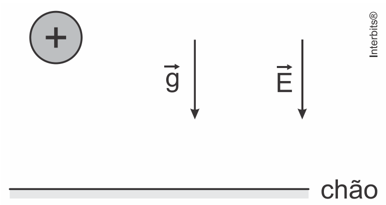
ELETRICIDADE

Não se esqueça que o gabarito pode ser encontrado, junto com as questões (novamente) na tag Vestibular 2021

1. (Unicamp 2020) Existem na natureza forças que podemos observar em nosso cotidiano. Dentre elas, a força gravitacional da Terra e a força elétrica. Num experimento, solta-se uma bola com carga elétrica positiva, a partir do repouso, de uma determinada altura, numa região em que há um campo elétrico dirigido verticalmente para baixo, e mede-se a velocidade com que ela atinge o chão. O experimento é realizado primeiramente com uma bola de massa m e carga q, e em seguida com uma bola de massa $2m$ e mesma carga q.



Desprezando a resistência do ar, é correto afirmar que, ao atingir o chão,
a) as duas bolas terão a mesma velocidade.
b) a velocidade de cada bola não depende do campo elétrico.
c) a velocidade da bola de massa m é maior que a velocidade da bola de massa $2m$.
d) a velocidade da bola de massa m é menor que a velocidade da bola de massa $2m$.

2. (Unicamp 2020) Relês são dispositivos eletromecânicos usados para abrir e fechar contatos elétricos através da deflexão de uma lâmina metálica (armadura) que é atraída pelo campo magnético gerado por uma bobina, conforme ilustra a Figura A.
a) No relê da Figura A, a constante elástica da mola presa à armadura é $k = 1500\ N/m$. Quando a bobina é ligada, qual é a energia potencial da mola, se ela for distendida de $\Delta x = 0{,}8\ mm$ em relação à sua posição de equilíbrio?
b) Resistores LDR (Resistor Dependente de Luz) apresentam alta resistência elétrica na ausência de luz, e baixa resistência quando iluminados. Um uso frequente desses resistores se verifica no acionamento de relês. A Figura B a seguir fornece a resistência do LDR do circuito da Figura C em função da intensidade luminosa. Qual é a tensão no LDR quando a intensidade de luz solar nele incidente é igual a $I = 0{,}5\ W/m^2$?

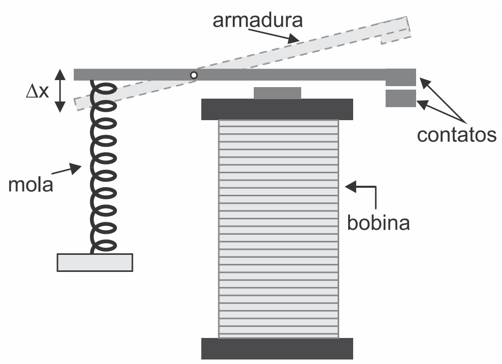


Figura A

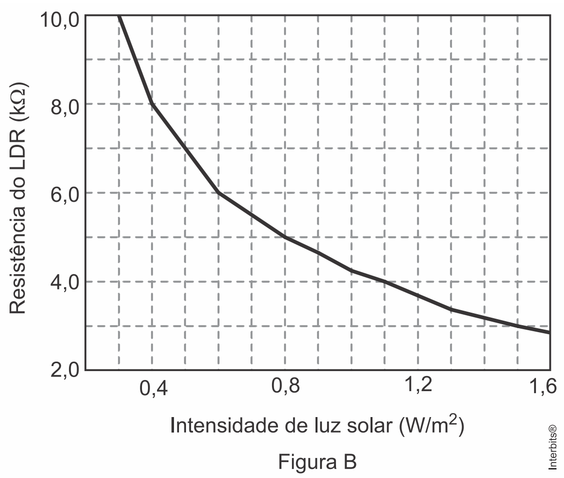


Figura B

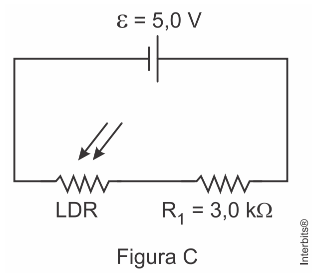
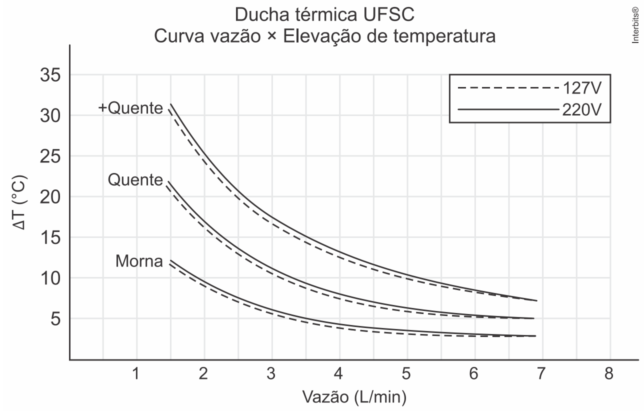


