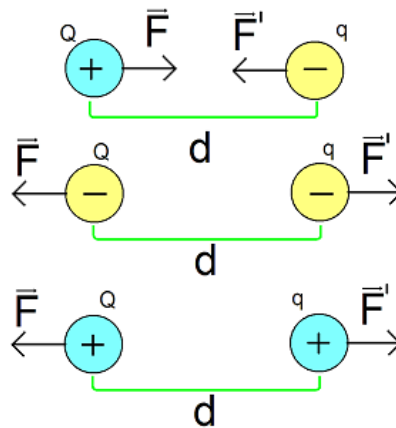


Força elétrica

Resumo

A força elétrica é diretamente proporcional ao produto das cargas elétrica e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre elas.



$$|\vec{F}| = |\vec{F}'| = F$$

$$F \propto \frac{Qq}{d^2}$$

$$F = K \frac{Qq}{d^2}$$

K é a constante eletrostática. Para o vácuo:

$$K_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

$$K = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$$

Obs.: As forças de atração u repulsão elétrica formam par ação-reação.

Dica: Como a força é uma grandeza vetorial não se esqueça de fazer o desenho para saber o resultado da soma vetorial ou para onde as forças estão E execute as contas sem sinal nas cargas, use em módulo.

Exercício resolvido:

Uma carga Q colocada a uma distância D de outra carga q recebe uma força elétrica de módulo F . O valor de Q é triplicado e o de q é duplicado e as cargas são separadas de uma distância $2D$. A nova força é F' . O valor da razão entre o módulo de F' e o módulo de F é:

- a) 1,5
- b) 2
- c) 3
- d) 4
- e) 6

Solução:

Na primeira situação a força vale:

$$F = \frac{KQq}{D^2} \text{ (em módulo)}$$

Para F'

$$F' = \frac{K3Q2q}{(2D)^2} = \frac{6KQq}{4D^2}$$

$$F' = 1,5 \frac{KQq}{D^2} = 1,5F$$

$$\frac{F'}{F} = 1,5$$

Letra A

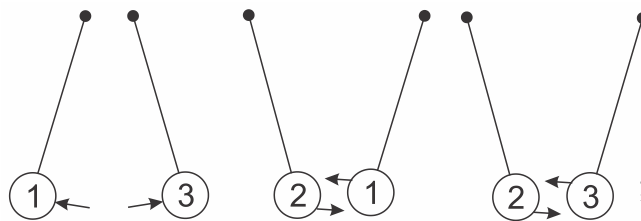
Exercícios

1. Duas cargas pontuais q_1 e q_2 são colocadas a uma distância R entre si. Nesta situação, observa-se uma força de módulo F_0 sobre a carga q_2 .

Se agora a carga q_2 for reduzida à metade e a distância entre as cargas for reduzida para $R/4$, qual será o módulo da força atuando em q_1 ?

- a) $F_0/32$
- b) $F_0/2$
- c) $2F_0$
- d) $8F_0$
- e) $16F_0$

2. Em uma experiência realizada em sala de aula, o professor de Física usou três esferas metálicas, idênticas e numeradas de 1 a 3, suspensas por fios isolantes em três arranjos diferentes, como mostra a figura abaixo:



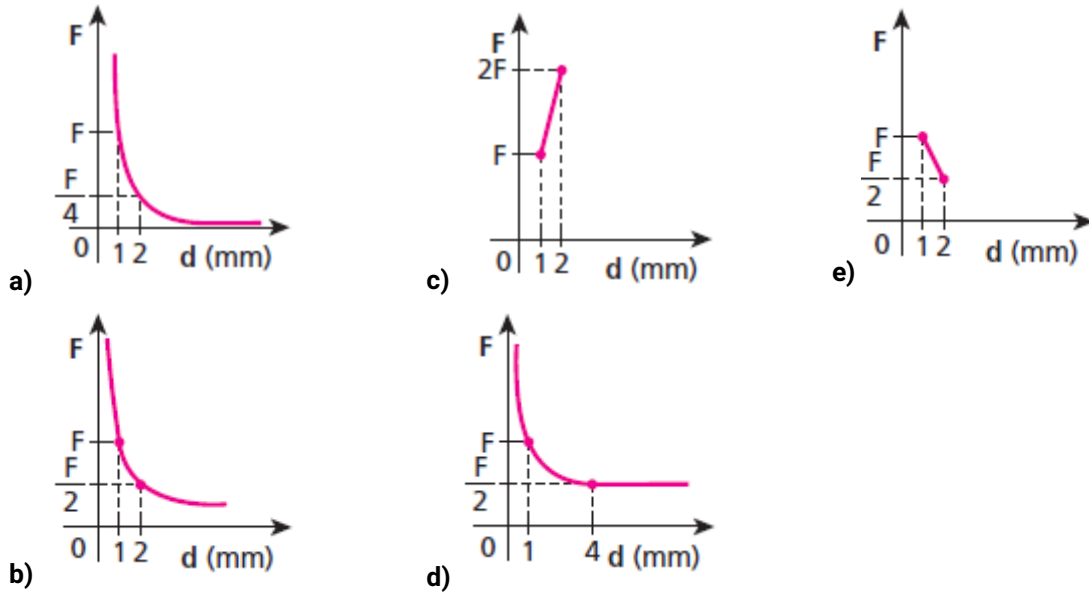
Inicialmente, o Professor eletrizou a esfera 3 com carga negativa. Na seqüência, o professor aproximou a esfera 1 da esfera 3 e elas se repeliram. Em seguida, ele aproximou a esfera 2 da esfera 1 e elas se atraíram. Por fim, aproximou a esfera 2 da esfera 3 e elas se atraíram. Na tentativa de explicar o fenômeno, 6 alunos fizeram os seguintes comentários:

