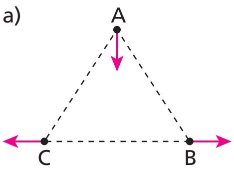
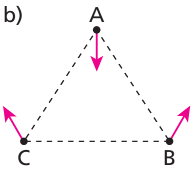
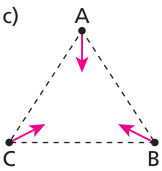
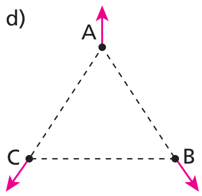
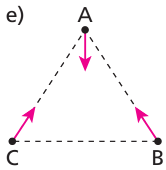
23 (Fuvest-SP) Três pequenas esferas carregadas com cargas de mesmo módulo, sendo **A** positiva e **B** e **C** negativas, estão presas nos vértices de um triângulo equilátero. No instante em que elas são soltas simultaneamente, a direção e o sentido de suas acelerações serão mais bem representados pelo esquema:

a)


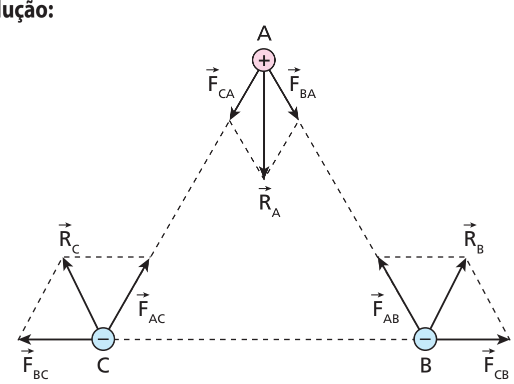
b)


c)


d)


e)


Resolução:



A aceleração vetorial tem a mesma direção e o mesmo sentido da força resultante (R) em cada esfera.

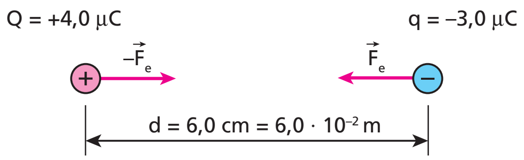
Resposta: b

24 **E.R.** Determine o módulo da força de interação entre duas partículas eletrizadas com +4,0 μC e –3,0 μC, estando elas no vácuo à distância de 6,0 cm uma da outra.

Dado: constante eletrostática do vácuo $K_0 = 9{,}0 \cdot 10^9$ N m²/C²

Resolução:

Como as cargas têm sinais opostos, a interação entre elas é atrativa.



Aplicando a **Lei de Coulomb** a essa interação, temos:

$$F_e = K\frac{|Q\,q|}{d^2}$$

Substituindo os valores conhecidos, vem:

$$F_e = 9{,}0 \cdot 10^9 \cdot \frac{4{,}0 \cdot 10^{-6} \cdot 3{,}0 \cdot 10^{-6}}{(6{,}0 \cdot 10^{-2})^2}$$

$$\boxed{F_e = 30\text{ N}}$$

25 (Mack-SP) Duas cargas elétricas puntiformes distam 20 cm uma da outra. Alterando essa distância, a intensidade da força de interação eletrostática entre as cargas fica 4 vezes menor. A nova distância entre elas é:

a) 10 cm.
b) 20 cm.
c) 30 cm.
d) 40 cm.
e) 50 cm.

Resolução:

Lei de Coulomb:

$$F = K\frac{|Q\,q|}{d^2}$$

No início:

$$F = K\frac{|Q\,q|}{(0{,}20)^2} \Rightarrow \frac{F}{K|Q\,q|} = \frac{1}{(0{,}20)^2}$$

No final:

$$\frac{F}{4} = K\frac{|Q\,q|}{d^2} \Rightarrow \frac{F}{K|Q\,q|} = \frac{4}{d^2}$$

Portanto:

$$\frac{4}{d^2} = \frac{1}{(0{,}20)^2} \Rightarrow \frac{2}{d} = \frac{1}{0{,}20}$$

d = 0,40 m = 40 cm

Resposta: d

26 (Unesp-SP) Duas esferas condutoras idênticas carregadas com cargas +Q e –3Q, inicialmente separadas por uma distância **d**, atraem-se com uma força elétrica de intensidade (módulo) **F**. Se as esferas são postas em contato e, em seguida, levadas de volta para suas posições originais, a nova força entre elas será:

a) maior que **F** e de atração.
b) menor que **F** e de atração.
c) igual a **F** e de repulsão.
d) menor que **F** e de repulsão.
e) maior que **F** e de repulsão.