Figura C

3. (Ufsc 2020) Uma pessoa com urticária colinérgica tem alergia ao aumento da temperatura do corpo, o que pode ocorrer em dias quentes, na realização de atividades físicas ou ao tomar banho quente. As pesquisadoras Marta e Maria desenvolveram a “Ducha térmica UFSC”, capaz de aquecer a água gradativamente, com a chave em três posições específicas (+Quente, Quente e Morna) e com um mostrador digital de temperatura de saída da água para pessoas com urticária colinérgica. A curva de vazão versus elevação de temperatura é mostrada no gráfico abaixo.



A ducha foi testada em Florianópolis $(220\ \text{V})$ durante o banho de uma pessoa cadeirante e com urticária colinérgica em temperaturas superiores a $24{,}7\ ^\circ\text{C}.$ No teste, a água perdia 5% da temperatura na queda do alto do chuveiro até o corpo do cadeirante. Admita que a água entra no chuveiro a $20\ ^\circ\text{C}.$

Sobre o assunto abordado e com base no exposto acima, é correto afirmar que:

01) ligando a ducha na posição Quente, não é possível fazer com que a água chegue ao cadeirante com sua temperatura máxima de tolerância.
02) não é possível obter a temperatura de $10\ ^\circ\text{C}$ para as três posições com a mesma vazão de água.
04) nessa ducha, a vazão é diretamente proporcional à temperatura da água.
08) ligada com uma vazão de $3{,}5\ \text{L/min}$ e na posição Morna, a ducha proporciona ao cadeirante sentir a água com a temperatura de $23{,}75\ ^\circ\text{C}.$
16) na vazão de $6\ \text{L/min}$ e na posição Quente, a potência fornecida para a água é de $500\ \text{W}.$
32) considerando um banho de $1/4$ de hora com uma vazão de $5\ \text{L/min},$ a ducha libera $75\ \text{kg}$ de massa de água.

4. (Ufjf-pism 3 2020) Luiz e Sergio brincam de cabo de guerra eletrostático: uma bolinha de isopor, eletrizada positivamente por atrito, e pendurada com um fio de seda a um suporte, de forma que ela possa balançar livremente. Cada um escolhe um bastão diferente para eletrizar, e depois de atritarem uma das extremidades de cada bastão, colocam-nos em posições opostas, mas equidistantes, a bolinha. Ganha o jogo quem tiver eletrizado mais seu próprio bastão. Na brincadeira, a bolinha se deslocou para uma posição de equilíbrio mais próxima ao bastão de Luiz. Pode-se afirmar com certeza somente que:
a) Se os bastões tem cargas opostas entre si, então Luiz ganhou a brincadeira.
b) Se os bastões tem cargas opostas entre si, então Sergio ganhou a brincadeira.
c) Se os bastões tem cargas positivas, então Sergio ganhou a brincadeira.
d) Se os bastões tem cargas negativas, então Sergio ganhou a brincadeira.
e) Se os bastões tem cargas positivas, então Luiz ganhou a brincadeira.

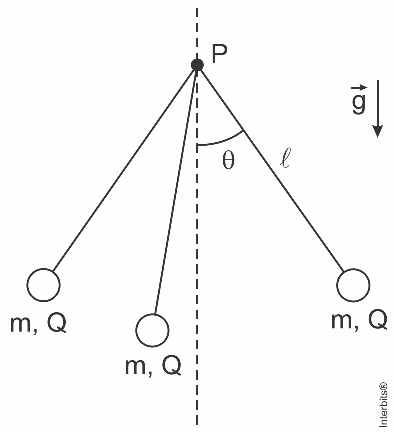
5. (Ime 2020) Duas partículas com cargas elétricas q_1 e q_2 movem-se no plano xy e suas posições em função do tempo t são dadas pelos pares ordenados $p_1(t) = [x_1(t), y_1(t)]$ e $p_2(t) = [x_2(t), y_2(t)]$, respectivamente.

