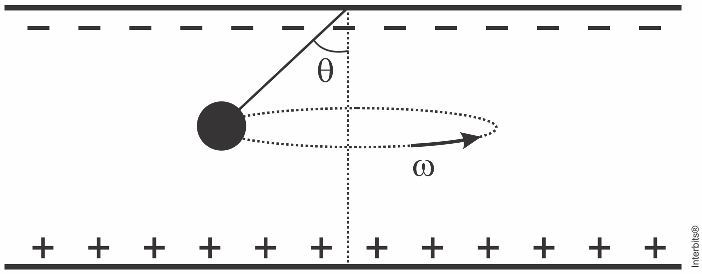
1. (Fuvest 2019) Duas placas metálicas planas e circulares, de raio R, separadas por uma distância $d << R$, estão dispostas na direção horizontal. Entre elas, é aplicada uma diferença de potencial V, de modo que a placa de cima fica com carga negativa e a de baixo, positiva. No centro da placa superior, está afixado um fio isolante de comprimento $L < d$ com uma pequena esfera metálica presa em sua extremidade, como mostra a figura. Essa esfera tem massa m e está carregada com carga negativa $-q$. O fio é afastado da posição de equilíbrio de um ângulo θ, e a esfera é posta em movimento circular uniforme com o fio mantendo o ângulo θ com a vertical.



Determine

a) o módulo E do campo elétrico entre as placas;
b) os módulos T e F, respectivamente, da tração no fio e da força resultante na esfera;
c) a velocidade angular ω da esfera.

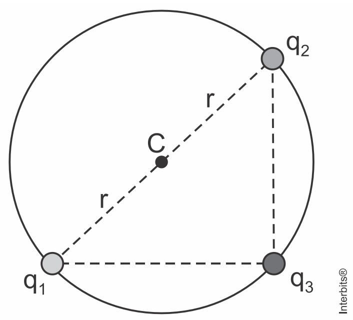
Note e adote:
A aceleração da gravidade é g.
Forças dissipativas devem ser ignoradas.

TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:
Na resolução, use quando necessário: $g = 10\ m/s^2$, $\pi = 3{,}14$, $c = 3{,}0 \times 10^8\ m/s$

2. (Ufjf-pism 3 2018) Para uma feira de ciências, os alunos pretendem fazer uma câmara "antigravidade". Para isso, os estudantes colocaram duas placas metálicas paralelas entre si, paralelas à superfície da Terra, com uma distância de $10{,}0\ cm$ entre elas. Ligando essas placas a uma bateria, eles conseguiram criar um campo elétrico uniforme de $2{,}0\ N/C$. Para demonstrar o efeito "antigravidade", eles devem carregar eletricamente uma bolinha de isopor e inseri-la entre as placas. Sabendo que a massa da bolinha é igual a $0{,}50\ g$ e que a placa carregada negativamente está localizada no fundo da caixa, escolha a opção que apresenta a carga com que se deve carregar a bolinha para que ela flutue.

Considere que apenas a força elétrica e a força peso atuam sobre a bolinha.
a) $3{,}5 \times 10^{-2}\ C$
b) $-3{,}5 \times 10^{-2}\ C$
c) $-2{,}5 \times 10^{-3}\ C$
d) $2{,}5 \times 10^{-3}\ C$
e) $-3{,}5 \times 10^{-3}\ C$

3. (Unesp 2017) Três esferas puntiformes, eletrizadas com cargas elétricas $q_1 = q_2 = +Q$ e $q_3 = -2Q$, estão fixas e dispostas sobre uma circunferência de raio r e centro C, em uma região onde a constante eletrostática é igual a k_0, conforme representado na figura.