Resolução:

Lei de Coulomb:

$$F = K\frac{|Q\,q|}{d^2}$$

No início:

$$F = K\frac{|Q \cdot 3Q|}{d^2} \Rightarrow F = \frac{3K|Q|^2}{d^2}$$

No contato, temos:

$$Q' = \frac{(+Q) + (-3Q)}{2} \Rightarrow Q' = -Q$$

Assim, no final:

$$F' = K\frac{|Q\ Q|}{d^2} \Rightarrow F' = \frac{K|Q|^2}{d^2}$$

Portanto:

$$\boxed{F' = \frac{F}{3}}$$

A força de interação torna-se de repulsão e tem sua intensidade diminuída.

Resposta: d

27 Duas cargas puntiformes $q_1 = 5 \cdot 10^{-6}$ C e $q_2 = 12 \cdot 10^{-6}$ C estão separadas 1 m uma da outra no vácuo. Sendo $K = 9 \cdot 10^9$ N m²/C² a constante eletrostática do vácuo, qual a intensidade da força de interação entre elas?

Resolução:
Lei de Coulomb

$$F = K\frac{|q_1 \cdot q_2|}{d^2}$$

$$F = 9 \cdot 10^9\ \frac{5 \cdot 10^{-6} \cdot 12 \cdot 10^{-6}}{1^2}$$

$$\boxed{F = 0{,}54\ \text{N}}$$

Resposta: 0,54 N

28 (Cefet-SP) A intensidade da força elétrica entre duas cargas puntiformes, $Q_1 = 6$ μC e $Q_2 = 3$ μC, colocadas no vácuo, sofre redução quando essas cargas são mergulhadas, a mesma distância, em água. Sendo a distância entre as cargas de 3 cm e a intensidade da força elétrica F = 2,2 N, o valor da constante eletrostática na água, em $N \cdot m^2/C^2$, é igual a:

a) $9{,}0 \cdot 10^8$.
b) $6{,}0 \cdot 10^8$.
c) $4{,}6 \cdot 10^8$.
d) $2{,}2 \cdot 10^8$.
e) $1{,}1 \cdot 10^8$.

Resolução:
Lei de Coulomb

$$F = K\frac{|Q_1\ Q_2|}{d^2}$$

$$2{,}2 = K\frac{6 \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot 10^{-6}}{(3 \cdot 10^{-2})^2}$$

$$K = \frac{2{,}2 \cdot 9 \cdot 10^{-4}}{18 \cdot 10^{-12}}$$

$$\boxed{K = 1{,}1 \cdot 10^8\ \frac{Nm^2}{C^2}}$$

Resposta: e

29 (FGV-SP) Já havia tocado o sinal quando o professor dera o ultimato: "— Meninos, estou indo embora!...". Desesperadamente, um aluno, que terminara naquele momento a resolução do último problema, onde se pedia o cálculo da constante eletrostática em um determinado meio, arranca a folha que ainda estava presa em seu caderno e a entrega ao seu professor.

2) Duas cargas elétricas muito pequenas e de sinais iguais, imersas em um meio homogêneo, são abandonadas a cinco centímetros uma da outra.

A essa distância a força repulsiva que atua sobre elas tem intensidade de 2,7 N.

Sendo $5 \cdot 10^{-6}$ C e $1{,}5 \cdot 10^{-7}$ C as intensidades dessas cargas, determine o valor da constante eletrostática válida para esse meio.

F = 2,7 N $\quad F = K_0\frac{Q_1 \cdot Q_2}{d^2}$

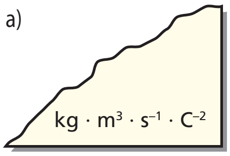
$Q_1 = 5 \cdot 10^{-6}$ C $\quad 2{,}7 = K_0\frac{5 \cdot 10^{-6} \cdot 1{,}5 \cdot 10^{-7}}{(5 \cdot 10^{-2})^2}$

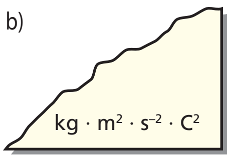
$Q_2 = 1{,}5 \cdot 10^{-7}$ C $\quad 2{,}7 = K_0\frac{0{,}3 \cdot 10^{-13}}{10^{-4}}$

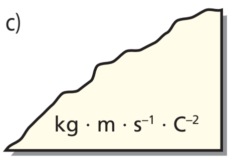
$d = 5 \cdot 10^{-2}$ m $\quad K_0 = \frac{2{,}7}{0{,}3 \cdot 10^{-9}}$