Dados:
- constante de Coulomb: $k = 9{,}0 \times 10^9$;
- cargas elétricas: $q_1 = 2{,}0 \times 10^{-6}$ e $q_2 = 2{,}5 \times 10^{-6}$; e
- posições das partículas: $p_1(t) = \left(\frac{5}{\sqrt{t}}, \frac{1}{\sqrt{t}} - 1\right)$, $p_2(t) = \left(\frac{1}{\sqrt{t}}, \frac{4}{\sqrt{t}} - 1\right)$

Considerando todas as grandezas dadas no Sistema Internacional de Unidades, o módulo da componente y do impulso da força que uma partícula exerce sobre a outra no intervalo de tempo de $1{,}0$ a $6{,}0$ é:

a) $13{,}5 \times 10^{-3}$
b) $18{,}9 \times 10^{-3}$
c) $25{,}2 \times 10^{-3}$
d) $31{,}5 \times 10^{-3}$
e) $37{,}8 \times 10^{-3}$

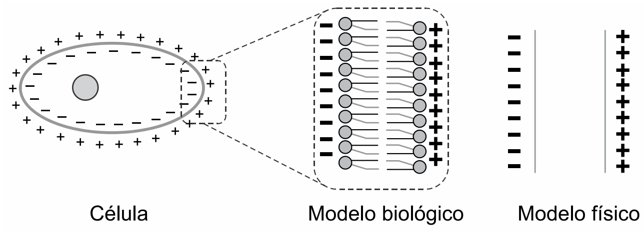
6. (Ita 2020) Três esferas idênticas de massa m, carga elétrica Q e dimensões desprezíveis, são presas a extremidades de fios isolantes e inextensíveis de comprimento ℓ. As demais pontas dos fios são fixadas a um ponto P, que sustenta as massas. Na condição de equilíbrio do sistema, verifica-se que o ângulo entre um dos fios e a direção vertical é ,conforme mostra a figura.



Sendo ε_0 a permissividade elétrica do meio, o valor da carga elétrica Q, é dada por

a) $\ell\sqrt{12\pi\varepsilon_0 mg\,\text{sen}\,\theta\cos\theta}$.
b) $\ell\sqrt{4\pi\varepsilon_0 mg\,\text{tg}\,\theta\sqrt{3}}$.
c) $\ell\,\text{sen}\,\theta\sqrt{4\pi\varepsilon_0 mg\,\text{tg}\,\theta\sqrt{3}}$.
d) $\ell\,\text{sen}\,\theta\sqrt{\dfrac{4\pi\varepsilon_0 mg\,\text{tg}\,\theta}{\sqrt{3}}}$.
e) $\ell\,\text{sen}\,\theta\sqrt{4\pi\varepsilon_0 mg\,\text{tg}\,\theta}$.

7. (Famerp 2020) Nas Ciências, muitas vezes, se inicia o estudo de um problema fazendo uma aproximação simplificada. Um desses casos é o estudo do comportamento da membrana celular devido à distribuição do excesso de íons positivos e negativos em torno dela. A figura mostra a visão geral de uma célula e a analogia entre o modelo biológico e o modelo físico, o qual corresponde a duas placas planas e paralelas, eletrizadas com cargas elétricas de tipos opostos.

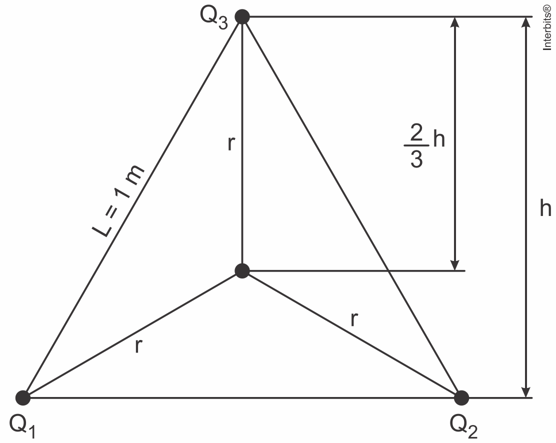


(http://bioquimica.org.br. Adaptado.)