Considere V_C o potencial eletrostático e E_C o módulo do campo elétrico no ponto C devido às três cargas. Os valores de V_C e E_C são, respectivamente,

a) zero e $\dfrac{4 \cdot k_0 \cdot Q}{r^2}$

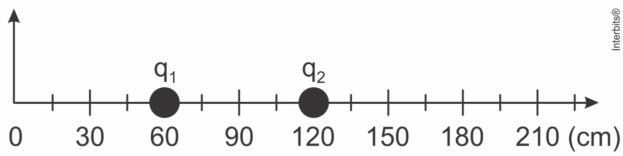
b) $\dfrac{4 \cdot k_0 \cdot Q}{r}$ e $\dfrac{k_0 \cdot Q}{r^2}$

c) zero e zero

d) $\dfrac{2 \cdot k_0 \cdot Q}{r}$ e $\dfrac{2 \cdot k_0 \cdot Q}{r^2}$

e) zero e $\dfrac{2 \cdot k_0 \cdot Q}{r^2}$

4. (Ufjf-pism 3 2017) Duas cargas elétricas, $q1 = +1\,\mu C$ e $q2 = -4\,\mu C$, estão no vácuo, fixas nos pontos 1 e 2, e separadas por uma distância $d = 60$ cm, como mostra a figura abaixo.



Como base nas informações, determine:

a) A intensidade, a direção e o sentido do vetor campo elétrico resultante no ponto médio da linha reta que une as duas cargas.
b) O ponto em que o campo elétrico resultante é nulo à esquerda de $q1$.

5. (Fuvest 2017) Os primeiros astronautas a pousar na Lua observaram a existência de finas camadas de poeira pairando acima da superfície lunar. Como não há vento na Lua, foi entendido que esse fenômeno estava ligado ao efeito fotoelétrico causado pela luz solar: elétrons são extraídos dos grãos de poeira do solo lunar ao receberem energia da radiação eletromagnética proveniente do Sol e, assim, os grãos tornam-se positivamente carregados. O mesmo processo também arranca elétrons da superfície lunar, contribuindo para a carga positiva do lado iluminado da superfície da Lua. A altura de equilíbrio acima da superfície lunar dessas camadas depende da massa e da carga dos grãos. A partir dessas informações, determine

a) o módulo F_e da força eletrostática que age sobre cada grão em equilíbrio da camada, sabendo que um grão de poeira tem massa $m = 1{,}2 \times 10^{-14}$ kg e que a aceleração da gravidade nas proximidades da superfície da Lua é $g_L = 1{,}6\ m/s^2$;
b) o módulo E do campo elétrico na posição dessa camada de poeira, sabendo que a carga adquirida por um grão é $Q = 1{,}9 \times 10^{-15}$ C.

Uma característica do efeito fotoelétrico é a necessidade de os fótons da luz incidente terem uma energia mínima, abaixo da qual nenhum elétron é arrancado do material. Essa energia mínima está relacionada à estrutura do material e, no caso dos grãos de poeira da superfície lunar, é igual a 8×10^{-19} J.

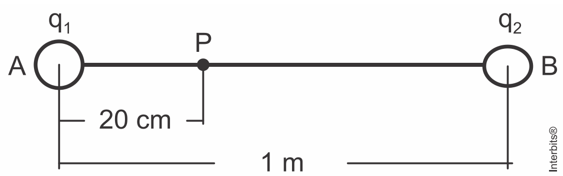
c) Determine a frequência mínima f dos fótons da luz solar capazes de extrair elétrons dos grãos de poeira.

Na superfície da Lua, 5×10^5 é o número de fótons por segundo incidindo sobre cada grão de poeira e produzindo emissão de elétrons.

d) Determine a carga q emitida em $2\ s$ por um grão de poeira, devido ao efeito fotoelétrico, considerando que cada fóton arranque apenas um elétron do grão.

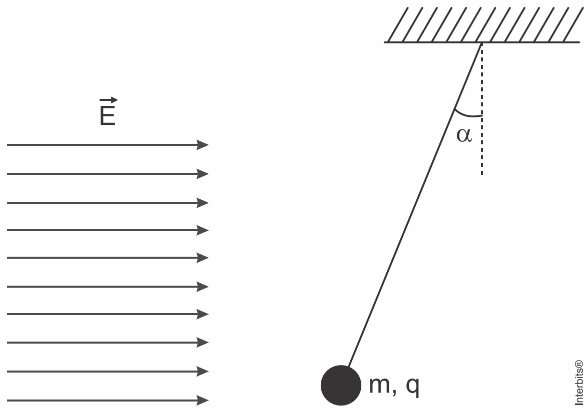
Note e adote:
Carga do elétron: $-1{,}6 \times 10^{-19}\ C$
Energia do fóton: $\varepsilon = hf;\ f$ é a frequência e $h \approx 6 \times 10^{-34}\ J \cdot s$ é a constante de Planck.
Desconsidere as interações entre os grãos e a influência eletrostática dos elétrons liberados.

