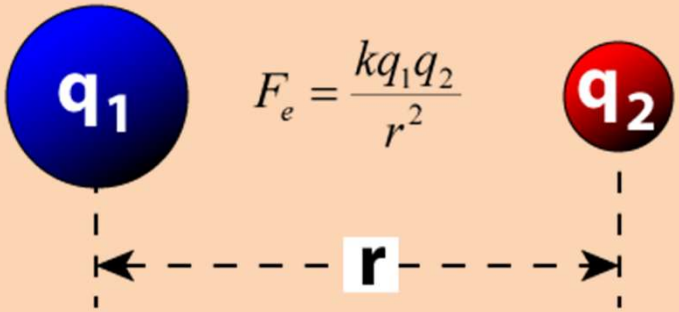
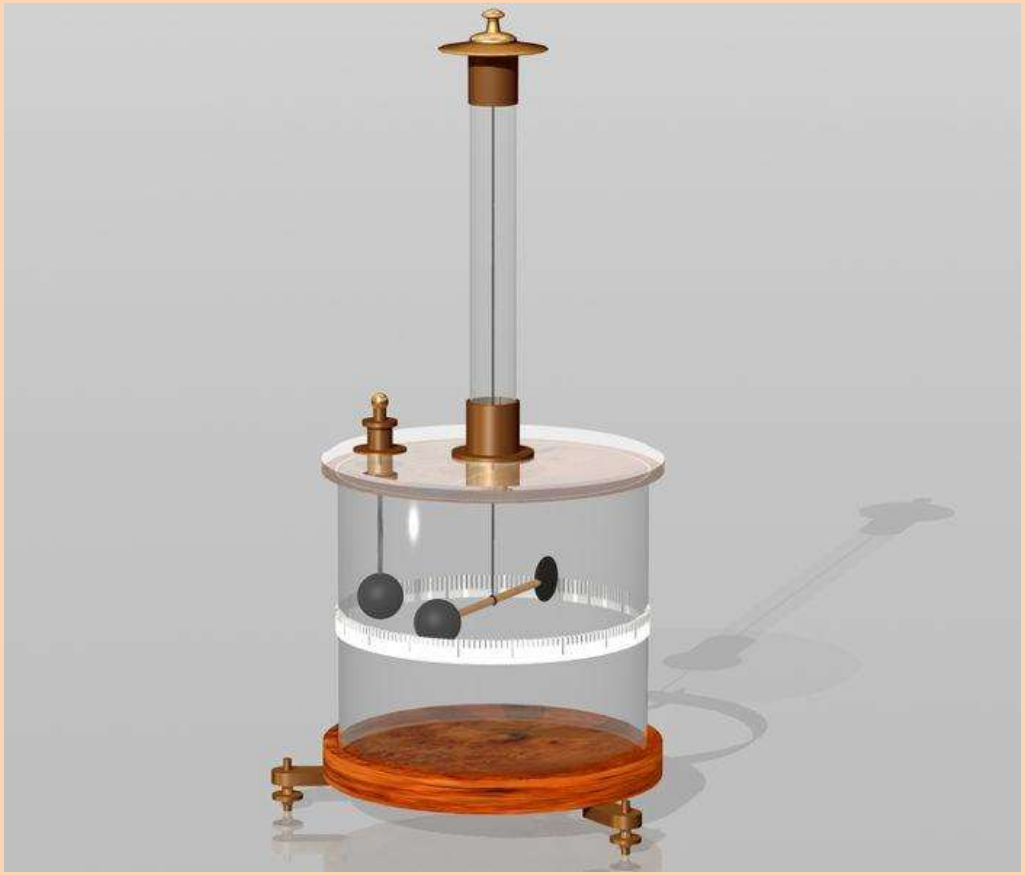
Lei de Coulomb