Com base no modelo físico, considera-se que o campo elétrico no interior da membrana celular tem sentido para

a) fora da célula, com intensidade crescente de dentro para fora da célula.
b) dentro da célula, com intensidade crescente de fora para dentro da célula.
c) dentro da célula, com intensidade crescente de dentro para fora da célula.
d) fora da célula, com intensidade constante.
e) dentro da célula, com intensidade constante.

8. (Uel 2020) 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.



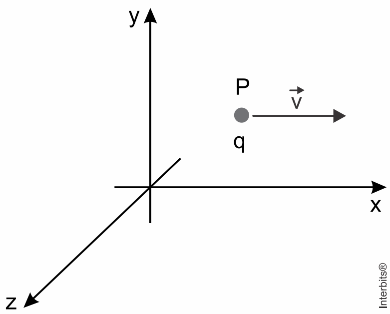
Considere que o sistema de cargas esteja no vácuo, que a constante eletrostática é igual a $9 \times 10^9\ Nm^2/C^2$ e que a aresta do triângulo tenha $1\,m$ de comprimento.

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: $\text{sen}\ 30° = \cos 60° = 0{,}5.$

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.

9. (Famerp 2020) A figura mostra uma partícula q, com carga elétrica positiva de $3{,}2 \times 10^{-19}\ C,$ no instante em que passa pelo ponto $P,$ deslocando-se em movimento retilíneo e uniforme, paralelamente ao eixo $x,$ com velocidade $5{,}0 \times 10^4\ m/s.$ Nessa região, existe um campo elétrico e um campo magnético, ambos uniformes e perpendiculares entre si.

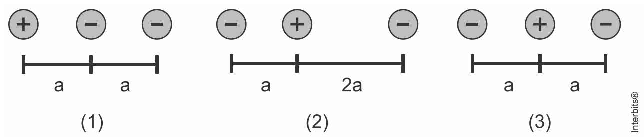


No ponto $P,$ a força que atua sobre a partícula, em função da ação do campo elétrico, tem intensidade $1{,}6 \times 10^{-14}\ N,$ na direção e no sentido positivo do eixo $y.$ Despreze a ação do campo gravitacional e de possíveis forças de resistência.

a) Com base no referencial da figura, determine a direção, o sentido e a intensidade, em newtons por coulomb, do vetor $\vec{E},$ que representa o campo elétrico no ponto $P.$

b) Com base no referencial da figura, determine a direção, o sentido e a intensidade, em teslas, do vetor $\vec{B},$ que representa o campo magnético no ponto $P.$

10. (Ufrgs 2020) Duas cargas negativas e uma carga positiva, as três de mesmo módulo, estão arranjadas, em posições fixas, de três maneiras distintas, conforme representa a figura abaixo.



Assinale a alternativa que ordena corretamente os valores da energia potencial eletrostática armazenada U.

a) $U_{(1)} > U_{(2)} = U_{(3)}$
b) $U_{(1)} > U_{(2)} > U_{(3)}$
c) $U_{(1)} = U_{(2)} = U_{(3)}$
d) $U_{(1)} < U_{(2)} < U_{(3)}$
e) $U_{(1)} < U_{(2)} = U_{(3)}$

Gabarito:

Resposta da questão 1: [C]

Pelo Teorema da Energia Cinética:

$$\tau_{total} = \Delta E_c$$
$$\tau_{Fe} + \tau_P = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0{}^2}{2}$$
$$qEh + mgh = \frac{mv^2}{2} - \frac{m \cdot 0^2}{2}$$
$$v = \sqrt{2h\left(\frac{qE}{m} + g\right)}$$

Portanto, o corpo de menor massa possui maior velocidade final.

Resposta da questão 2: a) A energia potencial elástica da mola será dada por:

$$E = \frac{k\Delta x^2}{2} = \frac{1500 \cdot \left(0,8 \cdot 10^{-3}\right)^2}{2}$$
$$\therefore E = 4,8 \cdot 10^{-4} \text{ J}$$

b) Pelo gráfico, quando $I = 0,5 \text{ W}/\text{m}^2$, temos $R = 7 \text{ k}\Omega$. Logo, a corrente no circuito será de:

$$i = \frac{\varepsilon}{R + R_1} = \frac{5}{7 \cdot 10^3 + 3 \cdot 10^3}$$
$$i = 5 \cdot 10^{-4} \text{ A}$$

Sendo assim, a tensão no LDR será de:

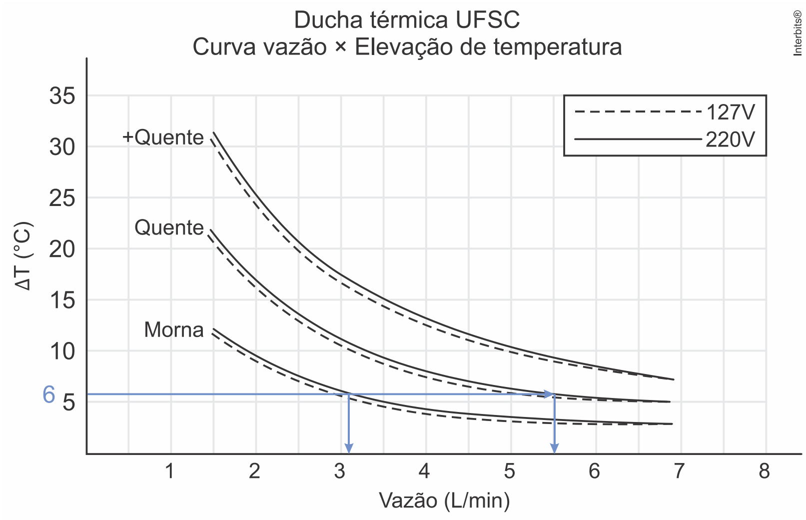
$$U = Ri = 7 \cdot 10^3 \cdot 5 \cdot 10^{-4}$$
$$\therefore U = 3,5 \text{ V}$$

Resposta da questão 3: 02 + 08 + 32 = 42.

Análise das afirmativas:
[01] Falsa. A temperatura da água na saída do chuveiro deve ser tal que compense a perda de 5% na temperatura até chegar ao cadeirante.

$$T = \frac{24,7\,°C}{0,95} \therefore T = 26\,°C$$

Como a elevação de temperatura é de apenas $6\ °C$, de acordo com o gráfico poderia se utilizar da regulagem Morna (na vazão de $3 \text{ L}/\text{min}$) e a regulagem Quente (para a vazão de $5,5 \text{ L}/\text{min}$), de acordo com a figura abaixo.



[02] Verdadeira. Não há como ter a mesma temperatura de $10^\circ C$ com a mesma vazão de água, mas poderíamos ter para uma elevação de temperatura de $10^\circ C$ vazões diferentes para cada regulagem do chuveiro.

[04] Falsa. Pelo contrário, à medida que aumenta a vazão diminui a elevação de temperatura, isto é, estas grandezas são inversamente proporcionais.

[08] Verdadeira. Fazendo o cruzamento dos dados no gráfico, chegamos a uma elevação de temperatura de $5^\circ C$, representando a saída da água no chuveiro em $25^\circ C$. Com a perda de 5% na temperatura, quando a água chegar ao cadeirante, temos:

$$T = 25^\circ C \cdot 0{,}95 \therefore T = 23{,}75^\circ C$$

[16] Falsa. Fazendo a leitura no gráfico, chegamos a uma elevação de temperatura de $5^\circ C$, para a vazão de $6\ L/min$ e na posição Quente. A massa de água aquecida por segundo $(\dot{m})$ será de:

$$\dot{m} = 6\ \frac{L}{min} \cdot \frac{1000\ g}{1\ L} \cdot \frac{1\ min}{60\ s} \therefore \dot{m} = 100\ \frac{g}{s}$$

Aquecimento da massa de água por segundo é determinado pelo calor sensível e representa a taxa de calor por segundo que é a potência:

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot c \cdot \Delta T = 100\ \frac{g}{s} \cdot 1\ \frac{cal}{g \cdot {}^\circ C} \cdot 5^\circ C \therefore \dot{Q} = 500\ \frac{cal}{s}$$

Transformando a unidade para joule por segundo temos a potência em watts.

$$\dot{Q} = P = 500\ \frac{cal}{s} \cdot \frac{4\ J}{1\ cal} \therefore \dot{Q} = P = 2000\ W$$

[32] Verdadeira. A massa de água no intervalo de tempo de $1/4\ h(15\ min)$ com uma vazão de $5\ L/min$, será de:

$$m = 5\ \frac{L}{min} \cdot \frac{1\ kg}{1\ L} \cdot 15\ min \therefore m = 75\ kg$$

Resposta da questão 4: [C]

Podemos concluir que, se ambos os bastões têm cargas positivas e a bolinha se aproximou mais de Luiz, então Sergio ganhou a brincadeira, pois conseguiu eletrizar positivamente uma quantidade de cargas superior a de Luiz.