6. (G1 - ifsul 2017) As cargas elétricas puntiformes $q_1 = 20\ \mu C$ e $q_2 = 64\ \mu C$ estão fixas no vácuo $\left(k_0 = 9 \times 10^9\ Nm^2/C^2\right)$, respectivamente nos pontos A e B, conforme a figura a seguir.



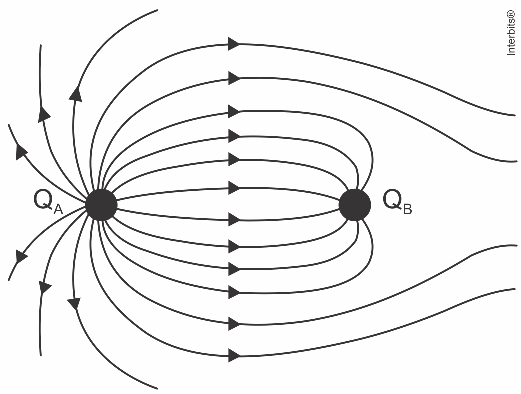
O campo elétrico resultante no ponto P tem intensidade de
a) $3{,}0 \times 10^6\ N/C$
b) $3{,}6 \times 10^6\ N/C$
c) $4{,}0 \times 10^6\ N/C$
d) $4{,}5 \times 10^6\ N/C$

7. (Uem-pas 2016) Uma pequena massa m com carga q se encontra em equilíbrio, como mostrado abaixo.



O campo elétrico $\vec{E}$ é uniforme e constante. A aceleração da gravidade é g. Assinale o que for **correto**.
01) A carga q é positiva.
02) O ângulo α é dado por $\alpha = \arctan\dfrac{|q|E}{mg}$.
04) O módulo da tensão no fio vale $T = \sqrt{q^2E^2 + m^2g^2}$.
08) Se quisermos colocar a partícula na horizontal $(\alpha \to \pi/2)$, devemos aplicar um campo elétrico infinito.
16) Se o fio se romper, a coordenada horizontal da partícula varia linearmente com o tempo t.

8. (Pucrs 2016) Para responder à questão, considere a figura abaixo, que representa as linhas de força do campo elétrico gerado por duas cargas puntuais Q_A e Q_B.

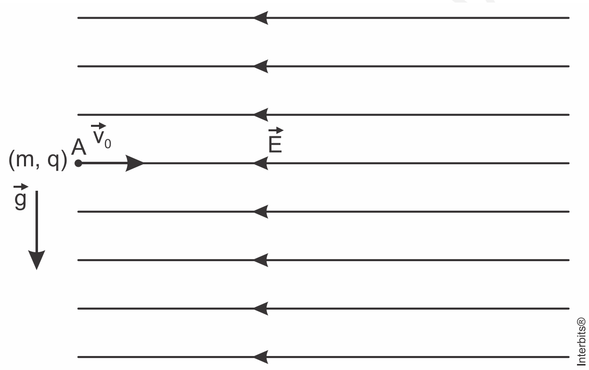


A soma Q_A e Q_B é necessariamente um número
a) par.
b) ímpar.
c) inteiro.
d) positivo.
e) negativo.

9. (Enem PPL 2016) Durante a formação de uma tempestade, são observadas várias descargas elétricas, os raios, que podem ocorrer: das nuvens para o solo (descarga descendente), do solo para as nuvens (descarga ascendente) ou entre uma nuvem e outra. As descargas ascendentes e descendentes podem ocorrer por causa do acúmulo de cargas elétricas positivas ou negativas, que induz uma polarização oposta no solo.