UC Fenômenos elétricos, magnéticos e ondulatórios

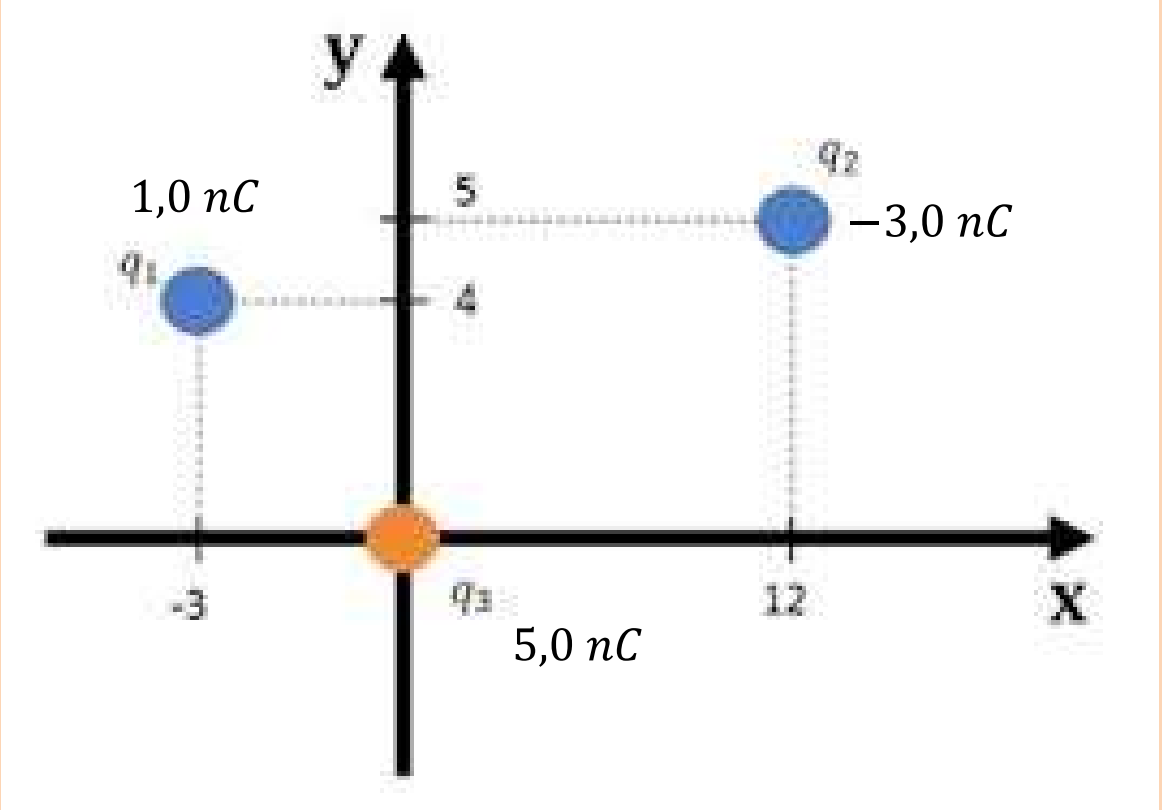
Prof. Simões

Ao final dessa aula, você será capaz de:

- Entender o significado da Lei de Coulomb
- Comparar a atração elétrica com a força da gravidade
- Aplicar matematicamente a Lei de Coulomb
- Unir a Lei de Coulomb com o conceito de equilíbrio de cargas
- Aplicar vetorialmente a Lei de Coulomb

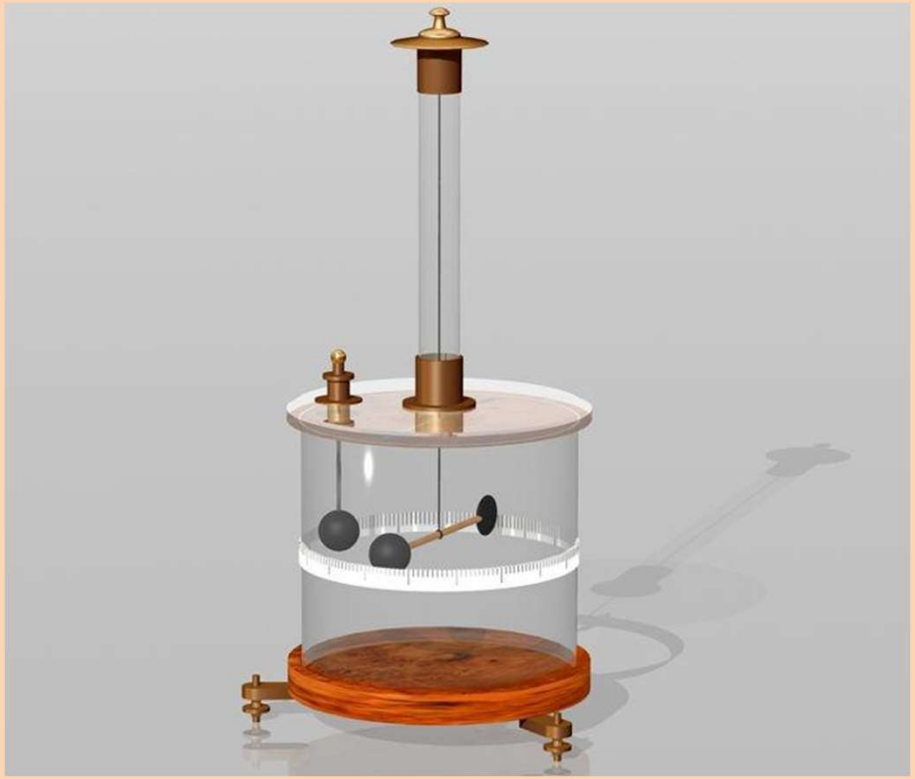
Problema típico

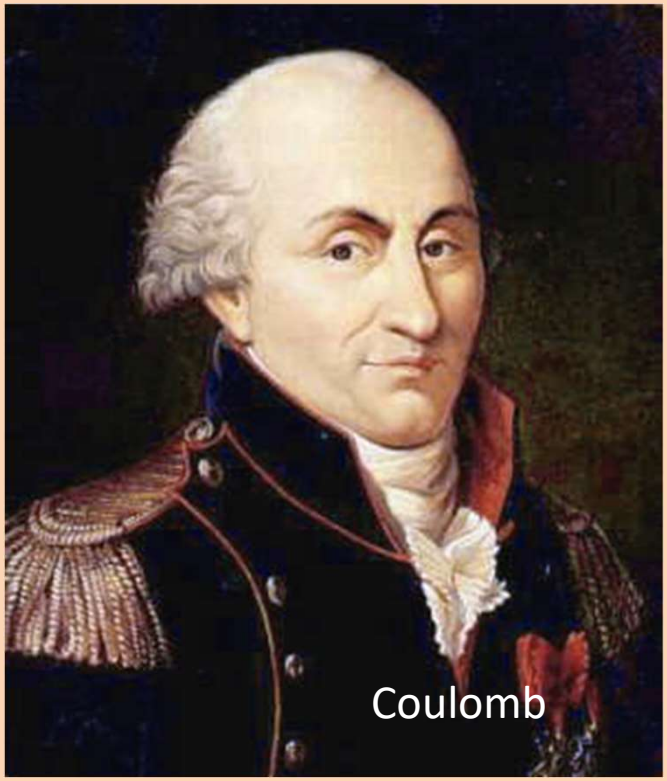
Considere três cargas elétricas dispostas conforme gráfico abaixo. Calcule o módulo, a direção e o sentido da força resultante na carga q_3 situada na origem. As distâncias dos eixos estão em cm.