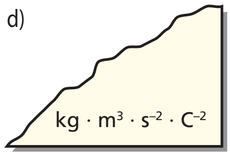
$K_0 = 9 \cdot 10^9$

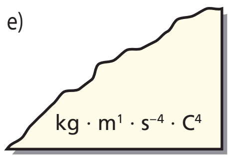
Durante a correção da segunda questão, o professor não pôde considerar cem por cento de acerto, devido à falta da unidade correspondente à grandeza física solicitada. O pedaço faltante que daria a totalidade do acerto para a segunda questão, dentre os apresentados, seria:

a)


b)


c)


d)


e)


Resolução:
Lei de Coulomb

$$F = K\frac{|Q\ q|}{d^2}$$

No SI:

$$N = [K]\ \frac{C^2}{m^2}$$

Mas:

F = m a

e, no SI:

$N = kg \frac{m}{s^2}$

Assim,

$kg \frac{m}{s^2} = [K] \frac{C^2}{m^2}$

$[K] = \frac{kg\ m^3}{s^2\ C^2}$

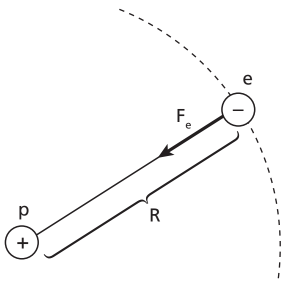
$\boxed{[K] = kg\ m^3\ s^{-2}\ C^{-2}}$

Resposta: d

30 (Mack-SP) Com base no modelo do átomo de hidrogênio, no qual se considera um elétron descrevendo uma órbita circunferencial ao redor do núcleo, temos um exemplo de MCU. O raio dessa órbita é da ordem de 10^{-10} m. Sabe-se que a carga elementar é $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C, a constante eletrostática do meio é $K = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2$, a massa do elétron é $m_e = 9{,}1 \cdot 10^{-31}$ kg e a massa do próton é $m_p = 1{,}67 \cdot 10^{-27}$ kg. Nesse modelo atômico, a velocidade escalar do elétron é, aproximadamente:

a) $1{,}6 \cdot 10^4$ m/s.
b) $3{,}2 \cdot 10^4$ m/s
c) $1{,}6 \cdot 10^6$ m/s
d) $3{,}2 \cdot 10^6$ m/s
e) $1{,}6 \cdot 10^9$ m/s

Resolução:
A função centrípeta é desempenhada pela força eletrostática.



Assim:

$F_{cp} = F_e$

$\frac{m\ v^2}{R} = \frac{K\ |Q\ q|}{R^2}$

$v^2 = \frac{K\ |Q\ q|}{m\ R}$

$v^2 = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot (1{,}6 \cdot 10^{-19})^2}{9{,}1 \cdot 10^{-31} \cdot 10^{-10}}$

$v^2 \simeq 2{,}53 \cdot 10^{12}$

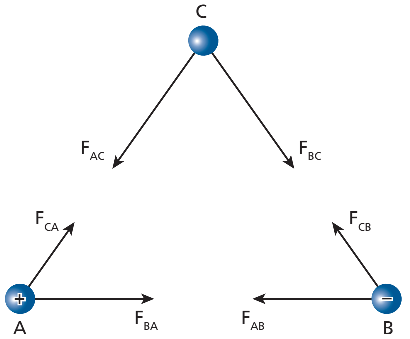
$\boxed{v \simeq 1{,}6 \cdot 10^6\ m/s}$

Resposta: c

31 (Unifesp-SP) Uma estudante observou que, ao colocar sobre uma mesa horizontal três pêndulos eletrostáticos idênticos, equidistantes entre si, como se cada um ocupasse o vértice de um triângulo equilátero, as esferas dos pêndulos atraíam-se mutuamente. Sendo as três esferas metálicas, a estudante poderia concluir **corretamente** que:

a) as três esferas estavam eletrizadas com cargas de mesmo sinal.
b) duas esferas estavam eletrizadas com cargas de mesmo sinal e uma com carga de sinal oposto.
c) duas esferas estavam eletrizadas com cargas de mesmo sinal e uma neutra.
d) duas esferas estavam eletrizadas com cargas de sinais opostos e uma neutra.
e) uma esfera estava eletrizada e duas neutras.

Resolução:
Para ocorrer **atração** mútua, é necessário que duas esferas estejam eletrizadas com cargas elétricas de sinais opostos e que a terceira esfera esteja neutra. Essa terceira esfera será atraída por indução.



