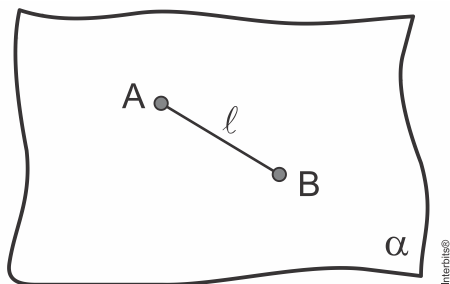


TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:

Nas questões a seguir, quando necessário, use:

- Aceleração da gravidade: $g = 10 \text{ m/s}^2$;
- Calor específico da água: $c = 1,0 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$;
- $\text{sen } 45^\circ = \text{cos } 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}$.

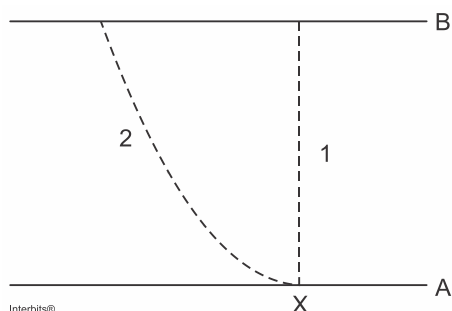
1. (Epcar (Afa) 2019) Duas partículas eletrizadas A e B, localizadas num plano isolante e horizontal α , estão em repouso e interligadas por um fio ideal, também isolante, de comprimento ℓ igual a 3 cm, conforme ilustrado na figura abaixo.



A partícula A está fixa e B pode mover-se, sem quaisquer resistências sobre o plano. Quando B, que tem massa igual a 20 g, está em repouso, verifica-se que a força tensora no fio vale 9 N. Imprime-se certa velocidade na partícula B, que passa a descrever um movimento circular uniforme em torno de A, de tal forma que a força tensora no fio se altera para 15 N. Desprezando as ações gravitacionais, enquanto a tensão no fio permanecer igual a 15 N, pode-se afirmar que a energia do sistema, constituído das partículas A e B, será, em J, de

- a) 0,09
- b) 0,18
- c) 0,27
- d) 0,36

2. (Fuvest 2018) Na figura, A e B representam duas placas metálicas; a diferença de potencial entre elas é $V_B - V_A = 2,0 \times 10^4 \text{ V}$. As linhas tracejadas 1 e 2 representam duas possíveis trajetórias de um elétron, no plano da figura.



Considere a carga do elétron igual a $-1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ e as seguintes afirmações com relação à energia cinética de um elétron que sai do ponto X na placa A e atinge a placa B:

- I. Se o elétron tiver velocidade inicial nula, sua energia cinética, ao atingir a placa B, será $3,2 \times 10^{-15} \text{ J}$.
- II. A variação da energia cinética do elétron é a mesma, independentemente de ele ter percorrido as trajetórias 1 ou 2.
- III. O trabalho realizado pela força elétrica sobre o elétron na trajetória 2 é maior do que o realizado sobre o elétron na trajetória 1.

Apenas é correto o que se afirma em

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

3. (Ufpr 2018) Numa experiência feita para investigar relações entre grandezas eletrostáticas, duas placas condutoras paralelas A e B, separadas por uma distância $d = 5$ cm, foram submetidas a uma diferença de potencial $U = 100$ V, sendo que a placa que tem o potencial elétrico mais alto é a B. Por hipótese, como as dimensões das placas são muito maiores que a distância que as separa, o campo elétrico que se estabeleceu entre elas pode ser considerado, para todos os efeitos, como sendo uniforme.

- a) Determine o módulo do campo elétrico existente na região entre as placas.
- b) Uma partícula com carga $q = 3,2 \mu\text{C}$ sai da placa B e chega à placa A. Qual o trabalho realizado pela força elétrica sobre essa partícula durante esse movimento?

TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:

SE NECESSÁRIO, UTILIZE OS VALORES FORNECIDOS ABAIXO:

aceleração da gravidade = 10 m/s^2

calor específico da água = $1 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$

calor específico do alumínio = 880 J/kg K

$1 \text{ cal} = 4 \text{ J}$

$\pi = 3$

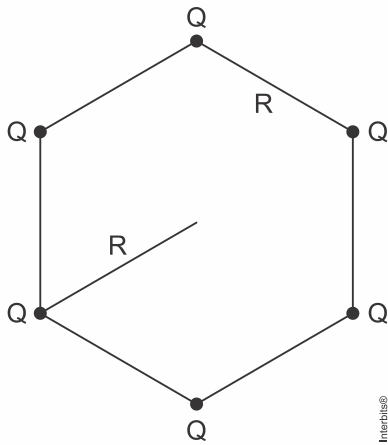
massa específica da água = 1 g/cm^3

constante eletrostática (k_0) = $9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$

4. (Uepg 2018) Uma carga elétrica puntiforme de $2 \times 10^{-6} \text{ C}$, no vácuo, situa-se na origem de um sistema de referencial inercial. Uma carga teste de $-3 \times 10^{-6} \text{ C}$ é utilizada para estudar as propriedades elétricas da região próxima à primeira carga. Considerando um ponto A situado a 20 cm da origem e um ponto B situado a 10 cm da origem, assinale o que for correto.

- 01) O campo elétrico no ponto A é $4,5 \times 10^5 \text{ N/C}$.
- 02) O potencial elétrico no ponto B é 180 kV.
- 04) O trabalho realizado pela força elétrica na carga teste depende do caminho percorrido entre os pontos A e B.
- 08) Se a carga teste é largada a partir do repouso quando ela se encontra no ponto A, a variação da sua energia cinética quando ela se encontra no ponto B é 0,54 J.
- 16) Se a carga teste é mantida em repouso no ponto A, o módulo da força entre as duas cargas é 1,35 N.

5. (Ufrgs 2017) Seis cargas elétricas iguais a Q estão dispostas, formando um hexágono regular de aresta R, conforme mostra a figura abaixo.



Com base nesse arranjo, sendo k a constante eletrostática, considere as seguintes afirmações.

- I. O campo elétrico resultante no centro do hexágono tem módulo igual a $6kQ/R^2$.
- II. O trabalho necessário para se trazer uma carga q , desde o infinito até o centro do hexágono, é igual a $6kQq/R$.
- III. A força resultante sobre uma carga de prova q , colocada no centro do hexágono, é nula.

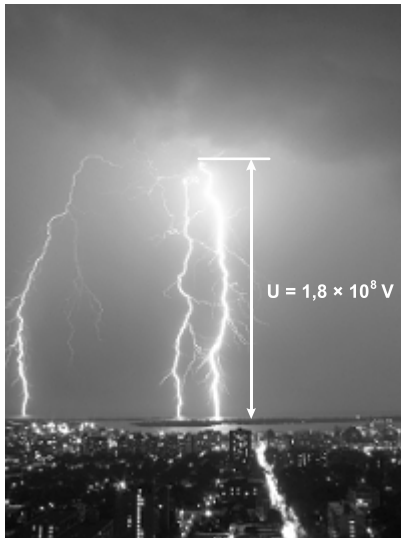
Quais estão corretas?

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

6. (Pucpr 2017) Um sistema de cargas pontuais é formado por duas cargas positivas $+q$ e uma negativa $-q$, todas de mesma intensidade, cada qual fixa em um dos vértices de um triângulo equilátero de lado r . Se substituirmos a carga negativa por uma positiva de mesma intensidade, qual será a variação da energia potencial elétrica do sistema? A constante de Coulomb é denotada por k .

- a) $2kq^2/r$
- b) $-2kq^2/r$
- c) $-4kq^2/r$
- d) $4kq^2/r$
- e) kq^2/r

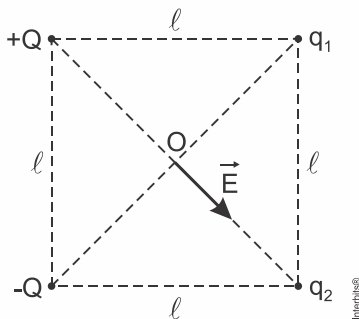
7. (Unesp 2017) O mecanismo de formação das nuvens de tempestade provoca a separação de cargas elétricas no interior da nuvem, criando uma diferença de potencial elétrico U entre a base da nuvem e o solo. Ao se atingir certo valor de potencial elétrico, ocorre uma descarga elétrica, o raio.



(<http://pt.wikipedia.org>. Adaptado.)