Essas descargas elétricas ocorrem devido ao aumento da intensidade do(a)
a) campo magnético da Terra.
b) corrente elétrica gerada dentro das nuvens.
c) resistividade elétrica do ar entre as nuvens e o solo.
d) campo elétrico entre as nuvens e a superfície da Terra.
e) força eletromotriz induzida nas cargas acumuladas no solo.

10. (Pucpr 2015) Uma carga pontual de $8\,\mu C$ e $2\,g$ de massa é lançada horizontalmente com velocidade de $20\,m/s$ num campo elétrico uniforme de módulo $2{,}5\,kN/C$, direção e sentido conforme mostra a figura a seguir. A carga penetra o campo por uma região indicada no ponto A, quando passa a sofrer a ação do campo elétrico e também do campo gravitacional, cujo módulo é $10\,m/s^2$, direção vertical e sentido de cima para baixo.



Ao considerar o ponto A a origem de um sistema de coordenadas xOy, as velocidades v_x e v_y quando a carga passa pela posição $x = 0$, em m/s, são:

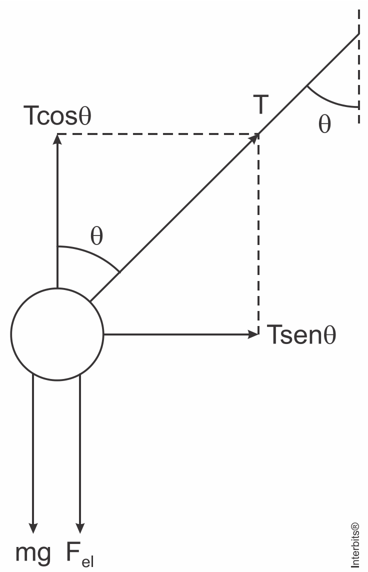
a) $(-10,-10)$.
b) $(-20,-40)$
c) $(0,-80)$.
d) $(16,50)$.
e) $(40,10)$.

Gabarito:

Resposta da questão 1:
a) Dado que $d << R$, podemos aproximar o campo como sendo uniforme. Portanto:

$$V = E \cdot d$$
$$\therefore E = \frac{V}{d}$$

b) Ilustrando as forças na esfera, temos:



Onde $F_{el} = qE = \frac{qV}{d}$. Logo:

Em y:

$$T\cos\theta = mg + \frac{qV}{d}$$
$$\therefore T = \frac{mgd + qV}{d\cos\theta}$$

Em x:

$$F = T\,\text{sen}\,\theta = \frac{mgd + qV}{d\cos\theta} \cdot \text{sen}\,\theta$$
$$\therefore F = \frac{(mgd + qV)}{d}\text{tg}\,\theta$$

c) A força resultante F atua como resultante centrípeta. Portanto:

$$F_{cp} = F$$
$$m\omega^2 R = \frac{(mgd + qV)}{d}\text{tg}\,\theta$$

Onde $R = L\,\text{sen}\,\theta$. Sendo assim:

$$F_{cp} = F$$
$$m\omega^2 L\,\text{sen}\theta = \frac{(mgd + qV)}{d} \cdot \frac{\text{sen}\theta}{\cos\theta}$$
$$\therefore \omega = \sqrt{\frac{mgd + qV}{mdL\cos\theta}}$$

Resposta da questão 2:
[C]

Sinal da carga da bolinha de isopor:

Como é especificado que a placa inferior da câmara possui a carga negativa, para haver equilíbrio das forças elétricas e o peso, a bolinha de isopor deve ser carregada **negativamente**.

Cálculo do módulo da carga elétrica que a bolinha de isopor deve ser eletrizada.

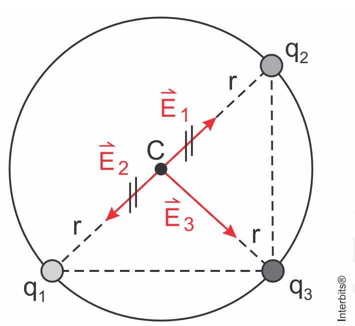
Equilíbrio entre força elétrica e peso
$$F_e = P$$
$$E \cdot q = m \cdot g$$
$$q = \frac{m \cdot g}{E} = \frac{0{,}5 \cdot 10^{-3}\ \text{kg} \cdot 10\ \text{m/s}^2}{2\ \text{N/C}} \therefore q = 2{,}5 \cdot 10^{-3}\ \text{C}$$

Logo, a carga da bolinha será de $q = -2{,}5 \cdot 10^{-3}$ C.