Resposta: d

32 (Fuvest-SP) Pequenas esferas, carregadas com cargas elétricas negativas de mesmo módulo **Q**, estão dispostas sobre um anel isolante e circular, como indicado na figura 1. Nessa configuração, a intensidade da força elétrica que age sobre uma carga de prova negativa, colocada no centro do anel (ponto **P**), é F_1.

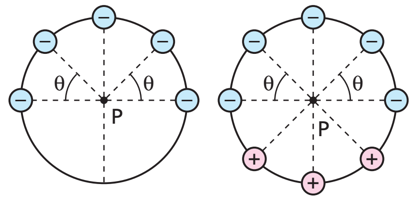
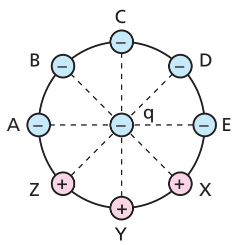


Figura 1 Figura 2

Se forem acrescentadas sobre o anel três outras cargas de mesmo módulo **Q**, mas positivas, como na figura 2, a intensidade da força elétrica no ponto **P** passará a ser :

a) zero.
b) $\left(\frac{1}{2}\right) F_1$.
c) $\left(\frac{3}{4}\right) F_1$.
d) F_1.
e) $2\,F_1$.

Resolução:
Observando a figura a seguir:



notamos que:

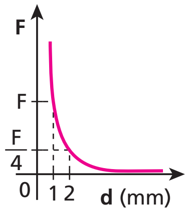
1) Em **Q** a resultante de **A** e **E** é nula.
2) **B**, **C** e **D** provocam em **Q** uma força resultante $\vec{F}_1$.
3) Por simetria, **Z**, **Y** e **X** também provocam em **Q** uma resultante $\vec{F}_1$.

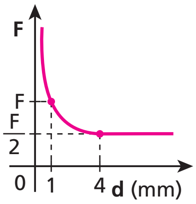
Assim, em **q**, temos:

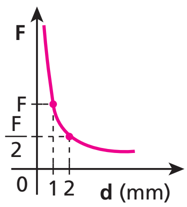
$F_R = 2F_1$

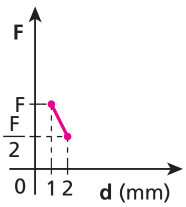
Resposta: e

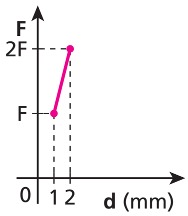
33 (Mack-SP) Dois pequenos corpos, idênticos, estão eletrizados com cargas de 1,00 nC cada um. Quando estão à distância de 1,00 mm um do outro, a intensidade da força de interação eletrostática entre eles é **F**. Fazendo-se variar a distância entre esses corpos, a intensidade da força de interação eletrostática também varia. O gráfico que melhor representa a intensidade dessa força, em função da distância entre os corpos, é:

a)


d)


b)


e)


c)


Resolução:

Lei de Coulomb

$$F = K\frac{|Q\,q|}{d^2}$$

Para uma distância d = 1 mm, temos:

$$F = K\frac{Q^2}{1^2} = KQ^2$$

Se dobrarmos a distância (d = 2 mm), temos:

$$F' = K\frac{Q^2}{2^2} = K\frac{Q^2}{4}$$

Portanto: $\boxed{F' = \frac{F}{4}}$

Como a Lei de Coulomb mostra que a intensidade de **F** é inversamente proporcional ao quadrado da distância, a função é expressa no diagrama por uma **hipérbole cúbica**.

Resposta: a

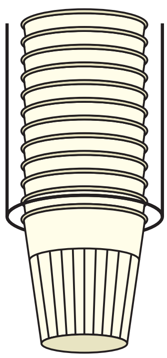
34 (Vunesp-SP) Ao retirar o copinho de um porta-copos, um jovem deixa-o escapar de suas mãos quando ele já se encontrava a 3 cm da borda do porta-copos. Misteriosamente, o copo permanece por alguns instantes pairando no ar. Analisando o fato, concluiu que o atrito entre o copo extraído e o que ficara exposto havia gerado uma força de atração de origem eletrostática.

Suponha que:

- a massa de um copo seja de 1 g;
- a interação eletrostática ocorra apenas entre o copo extraído e o que ficou exposto, sendo que os demais copos não participam da interação;
- os copos, o extraído e o que ficou exposto, possam ser associados a cargas pontuais, de mesma intensidade.