Lei de Coulomb

- Charles Augustin de Coulomb (1736-1806) foi um engenheiro e físico francês que estudou as forças de atração e repulsão entre partículas carregadas eletricamente.
- Para isso ele usou uma balança de torção, inventada por Henry Cavendish (1731-1810) para medir a força gravitacional.





Lei de Coulomb

Seus testes mostraram que a força de atração (ou repulsão) entre corpos carregados segue uma lei parecida com a lei da Gravitação, de Newton:

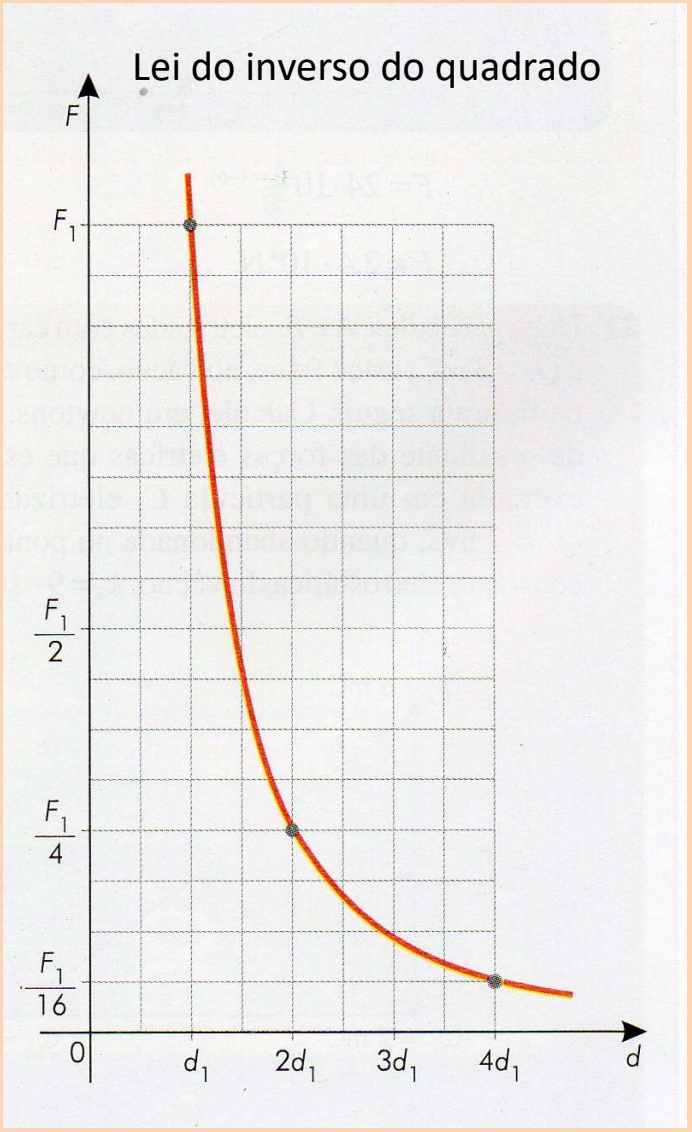
Lei da gravitação:

$$F = G\frac{m_1 \cdot m_2}{d^2}, onde\ G = 6{,}67\times10^{-11}\frac{m^3}{kg \cdot s}$$

Lei de Coulomb:

$$F = k\frac{|q_1 \cdot q_2|}{r^2}, onde\ k = 8{,}99\times10^{9}\frac{N \cdot m^2}{C^2}$$

O valor de k=8,99x10^9 Nm^2/C^2 é válido para o vácuo, mas pode ser usado como boa aproximação para o ar. Para a maioria das situações práticas, pode ser arredondado para 9,0x10^9 Nm^2/C^2.



Lei de Coulomb

O Coulomb é uma medida muito grande. Por exemplo, duas cargas opostas de 1,0 C cada, separadas por uma distância de 1 m exerceriam uma atração mútua de:

$$F = 8{,}99\times10^{9}\,\frac{1\times1}{1} = 8{,}99\times10^{9}\ N$$

Esse valor corresponde ao peso produzido por uma massa de quase 1 milhão de toneladas[1]:

$$P = m\cdot g \Rightarrow m = \frac{P}{g} = \frac{8{,}99\cdot10^{9}}{9{,}81} = 9{,}16\cdot10^{8}\ kg$$

[1]Aproximadamente 5 vezes a massa do maior navio do mundo, na época da confecção dessa apresentação (Oásis of the Seas).

Lei de Coulomb

- Os submúltiplos do Coulomb mais usados são:

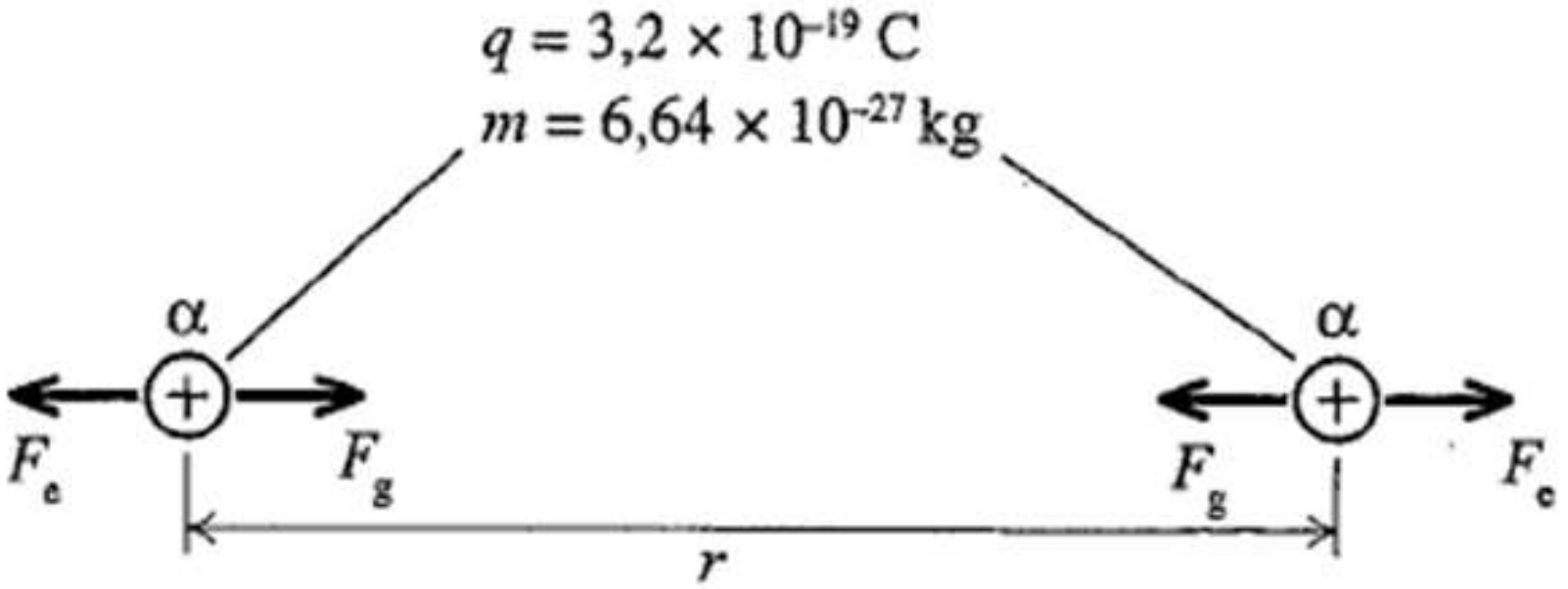
$$1\ milicoulomb \rightarrow 1\ mC = 10^{-3}\ C$$

$$1\ microcoulomb \rightarrow 1\ \mu C = 10^{-6}\ C$$

$$1\ nanocoulomb \rightarrow 1nC = 10^{-9}\ C$$

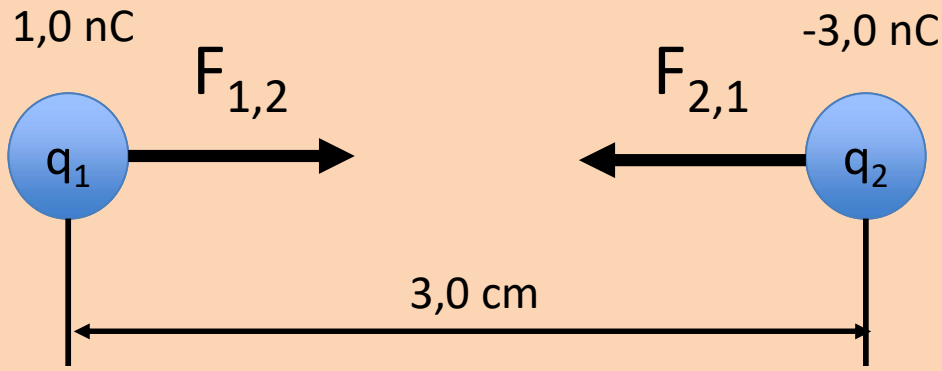
Aplicação

FORÇA ELÉTRICA *VERSUS* FORÇA GRAVITACIONAL Uma partícula α ('alfa') é o núcleo do átomo de hélio. Ela possui massa $m = 6{,}64 \times 10^{-27}$ kg e carga $q = +2e = 3{,}2 \times 10^{-19}$ C. Compare a força de repulsão elétrica entre duas partículas α com a força de atração gravitacional entre elas.



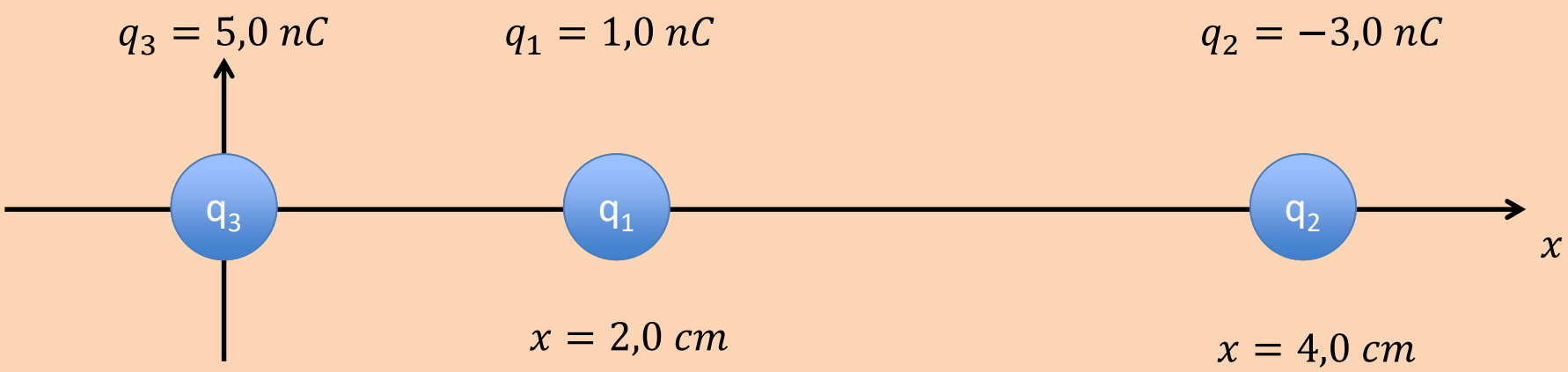
Aplicação: duas cargas

Duas cargas puntiformes, $q_1 = \ 1{,}0\ nC$ e $q_2 = -\ 3{,}0\ nC$ estão separadas por um distância de 3,0 cm. Determine o módulo, a direção e o sentido da força elétrica entre as cargas.