Suponha que, quando a diferença de potencial entre a nuvem e o solo atingiu o valor de $1,8 \times 10^8$ V, ocorreu um raio que transferiu uma carga elétrica de 30 C, em módulo, da nuvem para o solo, no intervalo de 200 ms. Calcule a intensidade média da corrente elétrica, em ampères, estabelecida pelo raio. Considerando que uma bateria de capacidade 50 A · h acumula energia para fornecer uma corrente de 50 A durante uma hora, calcule quantas baterias de 10 V e capacidade 50 A · h poderiam ser totalmente carregadas supondo que toda a quantidade de energia desse raio pudesse ser transferida a elas. Apresente os cálculos.

8. (Epcar (Afa) 2017) Um sistema é composto por quatro cargas elétricas puntiformes fixadas nos vértices de um quadrado, conforme ilustrado na figura abaixo.



As cargas q_1 e q_2 são desconhecidas. No centro O do quadrado o vetor campo elétrico \vec{E} , devido às quatro cargas, tem a direção e o sentido indicados na figura.

A partir da análise deste campo elétrico, pode-se afirmar que o potencial elétrico em O

- a) é positivo.
- b) é negativo.
- c) é nulo.
- d) pode ser positivo.

Gabarito:

Resposta da questão 1:

[D]

Para o equilíbrio estático, a tração na corda é igual a força elétrica entre as cargas.

$$F_e = T = 9 \text{ N} \Rightarrow \frac{k Q_A Q_B}{\ell^2} = 9 \text{ N}$$

Para o equilíbrio dinâmico, quando a partícula B executa um MCU no plano horizontal em torno da partícula A, a força resultante é a força centrípeta que é a diferença entre a tração nova e a força elétrica.

$$F_c = T - F_e \Rightarrow \frac{m v^2}{\ell} = 15 - 9 \therefore \frac{m v^2}{\ell} = 6 \text{ N}$$

Assim, a energia total do sistema será a soma das energias cinética e potencial elétrica e é dada por:

$$E_{\text{sistema}} = E_c + E_{pe} = \frac{m v^2}{2} + \frac{k Q_A Q_B}{\ell}$$

Ajustando os resultados obtidos anteriormente.

$$E_{\text{sistema}} = \left(\frac{m v^2}{\ell} \right) \cdot \frac{\ell}{2} + \left(\frac{k Q_A Q_B}{\ell^2} \right) \cdot \ell$$

$$E_{\text{sistema}} = (6 \text{ N}) \cdot \frac{3 \cdot 10^{-2} \text{ m}}{2} + (9 \text{ N}) \cdot 3 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 9 \cdot 10^{-2} \text{ J} + 27 \cdot 10^{-2} \text{ J} \therefore$$

$$E_{\text{sistema}} = 36 \cdot 10^{-2} \text{ J} = 0,36 \text{ J}$$

Resposta da questão 2:

[D]

[I] Correta. Desconsiderando a ação de outras forças, a força elétrica é a resultante. Então, pelo teorema da energia cinética, vem:

$$W_{Fel} = E_{cin}^B - E_{cin}^A \Rightarrow q(V_A - V_B) = E_{cin}^B - 0 \Rightarrow E_{cin}^B = -1,6 \times 10^{-19} (-2 \times 10^4) \Rightarrow$$

$$E_{cin}^B = 3,2 \times 10^{-15} \text{ J.}$$

[II] Correta. A força elétrica é conservativa e, de acordo com o teorema da energia potencial, o trabalho de forças conservativas independe da trajetória.

[III] Incorreta. O trabalho é o mesmo, independente da trajetória, como já justificado.

Resposta da questão 3:

a) O módulo do campo elétrico (E) é dado pela razão entre a diferença de potencial entre as placas (U) e a distância (d) entre elas:

$$E = \frac{U}{d}$$

Calculando, obtemos:

$$E = \frac{U}{d} \Rightarrow E = \frac{100 \text{ V}}{0,05 \text{ m}} \therefore E = 2000 \text{ V/m (ou } 2000 \text{ N/C)}$$

b) O trabalho realizado pela força elétrica (T_{BA}) para a carga se deslocar de B para A é obtido com a carga (q), com o campo elétrico (E) e com a distância (d), conforme a equação:

$$T = q \cdot E \cdot d$$

Então, substituindo os valores fornecidos, temos:

$$T = q \cdot E \cdot d = q \cdot U \Rightarrow T_{BA} = 3,2 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot 100 \text{ V} \therefore T_{BA} = 3,2 \cdot 10^{-4} \text{ J}$$

