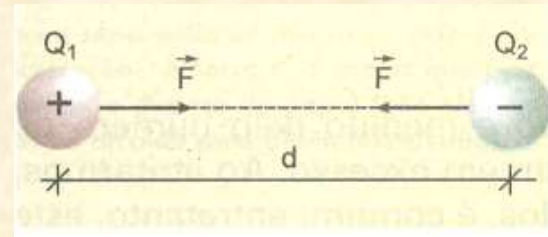


Lei de Coulomb

Suponha que duas cargas puntiformes Q_1 e Q_2 estão no vácuo, a uma distância d uma da outra.

Se Q_1 e Q_2 tiverem o mesmo sinal, elas se repelirão; se tiverem sinais opostos, então elas se atrairão. A força sobre uma carga, exercida pela outra, é dada pela **Lei de Coulomb**,

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



No sistema internacional de unidades, as distâncias são dadas em metros, forças em newtons, e cargas em coulomb (C). Na prática, para se evitar números muito pequenos, o microcoulomb ($1 \mu\text{C} = 10^{-6} \text{ C}$) e o nanocoulomb ($1 \text{ nC} = 10^{-9} \text{ C}$) são frequentemente usados.

A constante eletrostática k para o vácuo vale $8,988 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$.

Algumas vezes k é indicado como:

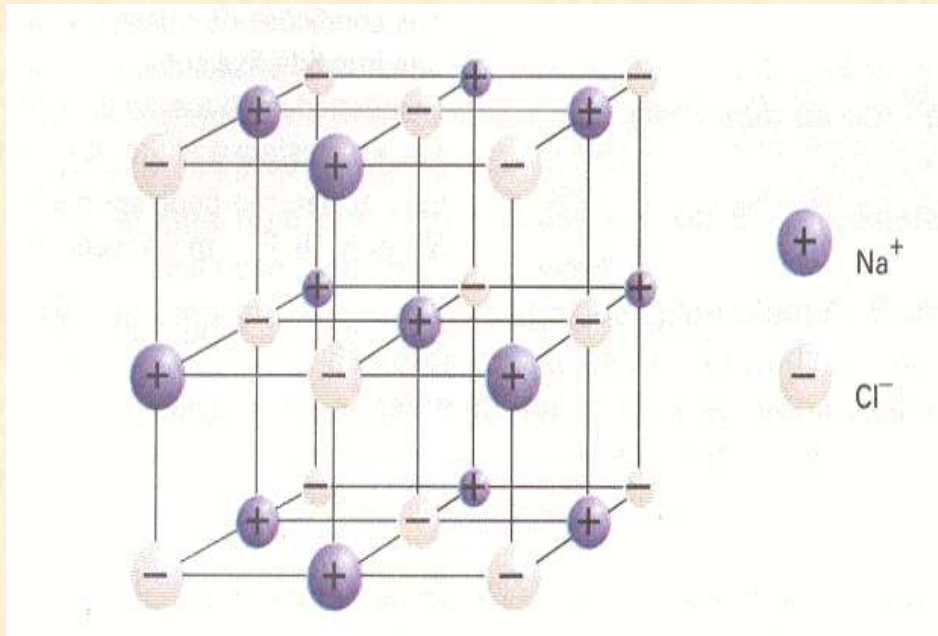
$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \text{ onde } \epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / \text{N.m}^2$$

ϵ_0 é chamada de
permissividade do vácuo

Quando o meio material onde as cargas se encontram **não for o vácuo**, devemos usar o valor apropriado para a constante de permissividade ϵ do meio em questão, que será sempre maior que ϵ_0 .

Neste caso, as forças entre as cargas diminuem, devido ao efeito da indução de cargas, no meio onde as cargas estão imersas.

Por exemplo se duas cargas, no ar, se repelem com uma certa força F , quando são mergulhadas na água a força de repulsão entre elas torna-se 80 vezes menor.



Em um cristal de cloreto de sódio, são as forças elétricas entre os íons de Na^+ e Cl^- que mantém a estrutura de sua rede cristalina. Quando mergulhamos este sal na água, a força elétrica entre os íons diminui (80 vezes menor) e por isso a rede cristalina se desfaz e o sal é dissolvido na água.

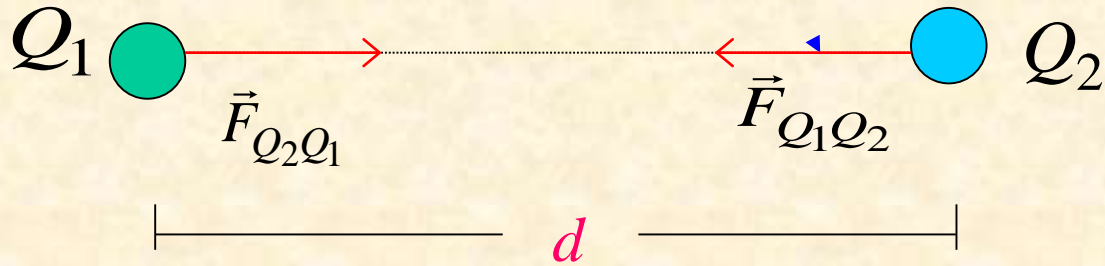
A expressão para a Lei de Coulomb, conforme apresentada anteriormente, apenas nos fornece a intensidade da força entre duas cargas. Mas, força é uma grandeza vetorial e, portanto, precisa ter especificada sua direção e seu sentido.