- João: A esfera 1 pode estar eletrizada negativamente, e a esfera 2, positivamente.
- Maria: A esfera 1 pode estar eletrizada positivamente e a esfera 2 negativamente.
- Letícia: A esfera 1 pode estar eletrizada negativamente, e a esfera 2 neutra.
- Joaquim: A esfera 1 pode estar neutra e a esfera 2 eletrizada positivamente.
- Marcos: As esferas 1 e 2 podem estar neutras.
- Marta: As esferas 1 e 2 podem estar eletrizadas positivamente.

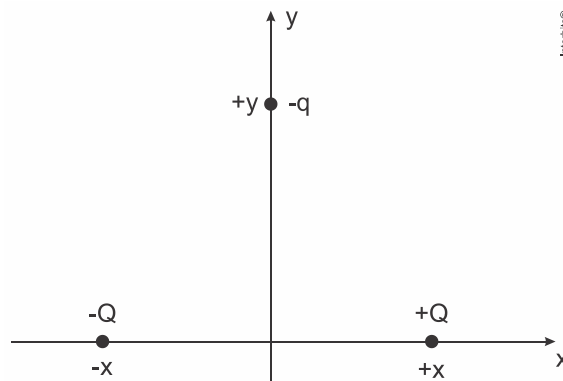
Assinale a alternativa que apresenta os alunos que fizeram comentários corretos com relação aos fenômenos observados:

- a) somente João e Maria.
- b) somente João e Letícia.
- c) somente Joaquim e Marta.
- d) somente João, Letícia e Marcos.
- e) somente Letícia e Maria.

3. Dois pequenos corpos, idênticos, estão eletrizados com cargas de $1,00 \text{ nC}$ cada um. Quando estão à distância de $1,00 \text{ mm}$ 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:



4.



Dois corpos eletrizados com cargas elétricas puntiformes $+Q$ e $-Q$ são colocados sobre o eixo x nas posições $+x$ e $-x$, respectivamente. Uma carga elétrica de prova $-q$ é colocada sobre o eixo y na posição $+y$, como mostra a figura acima.

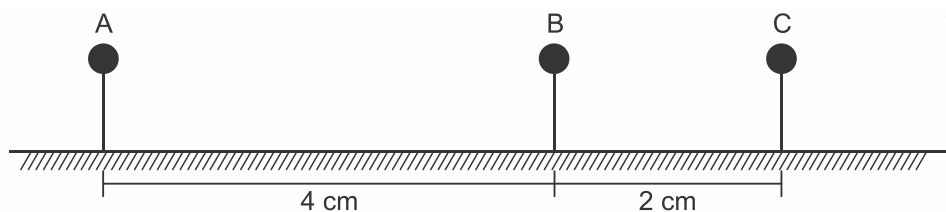
A força eletrostática resultante sobre a carga elétrica de prova

- tem direção horizontal e sentido da esquerda para a direita.
- tem direção horizontal e sentido da direita para a esquerda.
- tem direção vertical e sentido ascendente.
- tem direção vertical e sentido descendente.
- é um vetor nulo.

5. Duas pequenas esferas condutoras idênticas estão eletrizadas. A primeira esfera tem uma carga de $2Q$ e a segunda uma carga de $6Q$. As duas esferas estão separadas por uma distância d e a força eletrostática entre elas é F_1 . Em seguida, as esferas são colocadas em contato e depois separadas por uma distância $2d$. Nessa nova configuração, a força eletrostática entre as esferas é F_2 .