Resposta da questão 4:

$$01 + 02 + 16 = 19.$$

Análise das afirmativas:

[01] **Verdadeira.** O módulo do campo elétrico (E) no ponto A é dado por:

$$E_A = k_0 \frac{Q}{d_A^2} \Rightarrow E_A = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{2 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{(2 \cdot 10^{-1} \text{ m})^2} \therefore E_A = 4,5 \cdot 10^5 \text{ N/C}$$

[02] **Verdadeira.** O potencial elétrico (V) no ponto B é:

$$V_B = k_0 \cdot \frac{Q}{d_B} \Rightarrow V_B = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{2 \cdot 10^{-6} \text{ C}}{1 \cdot 10^{-1} \text{ m}} \therefore V_B = 180 \text{ 000 V} = 180 \text{ kV}$$

[04] **Falsa.** O trabalho independe do caminho percorrido pelas cargas, depende somente dos estados inicial e final.

[08] **Falsa.** A energia cinética no ponto B é igual ao trabalho para levar a carga de A até, ou seja, a variação da energia cinética é igual ao trabalho. Como a carga saiu do repouso, então sua energia cinética inicial é nula. Assim:

$$\tau_{A \rightarrow B} = \Delta E_c = E_{c(B)}$$

$$E_{c(B)} = k_0 \cdot Q \cdot q \cdot \left(\frac{1}{d_B} - \frac{1}{d_A} \right) = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \cdot 2 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot (-3 \cdot 10^{-6} \text{ C}) \cdot \left(\frac{1}{0,2 \text{ m}} - \frac{1}{0,1 \text{ m}} \right)$$

$$\therefore E_{c(B)} = 0,27 \text{ J}$$

[16] **Verdadeira.** A intensidade da força para manter as cargas paradas nas posições indicadas é dada pela lei de Coulomb:

$$F_e = k_0 \cdot \frac{Q \cdot q}{d_A^2} \Rightarrow F_e = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \cdot \frac{2 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot |-3 \cdot 10^{-6} \text{ C}|}{(2 \cdot 10^{-1} \text{ m})^2}$$

$$\therefore F_e = 1,35 \text{ N}$$

Resposta da questão 5:

[D]

Análise das afirmativas:

[I] **Falsa.** O vetor campo elétrico resultante no centro do hexágono regular (ponto A) é nulo, pois as cargas apresentam mesmo módulo, sinal e distância em relação ao ponto central.

[II] **Verdadeira.** O trabalho é dado por: $W = q \cdot (V_\infty - V_A)$.

No centro do hexágono, correspondente ao ponto A, o seu potencial elétrico é:

$$V_A = 6 \cdot \frac{KQ}{R}$$

$$\text{Logo, o trabalho será: } W = q \cdot \left(0 - 6 \cdot \frac{KQ}{R} \right) \therefore W = -6 \cdot \frac{KQq}{R}$$

Sendo assim, o trabalho sobre a carga é resistente, porém o importante aqui é mencionar o valor absoluto deste trabalho, ou seja, o trabalho realizado sobre a carga, portanto temos:

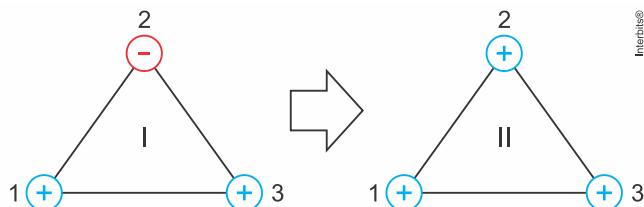
$$W = 6 \cdot \frac{KQq}{R}$$

[III] **Verdadeira.** Assim como o vetor campo elétrico é nulo no centro da figura, a força resultante também é nula.

Resposta da questão 6:

[D]

O diagrama abaixo ilustra o corrido desde o sistema inicial em I até a troca da carga negativa em II.