Nessas condições, dados $g = 10\ m/s^2$ e $K = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2/C^2$, o módulo da carga elétrica excedente no copinho, momentos após sua retirada do porta-copos, foi, em coulombs, aproximadamente:

a) $6 \cdot 10^{-5}$.
b) $5 \cdot 10^{-6}$.
c) $4 \cdot 10^{-7}$.
d) $3 \cdot 10^{-8}$.
e) $2 \cdot 10^{-9}$.



Resolução:

Quando o copinho está pairando no ar, temos:

$F_e = P$

$$K\frac{Q^2}{d^2} = mg$$

$$9 \cdot 10^9 \cdot \frac{Q^2}{(3 \cdot 10^{-2})^2} = 1 \cdot 10^{-3} \cdot 10$$

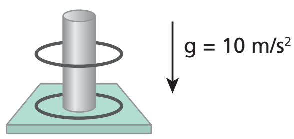
$$\frac{9 \cdot 10^9\, Q^2}{9 \cdot 10^{-4}} = 10^{-2}$$

$$Q^2 = 10^{-15} = 10 \cdot 10^{-16}$$

$$\boxed{Q \simeq 3{,}2 \cdot 10^{-8}\ C}$$

Resposta: d

35 (UFTM-MG) Dois pequenos anéis de alumínio, idênticos e de massa 0,9 g, um deles carregado eletricamente e outro neutro, são postos em contato. Em seguida, os anéis são colocados em um pino vertical isolante, montado em uma base também isolante. Nessas condições, o anel superior flutua sobre o inferior, mantendo uma distância fixa de 1 cm.



Sendo a constante eletrostática do ar igual a $9 \cdot 10^9$ N · m²/C², a carga inicialmente depositada sobre o anel eletrizado, em **C**, é:
a) $1 \cdot 10^{-8}$. b) $2 \cdot 10^{-8}$. c) $3 \cdot 10^{-8}$. d) $4 \cdot 10^{-8}$. e) $5 \cdot 10^{-8}$.

Resolução:
No equilíbrio, temos:

$F_e = P_{(anel)}$

$$K \frac{|Q\,Q|}{d^2} = mg$$

$$9 \cdot 10^9 \frac{Q^2}{(1 \cdot 10^{-2})^2} = 0{,}9 \cdot 10^{-3} \cdot 10$$

$Q^2 = 10^{-16}$

$Q = 1 \cdot 10^{-8}$ C

Essa carga foi adquirida pelo anel superior (inicialmente neutro) no contato com o anel eletrizado. Assim, no início, a carga existente no anel eletrizado vale:

$$\boxed{q = 2 \cdot 10^{-8}\ \text{C}}$$

Resposta: b

36 Duas partículas eletrizadas com cargas elétricas iguais a **Q** estão fixas nos vértices opostos **A** e **C** de um quadrado de lado **ℓ**. A força de repulsão entre elas tem intensidade F_e (figura **a**). Quando colocadas nos vértices adjacentes **A** e **B**, a força de repulsão passa a ter intensidade F'_e (figura **b**).

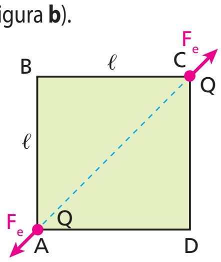


Figura a

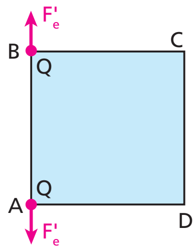
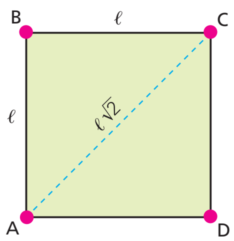


Figura b

Qual a relação que existe entre F'_e e F_e?

Resolução:



Lei de Coulomb:

$$F = K \frac{|Q\,q|}{d^2}$$

Portanto:

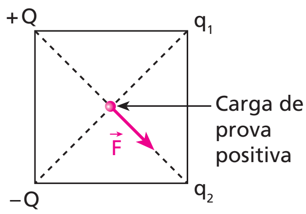
$$F_e = \frac{K|Q\,Q|}{(\ell\sqrt{2})^2} \Rightarrow F_e = \frac{K|Q\,Q|}{2\ell^2}$$

$$F'_e = \frac{K|Q\,Q|}{\ell^2}$$

$$F_e = \frac{F'_e}{2} \Rightarrow \boxed{F'_e = 2\,F_e}$$

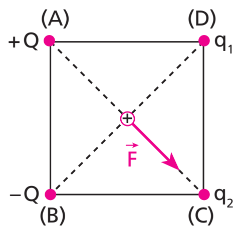
Resposta: $F'_e = 2\,F_e$

37 (Fuvest-SP) Quatro cargas pontuais estão colocadas nos vértices de um quadrado. As duas cargas +Q e –Q têm mesmo valor absoluto e as outras duas, q_1 e q_2, são desconhecidas. A fim de determinar a natureza dessas cargas, coloca-se uma carga de prova positiva no centro do quadrado e verifica-se que a força sobre ela é $\vec{F}$, mostrada na figura. Podemos afirmar que:

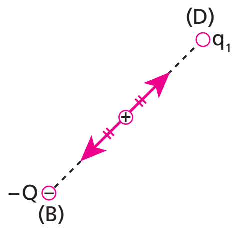


a) $q_1 > q_2 > 0$.
b) $q_2 > q_1 > 0$.
c) $q_1 + q_2 > 0$.
d) $q_1 + q_2 < 0$.
e) $q_1 = q_2 > 0$.

Resolução:



Inicialmente vamos admitir que a carga +Q é positiva.
1) Na direção BD a força resultante deve ser nula.



Para que isso ocorra, devemos ter:

$$\boxed{q_1 = -Q}$$

2) Na direção AC a força resultante tem sentido de **A** para **C**, como mostra a figura original. Assim q_2, pode ser negativa ou, se positiva, menor do que +Q:

$$\boxed{q_2 < +Q}$$

Portanto:

$$\begin{cases} q_1 = -Q \\ q_2 < +Q \end{cases}$$

Somando membro a membro:

$q_1 + q_2 < -Q + Q$

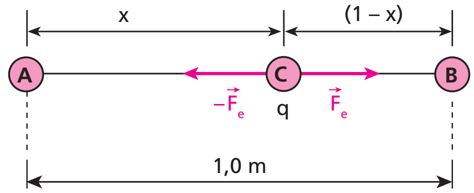
$q_1 + q_2 < 0$

Resposta: d

38 E.R. Duas partículas **A** e **B**, eletrizadas com cargas de mesmo sinal e respectivamente iguais a Q_A e Q_B, tal que $Q_A = 9\,Q_B$, são fixadas no vácuo a 1,0 m de distância uma da outra. Determine o local, no segmento que une as cargas **A** e **B**, onde deverá ser colocada uma terceira carga **C**, para que ela permaneça em repouso.

Resolução:

Inicialmente, façamos um esquema da situação:



Como as cargas **A** e **B** têm o mesmo sinal, as forças de interação que agirão sobre a terceira carga terão a mesma direção, mas sentidos opostos, não importando qual o seu sinal. Uma vez que essa terceira carga deve ficar em repouso, os módulos das forças que agem sobre ela devem ser iguais (resultante nula).

Assim:

$$K\frac{|Q_A\,q|}{x^2} = K\frac{|Q_B\,q|}{(1-x)^2}$$

$$\frac{9\,|Q_B|}{x^2} = \frac{|Q_B|}{(1-x)^2} \Rightarrow x^2 = 9(1-x)^2$$

$$x = 3(1-x) \Rightarrow x = 3 - 3x$$

$$4x = 3 \Rightarrow \boxed{x = 0{,}75\text{ m}}$$

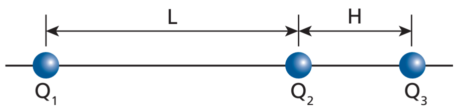
A carga **C** deve ser colocada a 0,75 m de **A** e a 0,25 m de **B**.

Nota:

- A equação $x^2 = 9\,(1-x)^2$ admite uma outra solução, que não satisfaz às condições do problema. Ela corresponde a um ponto fora do segmento que une **A** e **B**, em que as forças têm mesmo módulo e mesmo sentido e, portanto, **não se equilibram**.

39 (UFRN) A figura mostra três cargas elétricas puntiformes, Q_1, Q_2 e Q_3. As cargas Q_1 e Q_2 estão fixas, têm sinais opostos, e o módulo de Q_1 é o dobro do módulo de Q_2. Deseja-se que a carga Q_3 fique em repouso a uma dada distância **H**, à direita de Q_2.

Para que isso ocorra, a carga Q_3 e a distância **L** entre Q_1 e Q_2 devem ser:



a) Q_3 pode ser uma carga qualquer e $L = (\sqrt{2} - 1)\,H$.

b) $Q_3 = Q_2 - Q_1$ e $L = H$.

c) $Q_3 = Q_2$ e $L = H$.

d) $Q_3 = Q_1$ e $L = \sqrt{2}\,H$.

e) $Q_3 = Q_2$ e $L = (2 - \sqrt{2})\,H$.