Resposta da questão 5: [B]

Vetor entre as partículas:

$$\vec{r}(t)=\vec{p}_2(t)-\vec{p}_1(t)=\left(-\frac{4}{\sqrt{t}},\frac{3}{\sqrt{t}}\right)$$

$$\left|\vec{r}(t)\right|=\sqrt{\left(-\frac{4}{\sqrt{t}}\right)^2+\left(\frac{3}{\sqrt{t}}\right)^2}=\frac{5}{\sqrt{t}}$$

Inclinação θ do vetor $\vec{r}(t)$ com os eixos:

$$\cos\theta=\frac{\frac{4}{\sqrt{t}}}{\frac{5}{\sqrt{t}}}=\frac{4}{5}\ \text{ e }\ \text{sen}\,\theta=\frac{\frac{3}{\sqrt{t}}}{\frac{5}{\sqrt{t}}}=\frac{3}{5}$$

Módulo da força elétrica entre as partículas:

$$\left|\vec{F}(t)\right|=\frac{kq_1q_2}{\left|\vec{r}(t)\right|^2}=\frac{9\cdot 10^9\cdot 2\cdot 10^{-6}\cdot 2{,}5\cdot 10^{-6}}{\frac{25}{t}}$$

$$\left|\vec{F}(t)\right|=1{,}8t\cdot 10^{-3}\ \text{N}$$

Módulo da componente y de $\vec{F}(t)$:

$$\left|\vec{F}_y(t)\right|=1{,}8t\cdot 10^{-3}\cdot \text{sen}\,\theta=1{,}8t\cdot 10^{-3}\cdot\frac{3}{5}$$

$$\left|\vec{F}_y(t)\right|=1{,}08t\cdot 10^{-3}\ \text{N}$$

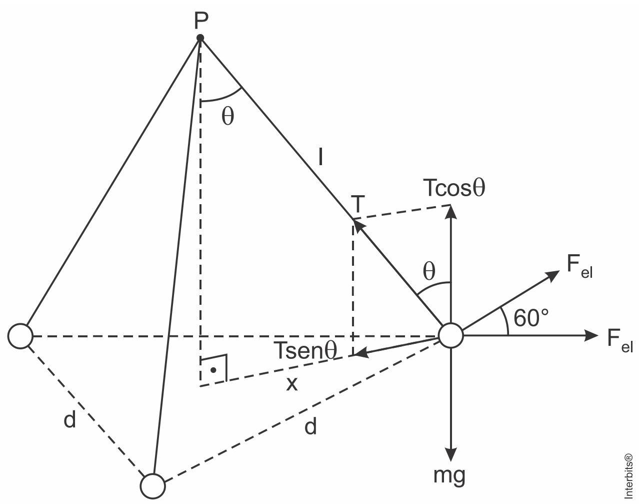
Portanto, o impulso será de:

$$I_y=\int_1^6\left|\vec{F}_y(t)\right|dt=1{,}08\cdot 10^{-3}\int_1^6 t\,dt=1{,}08\cdot 10^{-3}\cdot\left[\frac{t^2}{2}\right]_1^6$$

$$\therefore I_y=18{,}9\cdot 10^{-3}\ \text{N}\cdot\text{s}$$

Resposta da questão 6: [C]

Representando as forças sobre uma das esferas, temos:



Onde:

$$x = \frac{2}{3} \cdot \frac{d\sqrt{3}}{2} = \frac{d\sqrt{3}}{3}$$

$$\text{sen}\,\theta = \frac{x}{l} \Rightarrow \frac{d\sqrt{3}}{3} = l\,\text{sen}\,\theta \Rightarrow d = l\sqrt{3}\,\text{sen}\,\theta$$

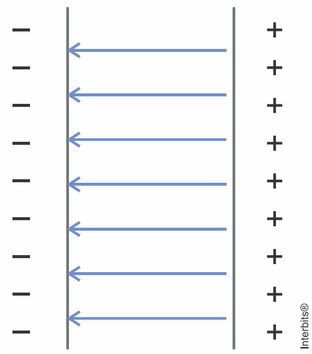
Para o equilíbrio, temos:

$$\begin{cases} T\,\text{sen}\,\theta = 2F_{el}\cos 30° \\ T\cos\theta = mg \end{cases} \Rightarrow \text{tg}\,\theta = \frac{2}{mg} \cdot \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{Q^2}{\left(l\sqrt{3}\,\text{sen}\,\theta\right)^2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\therefore Q = l\,\text{sen}\,\theta\sqrt{4\pi\varepsilon_0 mg\,\text{tg}\,\theta\sqrt{3}}$$