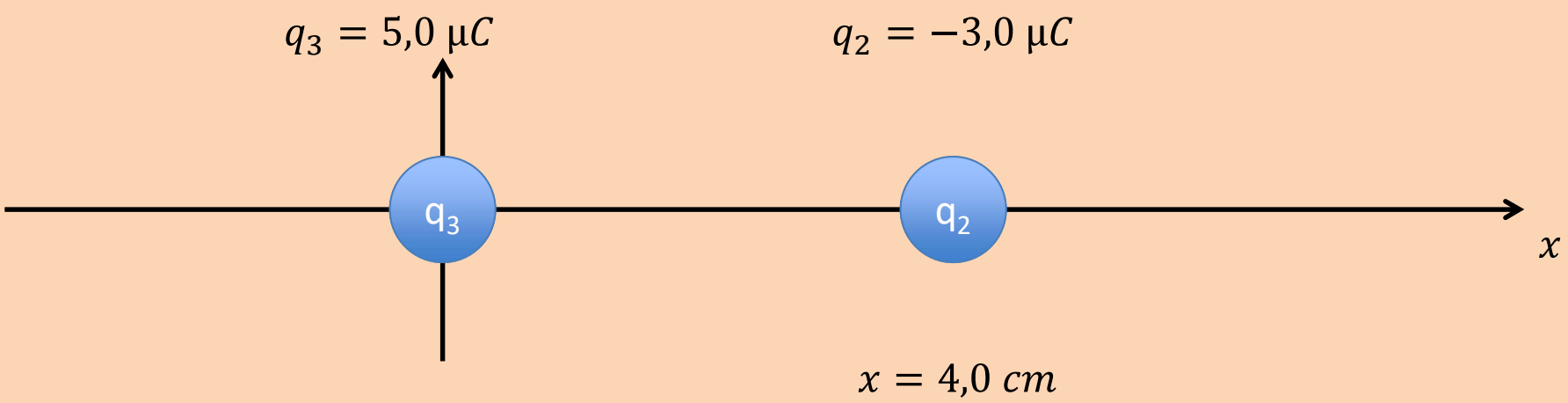
Aplicação: 3 cargas alinhadas (caso 1)

Três cargas estão alinhadas e posicionadas sobre o eixo x, sendo que a carga situada na origem possui $q_3 = 5{,}0\ nC$. Na posição $x = 2{,}0\ cm$, encontra-se uma carga $q_1 = 1{,}0\ nC$ e na posição $x = 4{,}0\ cm$ está a carga $q_2 = -3{,}0\ nC$. Calcule o módulo, a direção e o sentido da força elétrica resultante sobre a carga q_3.



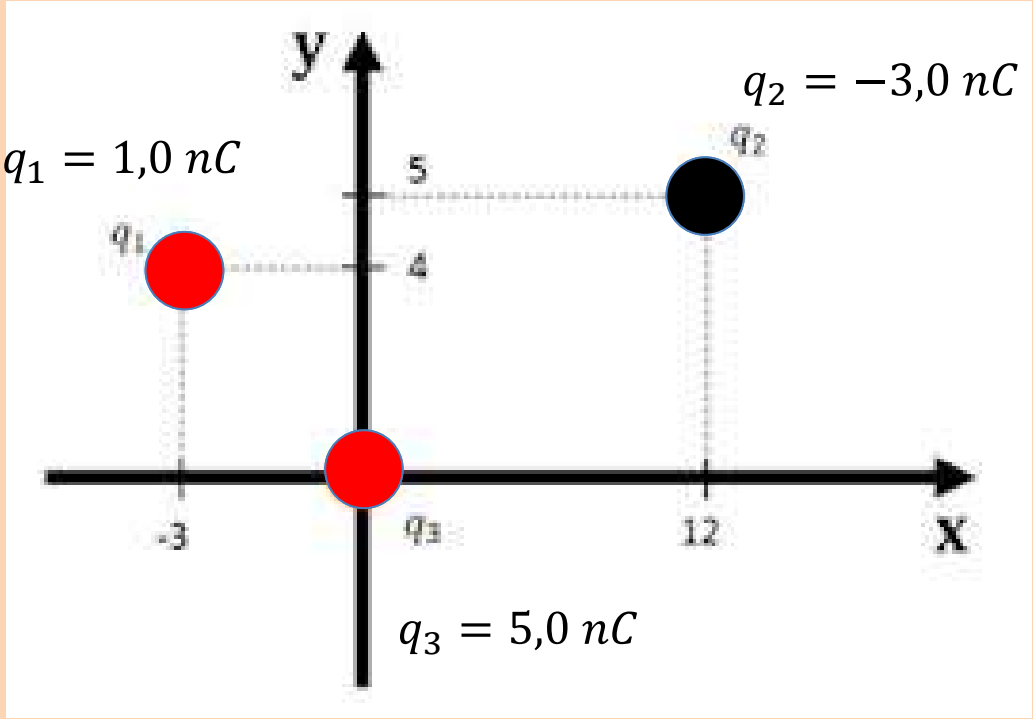
Aplicação: 3 cargas alinhadas (caso 2)

Três cargas serão alinhadas e posicionadas sobre o eixo x, sendo que a carga situada na origem possui $q_3 = 5{,}0\ \mu C$. N posição $x = 4{,}0\ cm$ está a carga $q_2 = -3{,}0\ \mu C$. No eixo x será colocada uma carga q_1. Calcule a posição da carga q_1 (não representada) de modo que a resultante das forças sobre ela seja nula.