Resolução:

Como Q_1 e Q_2 possuem sinais opostos, uma delas irá atrair e a outra, repelir Q_3. Para que Q_3 permaneça em equilíbrio, devemos ter:

$$F_{1,3} = F_{2,3}$$

$$K\frac{|Q_1\,Q_3|}{(L+H)^2} = K\frac{|Q_2\,Q_3|}{H^2} \Rightarrow \frac{2Q_2}{(L+H)^2} = \frac{Q^2}{H^2}$$

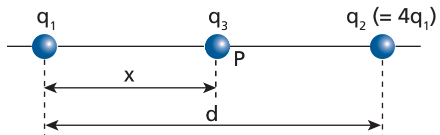
$$(L+H)^2 = 2H^2$$

$$L + H = \sqrt{2}\,H \Rightarrow L = (\sqrt{2} - 1)H$$

Observe que o sinal de Q_3 pode ser positivo ou negativo.

Resposta: a

40 (Fuvest-SP) Duas cargas pontuais positivas, q_1 e $q_2 = 4q_1$, são fixadas a uma distância **d** uma da outra. Uma terceira carga negativa q_3 é colocada no ponto **P** entre q_1 e q_2, a uma distância **x** da carga q_1, conforme mostra a figura.

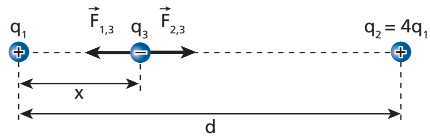


a) Calcule o valor de **x** para que a força sobre a carga q_3 seja nula.

b) Verifique se existe um valor de q_3 para o qual tanto a carga q_1 como a q_2 permanecem em equilíbrio, nas posições do item **a**, sem necessidade de nenhuma outra força além das eletrostáticas entre as cargas. Caso exista, calcule este valor de q_3; caso não exista, responda "não existe" e justifique.

Resolução:

a)



$$F_{1,3} = F_{2,3}$$

$$K\frac{|q_1\,q_3|}{x^2} = K\frac{|q_2\,q_3|}{(d-x)^2} \Rightarrow \frac{|q_1|}{x^2} = \frac{|q_2|}{(d-x)^2}$$

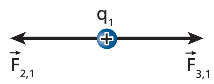
$$\frac{|q_1|}{x^2} = \frac{|4q_1|}{(d-x)^2} \Rightarrow 4x^2 = (d-x)^2$$

$$2x = d - x \Rightarrow 3x = d \Rightarrow \boxed{x = \frac{d}{3}}$$

Nota:

- Existe uma outra solução matemática, em que $x = -d$, que não serve fisicamente. Nesse caso, apesar de $|\vec{F}_{1,3}| = |\vec{F}_{2,3}|$, essas forças terão sentidos iguais, fazendo com que a carga q_3 não esteja em equilíbrio.

b)



$$F_{2,1} = F_{3,1}$$

$$K\frac{|q_2\,q_1|}{d^2} = K\frac{|q_3\,q_1|}{x^2}$$

$$\frac{|q_2|}{d^2} = \frac{|q_3|}{x^2}$$

$$|q_3|\,d^2 = |q_2|\,x^2$$

Mas:

$$x = \frac{d}{3}$$

Então:

$$|q_3|\,d^2 = |q_2|\left(\frac{d}{3}\right)^2 \Rightarrow |q_3|\,d^2 = |q_2|\,\frac{d^2}{9}$$

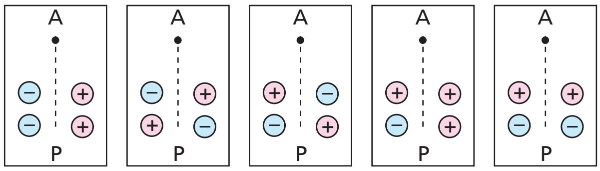
$$|q_3| = \frac{|q_2|}{9} \Rightarrow |q_3| = \frac{4|q_1|}{9}$$

$$\boxed{q_3 = \frac{4q_1}{9}}$$

Nota:
- Este cálculo pode ser feito utilizando-se a carga q_2. O valor obtido será o mesmo.