Pode-se afirmar sobre a relação entre as forças F_1 e F_2 , que:

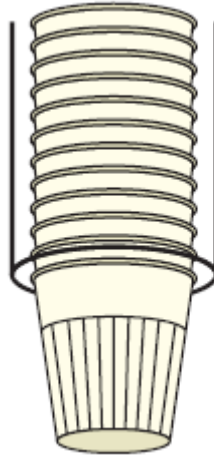
- a) $F_1 = 3 F_2$.
 - b) $F_1 = F_2/12$.
 - c) $F_1 = F_2/3$.
 - d) $F_1 = 4 F_2$.
 - e) $F_1 = F_2$.
6. Três esferas de dimensões desprezíveis **A**, **B** e **C** estão eletricamente carregadas com cargas elétricas respectivamente iguais a $2q$, q e q . Todas encontram-se fixas, apoiadas em suportes isolantes e alinhadas horizontalmente, como mostra a figura abaixo:



O módulo da força elétrica exercida por **B** na esfera **C** é F . O módulo da força elétrica exercida por **A** na esfera **B** é

- a) $F/4$
- b) $F/2$
- c) F
- d) $2F$
- e) $4F$

7. 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.



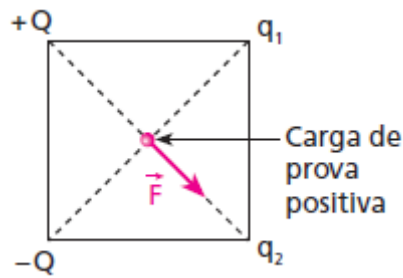
Suponha que:

- 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 $g = 10 \text{ m/s}^2$ e $K = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$, 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) $2 \cdot 10^{-9}$.
8. 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 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) $q_1 = q_2 > 0$.
9. Duas cargas são colocadas em uma região onde há interação elétrica entre elas. Quando separadas por uma distância d , a força de interação elétrica entre elas têm módulo igual a F . Triplicando-se a distância entre as cargas, a nova força de interação elétrica em relação à força inicial, será
- a) $\frac{1}{9} F$
 - b) $\frac{1}{3} F$
 - c) F
 - d) $3F$
 - e) $9F$
10. (Ufjf-pism 3 2017) Duas pequenas esferas condutoras idênticas estão eletrizadas. A primeira esfera tem uma carga de $2Q$ e a segunda uma carga de $6Q$. As duas esferas estão separadas por uma distância d e

a força eletrostática entre elas é F_1 . Em seguida, as esferas são colocadas em contato e depois separadas por uma distância $2d$. Nessa nova configuração, a força eletrostática entre as esferas é F_2 .

Pode-se afirmar sobre a relação entre as forças F_1 e F_2 , que:

- a) $F_1 = 3 F_2$.
- b) $F_1 = F_2/12$.
- c) $F_1 = F_2/3$.
- d) $F_1 = 4 F_2$.
- e) $F_1 = F_2$.

Gabarito

1. D

$$F_0 = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{R^2}$$

$$F' = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{\left(\frac{R}{4}\right)^2} \Rightarrow F' = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{\frac{R^2}{16}} \Rightarrow F' = 16 \cdot k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{2 \cdot R^2} \Rightarrow F' = 8 \cdot k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{R^2} \Rightarrow F' = 8 \cdot F_0$$

2. B

Do enunciado, a esfera 3 está eletrizada negativamente. Como a esfera 1 é repelida pela 3, ela também está eletrizada negativamente. Como a esfera 2 é atraída pelas outras duas, ou ela está eletrizada positivamente, ou está neutra.

Ilustrando:

Esfera 3	Esfera 1	Esfera 2
Negativa	Negativa	Positiva ou Neutra

3. A

Lei de Coulomb

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

Para uma distância $d = 1 \text{ mm}$, temos:

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

Se dobrarmos a distância ($d = 2 \text{ mm}$), temos:

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

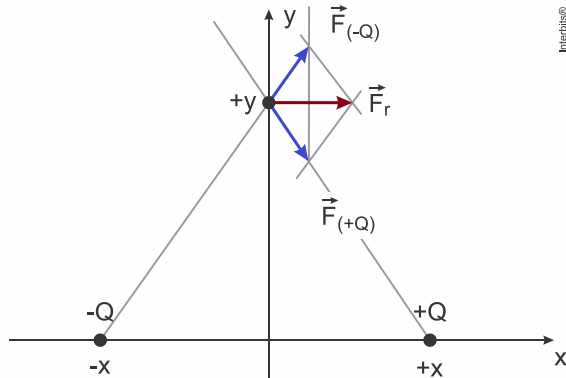
Portanto:

$$F' = \frac{F}{4}$$

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**.