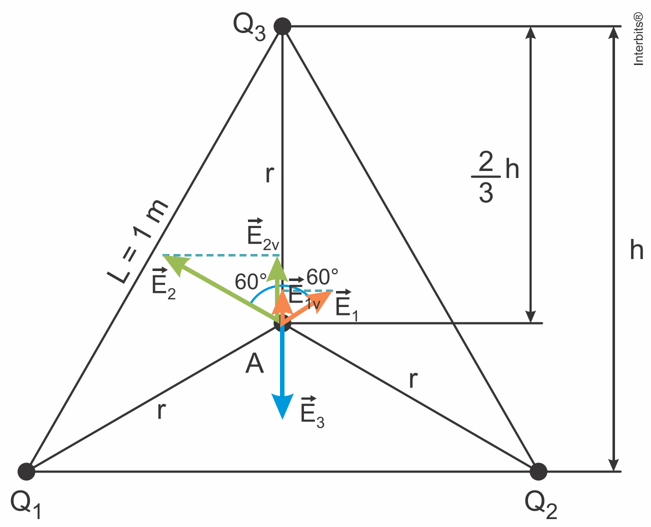
Resposta da questão 7: [E]

O sentido do campo elétrico é da placa positiva para a placa negativa, como mostra a figura abaixo.



Assim, com base no modelo físico, a membrana celular é formada por campos elétricos uniformes (de intensidades constantes) que apontam para dentro da célula.

Resposta da questão 8: a) A figura abaixo demonstra os campos $\vec{E}_1$ e $\vec{E}_2$ no centro do triângulo (ponto A) e suas componentes verticais $\vec{E}_{1v}$ e $\vec{E}_{2v}$ que apontam para cima.



Assim o campo devido à carga Q_3 deve ser positiva e seu campo apontar para baixo anulando a soma vetorial na direção vertical, mostrado em $\vec{E}_3$.

A componente vertical do campo resultante no ponto A deve ser nula.

$$\vec{E}_{1v} + \vec{E}_{2v} + \vec{E}_3 = 0$$

$$\vec{E}_1 \cdot \cos 60° + \vec{E}_2 \cdot \cos 60° + \vec{E}_3 = 0$$

Em módulo, podemos escrever:

$$E_3 = \frac{E_1}{2} + \frac{E_2}{2}$$

Usando a expressão para os módulos dos campos elétricos, temos:

$$\frac{kQ_3}{r^2} = \frac{k}{2r^2}(Q_1 + Q_2)$$

Simplificando os termos idênticos:

$$Q_3 = \frac{1}{2}(Q_1 + Q_2)$$

$$Q_3 = \frac{1}{2}(1\,nC + 5\,nC) \therefore Q_3 = 3\,nC$$

Logo, a carga Q_3 para que a componente vertical no ponto A seja nula é $+3\,nC$.

b) O potencial elétrico no ponto A é dado pela soma dos potenciais devido a cada carga.

$$V_A = V_1 + V_2 + V_3$$

Como a distância e as cargas são iguais, o potencial será:

$$V_A = 3V_1 = 3\frac{kQ}{r}$$

Por Pitágoras, sabe-se que a relação entre a altura de um triângulo equilátero e seu lado é:

$$h = \frac{L\sqrt{3}}{2}$$

Então a distância entre as cargas e o ponto A é:

$$r = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3}\frac{L\sqrt{3}}{2} \therefore r = \frac{\sqrt{3}}{3}\ \text{m}$$

Substituindo na equação do potencial e calculando, temos:

$$V_A = 3\frac{9\cdot 10^9\ \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}\cdot 1\cdot 10^{-9}\ \text{C}}{\frac{\sqrt{3}}{3}\ \text{m}} \Rightarrow V_A = 27\sqrt{3}\ \text{V}$$

Resposta da questão 9: a) A intensidade, em newtons por coulomb, do vetor $\vec{E}$, é dada pela razão entre a força elétrica e a carga elétrica.