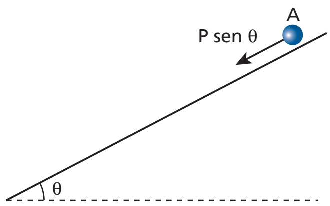
Respostas: a) $\frac{d}{3}$; b) $\frac{4q_1}{9}$

41 (Fuvest-SP) Um pequeno objeto, com carga elétrica positiva, é largado da parte superior de um plano inclinado, no ponto **A**, e desliza, sem ser desviado, até atingir o ponto **P**. Sobre o plano, estão fixados 4 pequenos discos com cargas elétricas de mesmo módulo. As figuras representam os discos e os sinais das cargas, vendo-se o plano de cima. Das configurações abaixo, a única compatível com a trajetória retilínea do objeto é:

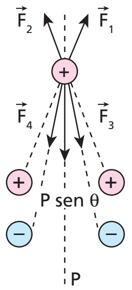


a) b) c) d) e)

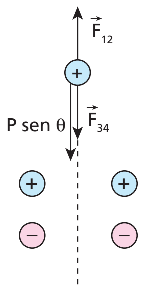
Resolução:
Na esfera abandonada no ponto **A** do plano inclinado, a força resultante deve ter a direção **AP** e sentido de **A** para **P**.
Isso ocorre apenas na situação encontrada na alternativa **e**.



Além da componente tangencial da força peso (P sen θ), ainda temos a resultante das forças elétricas. $\vec{F}_1$ e $\vec{F}_2$ são forças de repulsão exercidas pelas cargas positivas.
$\vec{F}_3$ e $\vec{F}_4$ são forças de atração exercidas pelas cargas negativas.



A resultante é observada em:



Que resulta:

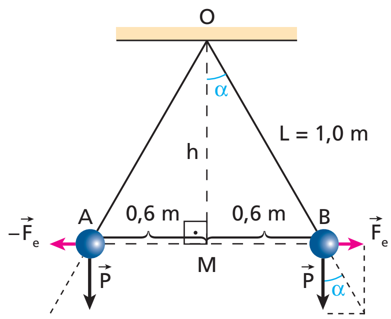
Resposta: e

42 E.R. Duas esferas condutoras idênticas muito pequenas, de mesma massa m = 0,30 g, encontram-se no vácuo, suspensas por meio de dois fios leves, isolantes, de comprimentos iguais L = 1,0 m e presos a um mesmo ponto de suspensão **O**. Estando as esferas separadas, eletriza-se uma delas com carga **Q**, mantendo-se a outra neutra. Em seguida, elas são colocadas em contato e depois abandonadas, verificando-se que na posição de equilíbrio a distância que as separa é d = 1,2 m. Determine a carga **Q**.
Dados: $Q > 0$; $K_0 = 9{,}0 \cdot 10^9\ N\ m^2\ C^{-2}$; $g = 10\ m\ s^{-2}$.

Resolução:
Como as esferas são idênticas, pode-se afirmar que após o contato elas estarão igualmente eletrizadas. Assim:

$$Q_A = Q_B = \frac{Q}{2}$$

Fazendo um esquema das forças relevantes nas esferas **A** e **B**, temos:



Da figura, podemos afirmar que:

$$\frac{F_e}{P} = \text{tg}\ \alpha \quad \text{e} \quad \text{tg}\ \alpha = \frac{0{,}6}{h}$$

Da **relação de Pitágoras**, aplicada ao triângulo OMB, vem:

$$(1{,}0)^2 = (0{,}6)^2 + h^2 \Rightarrow h = 0{,}8\ m$$

Assim, obtemos:

$$F_e = P \cdot \frac{0{,}6}{0{,}8} \Rightarrow F_e = P \cdot \frac{3}{4} \quad \text{(I)}$$

Mas:

$$F_e = K\frac{|Q_A\ Q_B|}{d^2} = \frac{K \cdot \frac{Q}{2} \cdot \frac{Q}{2}}{d^2} = \frac{K\,Q^2}{4d^2}$$

$$F_e = \frac{9{,}0 \cdot 10^9\ Q^2}{4(1{,}2)^2} \quad \text{(II)}$$

$$P = m\ g = 0{,}30 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \quad \text{(III)}$$

Então, substituindo (II) e (III) em (I), vem:

$$9{,}0 \cdot 10^9 \cdot \frac{Q^2}{4(1{,}2)^2} = 0{,}30 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot \frac{3}{4}$$

$$Q^2 = 1{,}44 \,.\, 10^{-12} \Rightarrow Q = 1{,}2 \,.\, 10^{-6}\ C$$

$$\boxed{Q = 1{,}2\ \mu C}$$