4. A

De acordo com a figura abaixo, estão representados em azul as forças correspondentes a cada carga no ponto da carga de prova (-q). A carga (-Q) provoca uma força de repulsão na carga de prova, enquanto a carga (+Q) provoca uma atração, sendo ambas de mesma intensidade, pois o módulo das cargas e as distâncias são iguais. A soma vetorial destes dois efeitos provoca sobre a carga de prova uma força resultante horizontal da esquerda para a direita como ilustrado em marrom.



5. A

Como as esferas são idênticas, após o contato elas adquirem cargas iguais.

$$Q' = \frac{2Q + 6Q}{2} = 4Q.$$

Aplicando a lei de Coulomb às duas situações, antes e depois do contato.

$$\left\{ \begin{array}{l} F_1 = \frac{k(2Q)(6Q)}{d^2} \Rightarrow F_1 = \frac{12kQ^2}{d^2} \\ F_2 = \frac{k(4Q)(4Q)}{(2d)^2} \Rightarrow F_2 = \frac{4kQ^2}{d^2} \end{array} \right\} \div \frac{F_1}{F_2} = \frac{12kQ^2}{d^2} \times \frac{d^2}{4kQ^2} \Rightarrow \boxed{F_1 = 3F_2.}$$

6. B

$$F_{\text{elétrica}} = \frac{kq_1q_2}{d^2}$$

$$F_{BC} = \frac{k \cdot q \cdot q}{(2 \cdot 10^{-2})^2} \Rightarrow F_{BC} = \frac{k \cdot q^2}{4 \cdot 10^{-4}} \Rightarrow$$

$$F = F_{BC} \Rightarrow F = \frac{k \cdot q^2}{4}$$

$$F_{AB} = \frac{k \cdot 2q \cdot q}{(4 \cdot 10^{-2})^2} \Rightarrow F_{AB} = \frac{k \cdot 2q^2}{16 \cdot 10^{-4}} \Rightarrow F_{AB} = \frac{k \cdot q^2}{8 \cdot 10^{-4}}$$

$$F_{AB} = \frac{1}{2} \cdot \frac{k \cdot q^2}{4 \cdot 10^{-4}} \Rightarrow F_{AB} = \frac{1}{2} \cdot F \Rightarrow F_{AB} = F/2$$

7. D

Quando o copinho está pairando no ar, temos:

$$F_e = P$$

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

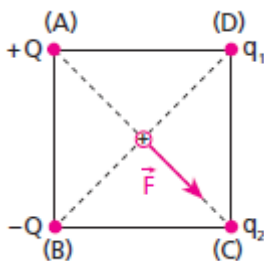
$$9 \cdot 10^9 \cdot \frac{Q^2}{(3 \cdot 10^{-2})^2} = 1 \cdot 10^{-3} \cdot 10$$

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

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

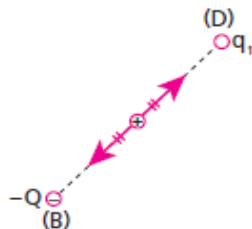
$$Q \approx 3,2 \cdot 10^{-8} \text{ C}$$

8. D



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:

$$q_1 = -Q$$

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:

$$q_2 < +Q$$

Portanto:

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

Somando membro a membro:

$$q_1 + q_2 < -Q + Q$$

$$q_1 + q_2 < 0$$

9. B

$$F_1 = \frac{k \cdot q_1 \cdot q_2}{d^2}$$

$$F_2 = \frac{k \cdot q_1 \cdot q_2}{(3d)^2} \Rightarrow F_2 = \frac{1}{9} \cdot \frac{k \cdot q_1 \cdot q_2}{d^2}$$

10. A

Como as esferas são idênticas, após o contato elas adquirem cargas iguais.

$$Q' = \frac{2Q + 6Q}{2} = 4Q.$$

Aplicando a lei de Coulomb às duas situações, antes e depois do contato.

$$\left\{ \begin{array}{l} F_1 = \frac{k(2Q)(6Q)}{d^2} \Rightarrow F_1 = \frac{12kQ^2}{d^2} \\ F_2 = \frac{k(4Q)(4Q)}{(2d)^2} \Rightarrow F_2 = \frac{4kQ^2}{d^2} \end{array} \right\} \div \frac{F_1}{F_2} = \frac{12kQ^2}{d^2} \times \frac{d^2}{4kQ^2} \Rightarrow \boxed{F_1 = 3F_2.}$$