A energia potencial elétrica é calculada de duas em duas cargas e somadas nos informam a energia potencial elétrica total do sistema, de acordo com a expressão:

$$E_{pe} = \frac{kq_1q_2}{r}$$

Então, para o estado inicial:

$$E_{peI} = \frac{k}{r}(q \cdot (-q) + (-q) \cdot q + q \cdot q) = \frac{k}{r}(-q^2) = -\frac{kq^2}{r}$$

Substituindo a carga negativa pela positiva, temos:

$$E_{peII} = \frac{k}{r}(q \cdot q + q \cdot q + q \cdot q) = \frac{k}{r}(3q^2) = 3\frac{kq^2}{r}$$

Finalmente, fazendo a variação da energia potencial elétrica, resulta:

$$\Delta E_{pe} = 3\frac{kq^2}{r} - \left(-\frac{kq^2}{r}\right) \therefore \Delta E_{pe} = 4\frac{kq^2}{r}$$

Resposta da questão 7:

- Intensidade média da corrente elétrica.

Dados: $|Q| = 30\text{C}$; $\Delta t = 200\text{ms} = 0,2\text{s}$.

Da definição de corrente elétrica:

$$i_m = \frac{|Q|}{\Delta t} = \frac{30}{0,2} \Rightarrow \boxed{i_m = 150\text{A}}$$

- Quantidade de baterias que podem ser carregadas.

Nota 1: O enunciado especifica: "Suponha que, quando a diferença de potencial entre a nuvem e o solo atingiu o valor de $1,8 \times 10^8\text{ V}$, ocorreu...". Isso sugere que durante o processo de carga do sistema solo-nuvem a tensão aumenta. Conclui-se, então, que durante a descarga do raio a tensão entre a nuvem e o solo não é mantida constante, caindo de $1,8 \times 10^8\text{ V}$ a 0V . Essas informações sobre tensões constantes ou variáveis deveriam estar no enunciado para melhor direcionar a resolução da questão.

Trabalhando com valores médios, como sugeriu o examinador no cálculo da corrente elétrica, a energia potencial elétrica armazenada no sistema solo-nuvem é semelhante à de um capacitor de placas paralelas.

$$E_{pot} = \frac{|Q| \times U}{2} = \frac{30 \times 1,8 \times 10^8}{2} \Rightarrow \underline{E_{pot} = 2,7 \times 10^9\text{ J}}$$

A carga acumulada em cada bateria é:

$$|q| = 50 \text{ A} \cdot h = 50 \text{ A} \times 3.600 \text{ s} \Rightarrow |q| = 1,8 \times 10^5 \text{ C.}$$

A energia potencial elétrica armazenada por cada bateria é:

$$E_1 = |q| \times U_1 = 1,8 \times 10^5 \times 10 \Rightarrow E_1 = 1,8 \times 10^6 \text{ J.}$$

Quantidade (n) de baterias que podem ser carregadas com a energia do raio:

$$nE_1 = E_{\text{pot}} \Rightarrow n = \frac{E_{\text{pot}}}{E_1} = \frac{2,7 \times 10^9}{1,8 \times 10^6} \Rightarrow n = 1.500.$$

Nota 2: caso seja considerada constante a tensão durante a descarga do raio, o número de baterias passa a ser o dobro ou seja:

$$n = 3.000.$$

Resposta da questão 8:

[B]

O enunciado sugere $Q > 0$.

Como o vetor campo elétrico na diagonal que liga $-Q$ e q_1 é nulo, tem-se que $q_1 = -Q$. A distância de cada vértice ao centro O do

quadrado é $\frac{\ell\sqrt{2}}{2}$. Então, o potencial elétrico em O é:

$$V_O = \frac{2kQ}{\ell\sqrt{2}} - \frac{2kQ}{\ell\sqrt{2}} - \frac{2kQ}{\ell\sqrt{2}} + \frac{2kq_2}{\ell\sqrt{2}} \Rightarrow V_O = \frac{2kq_2}{\ell\sqrt{2}} - \frac{2kQ}{\ell\sqrt{2}}.$$

Se o vetor campo elétrico na diagonal que liga $+Q$ e q_2 aponta para q_2 , têm-se duas hipóteses:

• $q_2 < 0$. O potencial elétrico em O é **negativo**.

• $q_2 > 0$ e $|q_2| < Q$. Então: $\frac{2kq_2}{\ell\sqrt{2}} < \left| \frac{2kQ}{\ell\sqrt{2}} \right|$. O potencial elétrico em O é **negativo**.

D