_{se})} = \frac{0,1}{d_{se}}$$

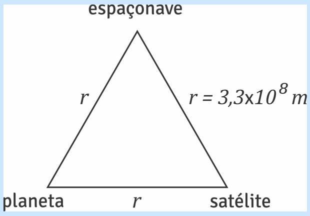
$$10d_{se} = r - d_{se}$$

$$11d_{se} = r$$

$$d_{se} = \frac{330000}{11}$$

de onde se obtém que $d_{se} = 30000$ km ou 3×10^7 m.

b) Incógnita: trabalho ($W = -\Delta U$, onde U é a energia potencial gravitacional).



O trabalho é o negativo da diferença de energia potencial entre dois pontos quaisquer a e b. Designando por a a configuração inicial e por b a configuração final, tem-se que
$W = U_{inicial} - U_{final}$.
Para escapar da atração gravitacional do sistema, $U_{final} = 0$. Logo,

$$W = U_a = G\,\frac{m_p \cdot m_e}{d_{pe}} + G\,\frac{m_s \cdot m_e}{d_{se}} = G\,\frac{m_p \cdot m_e}{r} + G\,\frac{m_s \cdot m_e}{r} = \frac{Gm_e}{r}(m_p + m_s).$$

Substituindo os valores do enunciado, teremos:

$$W = \frac{6,6 \times 10^{-11} \cdot 10000}{330000000}(8 \times 10^{24} + 0,08 \times 10^{24})$$

$$W = \frac{6,6 \times 10^{-11} \cdot 1 \times 10^4}{3,3 \times 10^8}(8,08 \times 10^{24})$$

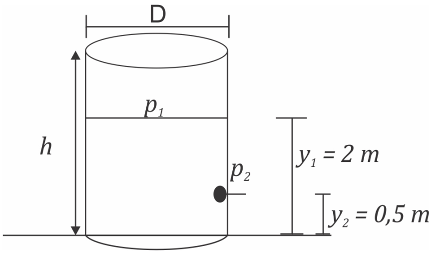
$W = 16,16 \times 10^9$ J ou $W = 1,616 \times 10^{10}$ J.

4

Um cilindro metálico, com 1 m de diâmetro e 2,5 m de altura, serve como tanque para armazenar um combustível com densidade de 800 kg/m^3. Quando o tanque está fechado e abastecido com uma coluna de combustível de 2 m de altura, a pressão na superfície do combustível armazenado no cilindro é de 4,48$\times$10^5 Pa.

Com base nessas informações, responda aos itens a seguir.

a) Acidentalmente, é feito um furo circular neste tanque a 0,5 m acima de sua base, cujo diâmetro é de 1 mm, como representado na figura a seguir (note que a figura não está em escala).



Esse furo só foi observado 1 hora após o ocorrido.

Calcule a quantidade de litros de combustível que vazou pelo furo nesse intervalo de tempo.

Utilize $g = 10$ m/s^2 e $\pi = 3$. Sabe-se que 1 mm = 10^{-3} m, 1 L = 10^{-3} m^3 e 1 h = 3600 s.
Considere a pressão atmosférica = 1$\times$10^5 Pa.
Observação: considere que a velocidade de escoamento do líquido pelo furo (v_2) é muito maior que a velocidade com que o nível de combustível decresce (v_1). Logo, v_1 pode ser desprezada.

b) Consertado o furo, o tanque foi completamente abastecido logo ao raiar do dia.

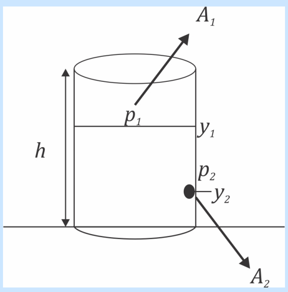
Considerando que os coeficientes de dilatação volumétrica do combustível e do metal do cilindro valem, respectivamente, 10^{-3} °C^{-1} e 7$\times$10^{-5} °C^{-1}, calcule a quantidade de litros de combustível que transbordaria do tanque se ele permanecesse aberto ao longo do dia, supondo uma variação máxima de temperatura de 20 °C.
Observação: considere que os volumes iniciais de combustível e do cilindro são iguais (com as dimensões iniciais dadas no enunciado). Despreze as perdas por evaporação do combustível.