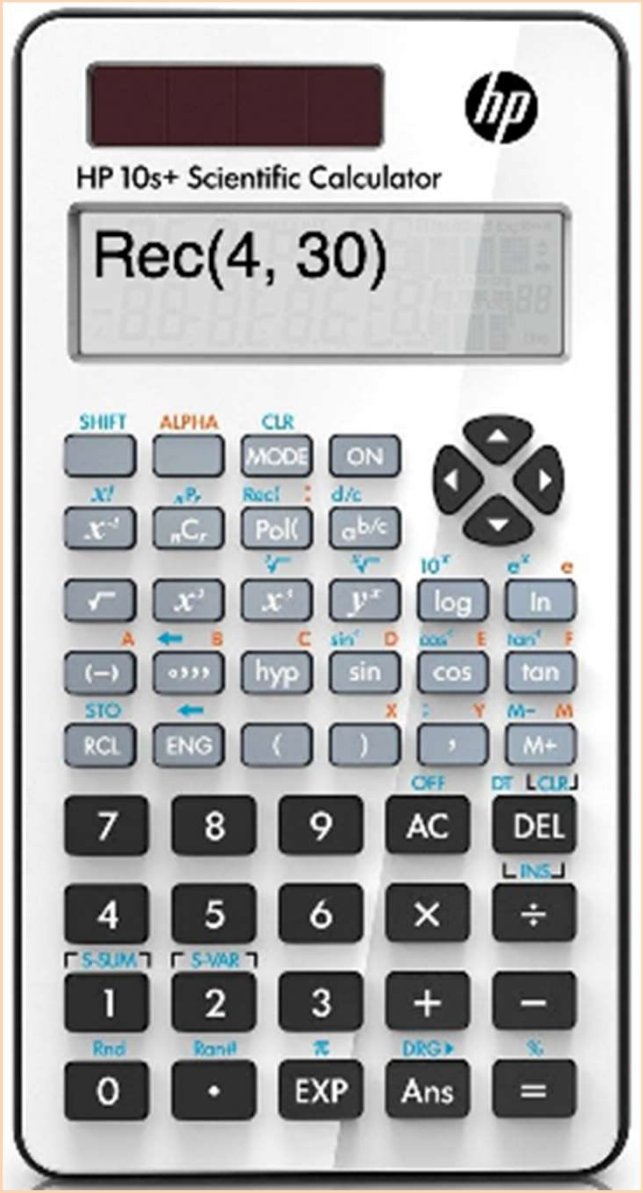


Aplicação: 3 cargas não alinhadas

Considere que as cargas do exemplo anterior estejam agora dispostas conforme gráfico abaixo. Calcule o módulo, a direção e o sentido da força resultante na carga q_3 situada na origem. As distâncias dos eixos estão em cm.



Conversão de retangulares para polares



Exemplo 1: Representar o ponto definido pelas coordenadas polares ($r = 4$, $\theta = 30°$) em coordenadas retangulares (x, y). (Deg)

$x = 3.464101615$ SHIFT Rec(4 , 30) =

$y = 2$ RCL F

Pressione RCL E para exibir o valor de x ou pressione RCL F para exibir o valor de y.

Exemplo 2: Representar o ponto definido pelas coordenadas retangulares $(2, \sqrt{5})$ em coordenadas polares (r, θ). (Rad)

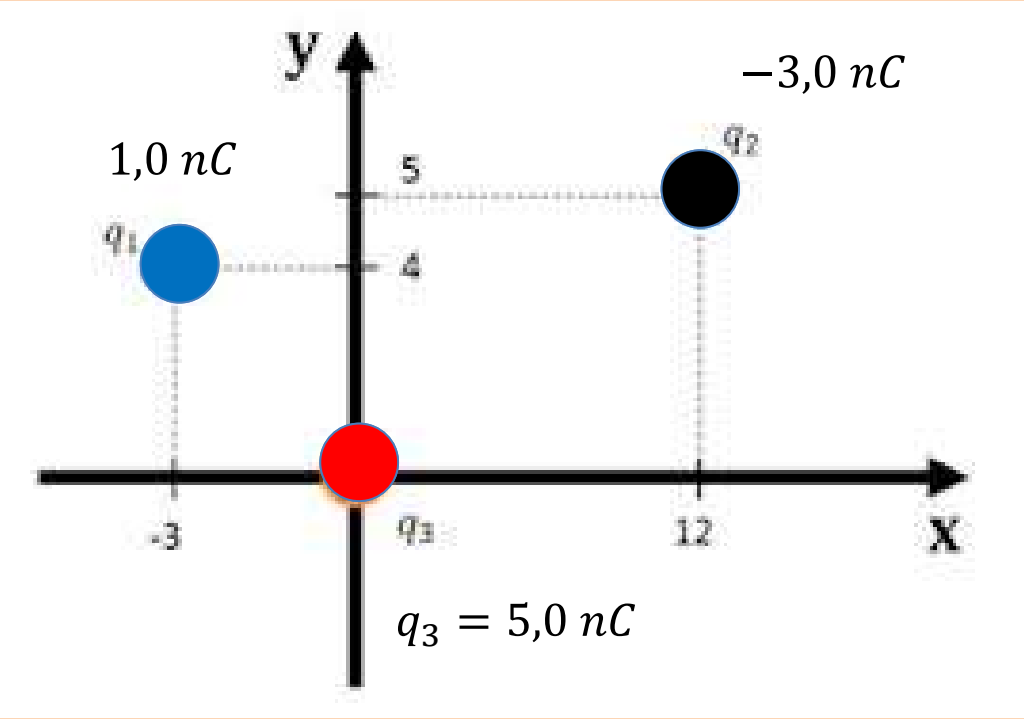
$r = 3$ Pol(2 , √ 5) =

$\theta = 0.84106867$ RCL F

Pressione RCL E para exibir o valor de r ou pressione RCL F para exibir o valor de θ.