Resposta da questão 3:
[E]

O potencial elétrico de uma carga puntiforme é uma grandeza escalar dado pela expressão:
$V = \dfrac{k_0 \cdot Q}{r}$. Assim, o potencial elétrico resultante no centro C da circunferência é:
$$V_C = \frac{k_0 \cdot Q}{r} + \frac{k_0 \cdot Q}{r} + \frac{k_0 \cdot (-2Q)}{r} \Rightarrow \boxed{V_C = 0}$$

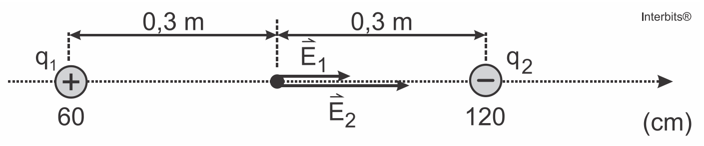
A figura mostra o vetor campo elétrico no centro C da circunferência devido a cada uma das cargas.



A intensidade do vetor campo elétrico resultante nesse ponto é:
$$E_C = E_3 = \frac{k_0 \cdot |q_3|}{r^2} = \frac{k_0 \cdot |-2Q|}{r^2} \Rightarrow \boxed{E_C = \frac{2 \cdot k_0 \cdot Q}{r^2}}$$

Resposta da questão 4:

a) Carga positiva gera campo de afastamento e carga negativa gera campo de aproximação. Assim os dois campos são de mesmo sentido, para a direita, como indicado na figura.

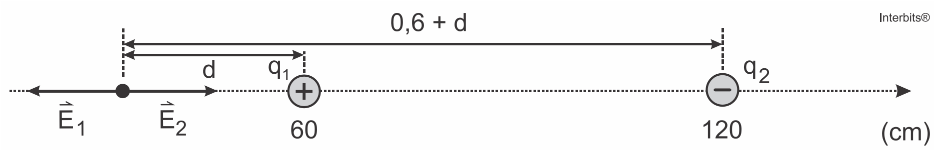


A intensidade do campo elétrico resultante é:

$$E = E_1 + E_2 = \frac{k|q_1|}{d_1^2} + \frac{k|q_2|}{d_2^2} = \frac{9\times10^9 \cdot 10^{-6}}{(0,3)^2} + \frac{9\times10^9 \cdot 4\times10^{-6}}{(0,3)^2} = 10^5 + 4\times10^5 \Rightarrow$$

$$\boxed{E = 5\times10^5\ \text{N/C.}}\ (\text{horizontal para direita})$$

b) No ponto onde o vetor campo elétrico é nulo, os campos dessas duas cargas devem ter mesma intensidade e sentidos opostos, como indicado.



$$E_1 = E_2 = \frac{k|q_1|}{d^2} = \frac{k|q_2|}{(0,6+d)^2} \Rightarrow \frac{10^{-6}}{d^2} = \frac{4\times10^{-6}}{(0,6+d)^2} \Rightarrow \frac{1}{d^2} = \frac{4}{(0,6+d)^2} \Rightarrow$$

$$\sqrt{\frac{1}{d^2}} = \sqrt{\frac{4}{(0,6+d)^2}} \Rightarrow \frac{1}{d} = \frac{2}{0,6+d} \Rightarrow 2\,d = 0,6 + d \Rightarrow d = 0,6\ \text{m} = 60\ \text{cm.}$$

Como esse ponto está a esquerda de q_1 a abscissa desse ponto é:

$$x = 60 - 60 \Rightarrow \boxed{x = 0.}$$

Resposta da questão 5:

a) Na situação de equilíbrio, a força eletrostática tem mesma intensidade do peso da partícula.