QUESTÃO 4 – EXPECTATIVA DE RESPOSTA

Conteúdo programático: Equação de Bernoulli. Expansão térmica da matéria.

Resposta esperada:

a) Incógnita: Vazão $Z = A \cdot v$



Equação de Bernoulli:

$$p_1 + \rho \cdot g \cdot y_1 + \frac{1}{2}\rho \cdot v_1^2 = p_2 + \rho g \cdot y_2 + \frac{1}{2}\rho \cdot v_2^2$$

em que 1 é o ponto na superfície do combustível e 2 é o ponto no furo do cilindro. Se v_1 pode ser desprezado, então, o terceiro termo do lado esquerdo da equação de Bernoulli também pode ser desprezado. Considerando que p_1 é a pressão no ponto 1, p_2 é a pressão atmosférica, e sabendo que $\rho = 800$ kg/m^3 e $g = 10$ m/s^2, teremos:

$$p_1 - p_2 + \rho g(y_1 - y_2) = \frac{1}{2}\rho v_2^2$$

$$3,48 \times 10^5 + 800 \cdot 10 \cdot (2 - 0,5) = 400 \cdot v_2^2$$

$$348000 + 12000 = 400 \cdot v_2^2$$

$$v_2^2 = \frac{360000}{400}$$

$$v_2^2 = 900$$

$$v_2^2 = 30 \text{ m/s.}$$

Desta forma, a vazão pelo orifício de área A_2 será dada por:

$$Z = A_2 \cdot v_2$$
$$Z = \pi r^2 \cdot v_2$$
$$Z = 3 \cdot (0,5 \times 10^{-3})^2 \cdot 30$$
$$Z = 3 \cdot (0,25 \times 10^{-6}) \cdot 30$$
$$Z = (0,75 \times 10^{-6}) \cdot 30$$
$$Z = 22,5 \times 10^{-6} \text{ m}^3\text{/s}$$

Essa será a vazão por segundo. Como o combustível ficou vazando por 1 h, e sabendo que 1 h equivale a 3600 s, a vazão total será:
$Z_{total} = 22,5 \times 10^{-6} \cdot 3600$
$Z_{total} = 81000 \times 10^{-6}$ m^3, e como 1 L = 10^{-3} m^3, teremos então que a vazão total será de 81 L.

b) Incógnita: Variação de volume ($\Delta V = \gamma V_0 \Delta T$).

Como o cilindro de combustível está cheio, o volume V_0 será o volume do combustível, que é o mesmo que o volume do cilindro. Sendo o volume de um cilindro dado por $V_{cil} = \pi \cdot r^2 \cdot h$, desde que $\pi = 3$, o raio vale $r = 0,5$ m e a altura $h = 2,5$ m, tem-se que $V_0 = 1,875$ m^3. O volume transbordado é dado pela diferença entre a variação de volume do combustível e a variação de volume do cilindro, mediante a variação de temperatura indicada no enunciado. Logo,

$$\Delta V = \gamma_{comb} V_0 \Delta T - \gamma_{cil} V_0 \Delta T$$

em que γ_{comb} e γ_{cil} são, respectivamente, os coeficientes de dilatação volumétrica do combustível e do metal do cilindro. Com os valores fornecidos pelo enunciado, teremos

$$\Delta V = 10^{-3} \cdot 1,875 \cdot 20 - 7 \times 10^{-5} \cdot 1,875 \cdot 20$$
$$\Delta V = 37,5 \cdot 10^{-3} - 262,5 \times 10^{-5}$$
$$\Delta V = 37,5 \cdot 10^{-3} - 2,625 \cdot 10^{-3}$$
$$\Delta V = 34,875 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

e como 1 L = 10^{-3} m^3, a quantidade de combustível que transbordou foi de 34,875 L (ou, aproximadamente, 35 L).