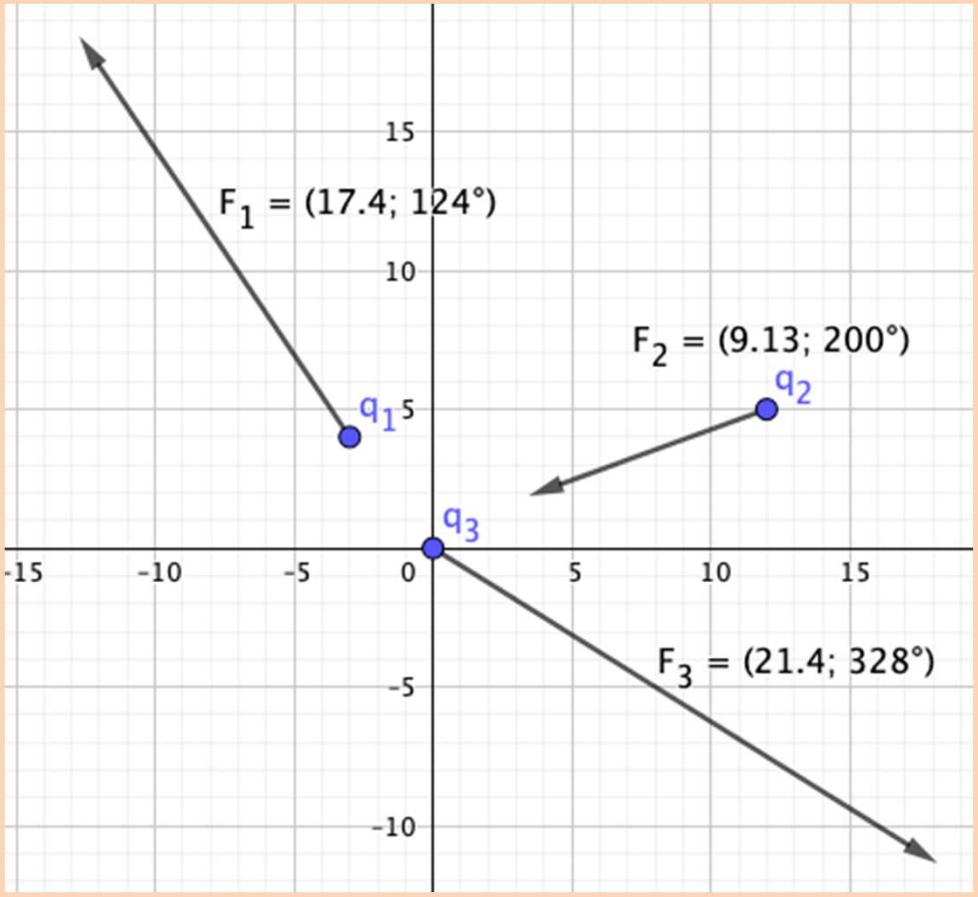
Aplicação: resolução com a calculadora

Na mesma disposição do exemplo, calcule a força resultante nas cargas q_1 e q_2.



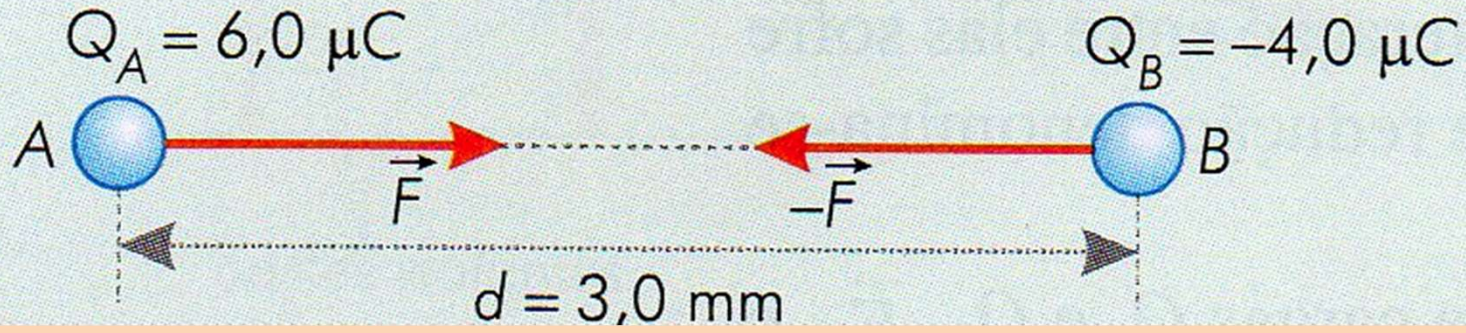
Aplicação

- Respostas (mN)