$$F_e = P = m\,g = 1,2\times10^{-14} \cdot 1,6 \Rightarrow \boxed{F_e = 1,92\times10^{-14}\ \text{N.}}$$

b) $F_e = |q|\,E \Rightarrow E = \dfrac{F_e}{|q|} = \dfrac{1,92\times10^{-14}}{1,9\times10^{-15}} \Rightarrow \boxed{E \cong 10\ \text{N/C.}}$

c) Substituindo os dados na expressão fornecida no enunciado:

$$\varepsilon = h\,f \Rightarrow f = \frac{\varepsilon}{h} = \frac{8\times10^{-19}}{6\times10^{-34}} \Rightarrow \boxed{f = 1,33\times10^{15}\ \text{Hz.}}$$

d) Se cada fóton arranca 1 elétron em $2\ \text{s}$ são arrancados n elétrons. Assim:

$n = 5\times10^5 \cdot 2 \Rightarrow n = 10^6$ elétrons.

$$q = n\,q_{elét} = 10^6 \cdot \left(-1,6\times10^{-19}\right) \Rightarrow \boxed{q = -1,6\times10^{-13}\ \text{C.}}$$

Resposta da questão 6:
[B]

Cálculo do campo elétrico $\vec{E}_1$ no ponto P gerado pela carga q_1:

$$E_1 = \frac{k_0 \cdot q_1}{d_1^2} \Rightarrow E_1 = \frac{9 \cdot 10^9 \ \frac{Nm^2}{C^2} \cdot 20 \cdot 10^{-6}\ C}{\left(2 \cdot 10^{-1}\ m^2\right)^2} \Rightarrow$$

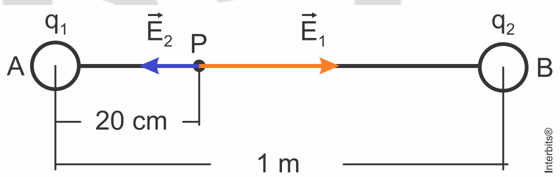
$$E_1 = \frac{9 \cdot 10^9 \ \frac{N\cancel{m^2}}{C\cancel{^2}} \cdot 20 \cdot 10^{-6}\ \cancel{C}}{4 \cdot 10^{-2}\ \cancel{m^2}} \Rightarrow E_1 = 45 \cdot 10^5\ \frac{N}{C}$$ de intensidade e sentido para direita de q_1.

Cálculo do campo elétrico $\vec{E}_2$ no ponto P gerado pela carga q_2:

$$E_2 = \frac{k_0 \cdot q_2}{d_2^2} \Rightarrow E_2 = \frac{9 \cdot 10^9 \ \frac{Nm^2}{C^2} \cdot 64 \cdot 10^{-6}\ C}{\left(8 \cdot 10^{-1}\ m^2\right)^2} \Rightarrow$$

$$E_2 = \frac{9 \cdot 10^9 \ \frac{N\cancel{m^2}}{C\cancel{^2}} \cdot \cancel{64} \cdot 10^{-6}\ \cancel{C}}{\cancel{64} \cdot 10^{-2}\ \cancel{m^2}} \Rightarrow E_2 = 9 \cdot 10^5\ \frac{N}{C}$$ de intensidade e sentido para esquerda de q_2.

Cálculo do campo elétrico resultante de acordo com o esquema abaixo:

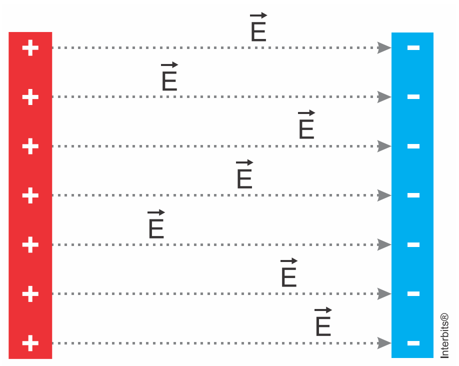


Logo, o campo resultante tem direção horizontal, no sentido de A para B, cuja intensidade é dada pela soma vetorial dos campos de cada carga em P:

$$E_r = E_1 + E_2 = 45 \cdot 10^5\ \frac{N}{C} - 9 \cdot 10^5\ \frac{N}{C} = 36 \cdot 10^5\ \frac{N}{C} \therefore E_r = 3{,}6 \cdot 10^6\ \frac{N}{C}$$

Resposta da questão 7:
02 + 04 + 08 = 14.