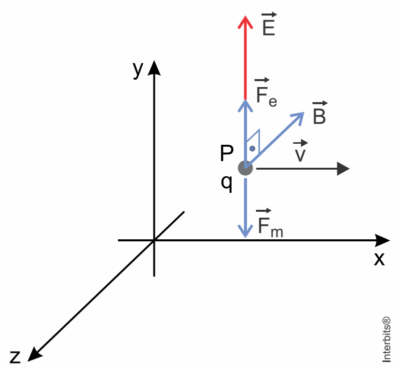
$$E = \frac{F}{q} = \frac{1{,}6\times 10^{-14}\ \text{N}}{3{,}2\times 10^{-19}\ \text{C}} \therefore \boxed{E = 5{,}0\times 10^4\ \frac{\text{N}}{\text{C}}}$$

Sendo a carga positiva, o campo elétrico possui a mesma direção e sentido da força elétrica.

Então o vetor $\vec{E}$, fica:

$$\vec{E} = \begin{cases} \text{módulo}: 5{,}0\times 10^4\ \frac{\text{N}}{\text{C}} \\ \text{direção}: \text{eixo } y \\ \text{sentido}: \text{positivo do eixo } y \end{cases}$$

b) Para a partícula estar se movendo com velocidade constante (MRU), desconsiderando o campo gravitacional e as forças resistivas, a força resultante sobre ela deve ser nula, então a força magnética deve ser igual em módulo que a força elétrica, assim só existe uma possibilidade do campo magnético estar posicionado perpendicularmente ao campo elétrico de acordo com a regra da mão direita: ele deve estar na direção do eixo z e no seu sentido negativo, de acordo com a figura.



A intensidade do campo magnético é dada pela expressão da força magnética que deve ter o mesmo módulo da força elétrica, assim:

$$F_m = F_e$$

$$F_m = q \cdot v \cdot B \Rightarrow B = \frac{F_m}{q \cdot v} = \frac{F_e}{q \cdot v}$$

$$B = \frac{F_m}{q \cdot v} = \frac{1{,}6 \times 10^{-14}\ \text{N}}{3{,}2 \times 10^{-19}\ \text{C} \cdot 5{,}0 \times 10^{4}\ \text{m/s}.} \therefore \boxed{B = 1{,}0\ \text{T}}$$

Então o vetor $\vec{B}$, fica:

$$\vec{B} = \begin{cases} \text{módulo}: 1{,}0\ \text{T} \\ \text{direção}: \text{eixo z} \\ \text{sentido}: \text{negativo do eixo z} \end{cases}$$

Resposta da questão 10: [B]

A energia potencial elétrica é igual ao trabalho para afastar duas cargas entre si de uma distância grande o bastante para que a influência entre elas seja nula.

A expressão para cálculo da energia potencial elétrica entre duas cargas fixas é dada por:

$$U = E_{pe} = k \cdot \frac{Q \cdot q}{d}$$

Onde:
$Q, q =$ cargas elétricas (em coulombs);
$k =$ constante eletrostática que depende do meio $\left[\frac{N \cdot m^2}{C^2}\right]$;
$d =$ distância entre as duas cargas pontuais (em metros).

A energia potencial de cada configuração de cargas será dada pela soma aritmética das energias potenciais de cada grupo, tomadas de duas em duas cargas.

Assim,considerando cada carga com um índice, teremos para cada grupo a seguinte configuração de soma:
$U_{(i)} = U_{12} + U_{13} + U_{23}$

Para o grupo 1:

$$U_{(1)} = -k\frac{Q^2}{a} - k\frac{Q^2}{2a} + k\frac{Q^2}{a} \therefore U_{(1)} = -k\frac{Q^2}{2a}$$

Para o grupo 2:

$$U_{(2)} = -k\frac{Q^2}{a} + k\frac{Q^2}{3a} - k\frac{Q^2}{2a} \therefore U_{(2)} = -\frac{7}{6}k\frac{Q^2}{2a}$$

Para o grupo 3:

$$U_{(3)} = -k\frac{Q^2}{a} + k\frac{Q^2}{2a} - k\frac{Q^2}{a} \therefore U_{(3)} = -\frac{3}{2}k\frac{Q^2}{2a}$$

Ordenando do maior para o menor, temos:

$$-k\frac{Q^2}{2a} > -\frac{7}{6}k\frac{Q^2}{2a} > -\frac{3}{2}k\frac{Q^2}{2a}$$

Assim,

$$U_{(1)} > U_{(2)} > U_{(3)}$$