Exercício 1

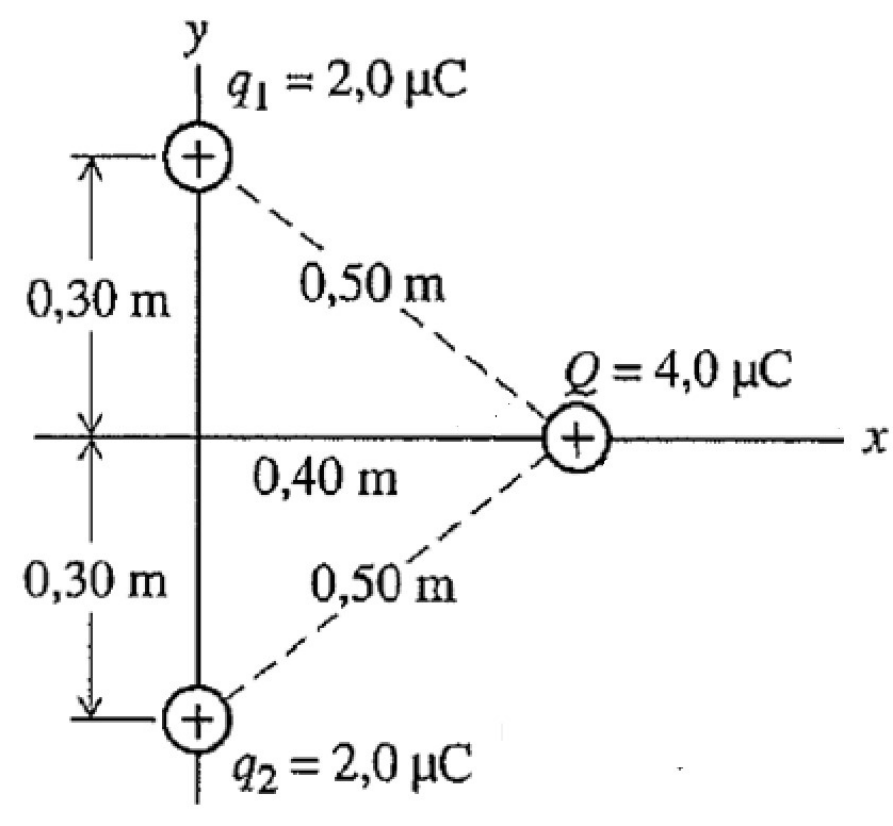
Duas partículas, A e B, eletricamente carregadas com quantidades de cargas elétricas, respectivamente iguais a $Q_A = 6{,}0\ \mu C$ e $Q_B = -4{,}0\ \mu C$, estão no vácuo, separadas pela distância de 3,0 mm. Sendo dada a constante eletrostática do vácuo igual a $k_0 = 9 \cdot 10^9\ N \cdot m^2 \cdot C^{-2}$, determine a intensidade da força elétrica de atração entre essas duas partículas nas condições acima.



Resposta: $\left|\vec{F}\right| = 2{,}4 \cdot 10^4\ N$

Exercício 2

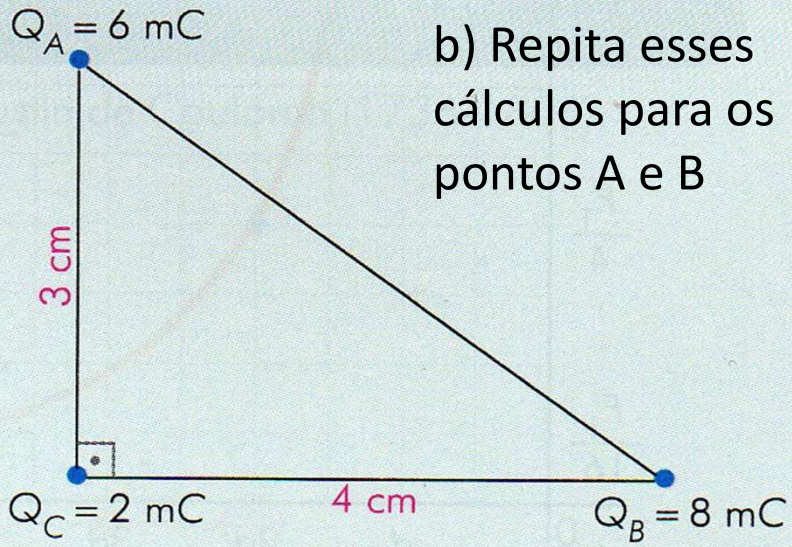
Duas cargas iguais $q_1 = q_2 = 2{,}0\ \mu C$ estão dispostas conforme o diagrama abaixo. Determine o módulo, a direção e o sentido da força elétrica total que essas cargas exercem sobre a carga $Q = 4{,}0\ \mu C$, sobre o eixo x, na posição indicada.



Resposta: $\vec{F} = 0{,}461\hat{\imath}\ N$

Exercício 3

Duas partículas, A e B, eletrizadas com cargas $Q_A = 6\ \text{mC}$ e $Q_B = 8\ \text{mC}$, estão fixas, no vácuo, como esquematizado na figura a seguir. Calcule, em newtons, a intensidade da resultante das forças elétricas que essas partículas exercem em uma partícula C, eletrizada com carga $Q_C = 2\ \text{mC}$, quando abandonada no ponto C. É dada a constante eletrostática do vácuo, $k_0 = 9 \cdot 10^9\ (\text{N} \cdot \text{m}^2)/\text{C}^2$.



b) Repita esses cálculos para os pontos A e B

Respostas:

$\vec{F}_A = 2{,}6 \cdot 10^8\ N;\ \theta = 122°$

$\vec{F}_B = 2{,}5 \cdot 10^8\ N;\ \theta = -23{,}5°$

$\vec{F}_C = 1{,}5 \cdot 10^8\ N;\ \theta = 233°$

Ao final dessa aula, você deve ser capaz de:

- Entender o significado da Lei de Coulomb
- Comparar a atração elétrica com a força da gravidade
- Aplicar matematicamente a Lei de Coulomb
- Unir a Lei de Coulomb com o conceito de equilíbrio de cargas
- Aplicar vetorialmente a Lei de Coulomb