[01] Falso.



A carga q pode ser tanto positiva como neutra.

[02] Verdadeiro.

$$\tan\alpha = \frac{F_e}{P} \Rightarrow \tan\alpha = \frac{|q|E}{mg} \Rightarrow \arctan\alpha = \frac{|q|E}{mg}$$

[04] Verdadeiro.

$$T = \sqrt{T_x^2 + T_y^2} \Rightarrow T = \sqrt{F_e^2 + P^2} \Rightarrow T = \sqrt{q^2 \cdot E^2 + m^2 \cdot g^2}$$

[08] Verdadeiro.

$$\tan\alpha = \frac{F_e}{P} \Rightarrow \tan\alpha = \frac{|q|E}{mg} \Rightarrow E = \frac{\tan\alpha \cdot mg}{|q|} \Rightarrow E = \frac{\tan\left(\frac{\pi}{2}\right) \cdot mg}{|q|}$$

$\tan\left(\frac{\pi}{2}\right)$ tende a infinito, logo deveria se aplicar um campo elétrico infinito.

[16] Falso. Se o fio se romper, a coordenada horizontal da partícula não varia linearmente com o tempo t.

Resposta da questão 8:
[D]

As linhas de campo elétrico mostradas no desenho, além de informarem o sinal de cada carga (carga positiva = linhas de saída e carga negativa = linhas de chegada) indicam, também, que a carga Q_A possui uma supremacia em relação à carga Q_B . Com isso, a soma das cargas será positiva.

Resposta da questão 9:
[D]

O aumento do campo elétrico entre as nuvens e o solo favorece o deslocamento de partículas carregadas (íons) que acarretam nas descargas elétricas.

Resposta da questão 10:
[B]

Esta questão envolve força elétrica, lançamento e composição de movimentos, pois a força elétrica que atua na horizontal da direita para a esquerda, no mesmo sentido do campo elétrico, desacelera a partícula fazendo com que ela mude o sentido de movimento horizontal, enquanto que no campo gravitacional temos uma queda livre. Com isso, temos acelerações negativas tanto no eixo x quanto no eixo y por conta do referencial adotado colocando a origem do sistema cartesiano no ponto A. A análise abaixo tratará os eixos separadamente.

Eixo x:

A intensidade da força elétrica será: $F_e = -E \cdot q = -2500 \frac{N}{C} \cdot 8 \cdot 10^{-6} C = -0{,}02 N$

Pela segunda Lei de Newton da Dinâmica, a aceleração em x será:

$$a_x = \frac{F_e}{m} = \frac{-0{,}02 N}{2 \cdot 10^{-3} kg} = -10 \frac{m}{s^2}$$

Usando a equação horária das posições do MRUV para o eixo x, podemos calcular o tempo que a partícula leva para retornar a posição $x = 0$:

$$x = x_0 + v_{0x} \cdot t + \frac{a_x}{2} \cdot t^2$$

Substituindo os valores das posições, da velocidade inicial em x e da aceleração em x calculada:

$$0 = 0 + 20 \cdot t - \frac{10}{2} \cdot t^2 \Rightarrow 20t - 5t^2 = 0$$

$$t(20 - 5t) = 0 \Rightarrow \begin{cases} t' = 0 s \\ t'' = 4 s \end{cases}$$

Logo, o tempo para que a partícula retorne a origem é de 4 s.
Com o tempo podemos calcular a velocidade em cada eixo, usando a equação da velocidade:

Em x: $v_x = v_{0x} + a_x \cdot t \Rightarrow v_x = 20 \frac{m}{s} - 10 \frac{m}{s^2} \cdot 4 s = -20 \frac{m}{s}$

Em y: $v_y = v_{0y} + g \cdot t \Rightarrow v_y = 0 - 10 \frac{m}{s^2} \cdot 4 s = -40 \frac{m}{s}$