A direção da força é a mesma da linha imaginária que liga as duas cargas.

Já o sentido da força depende do sinal das cargas:

- se as cargas forem de mesmo sinal, a força aparece no sentido de tentar afastar essas cargas uma da outra;**
- se as cargas forem de sinais opostos, a força surge no sentido de tentar aproximar essas cargas.**

Observemos a figura abaixo:



As cargas Q_1 e Q_2 têm sinais opostos. $\vec{F}_{Q_1Q_2}$ é a força da carga Q_1 sobre a carga Q_2 , e $\vec{F}_{Q_2Q_1}$ é a força de Q_2 sobre Q_1 (há variações desta notação de um livro para outro, mas nada que afete o sentido das idéias).

Obviamente, a intensidade das duas forças é a mesma, pois os termos que entram na expressão da lei de Coulomb para fazer o cálculo são exatamente os mesmos (Q_1 , Q_2 e d , além de k):

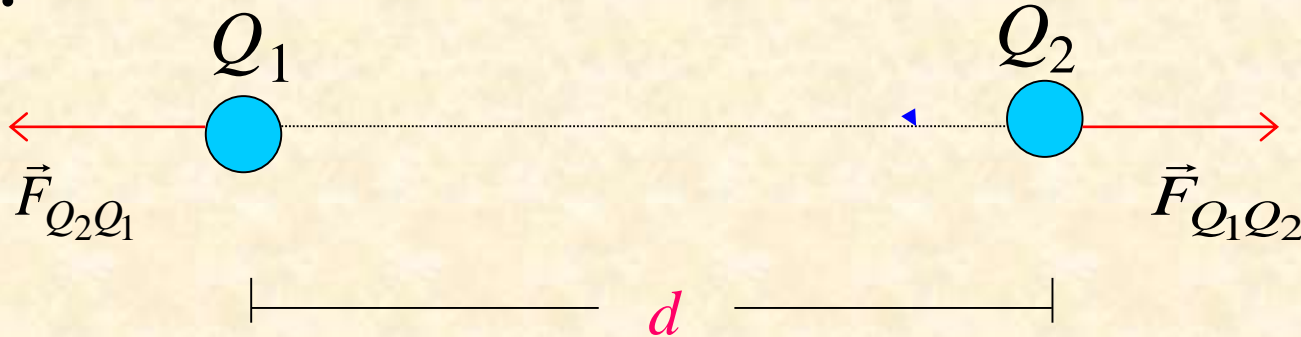
$$|\vec{F}_{Q_1Q_2}| = |\vec{F}_{Q_2Q_1}| = k \frac{Q_1 Q_2}{d^2}$$

A direção é a mesma para ambas as forças, porém o sentido não:

$$\vec{F}_{Q_1Q_2} = -\vec{F}_{Q_2Q_1} \Rightarrow \vec{F}_{Q_1Q_2} + \vec{F}_{Q_2Q_1} = \vec{0}$$

Note que as forças tentam aproximar as cargas.

Agora:



As cargas Q_1 e Q_2 têm o mesmo sinal. Todas as condições são praticamente idênticas à situação da página anterior:

$$|\vec{F}_{Q_1Q_2}| = |\vec{F}_{Q_2Q_1}|$$

$$\text{e} \quad \vec{F}_{Q_1Q_2} = -\vec{F}_{Q_2Q_1}$$

Entretanto, observem que agora $\vec{F}_{Q_2Q_1}$ e $\vec{F}_{Q_1Q_2}$ têm sentidos opostos em relação ao caso anterior. As forças mudaram de sentido uma vez que agora elas tentam afastar as duas cargas.

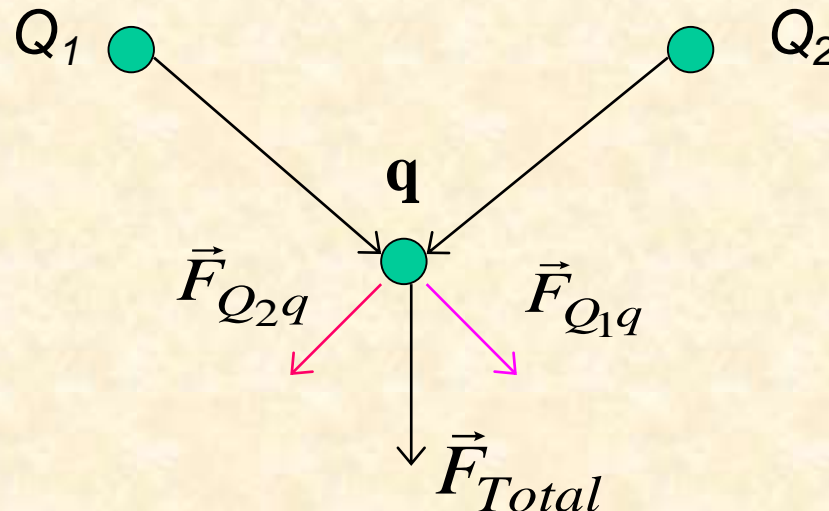
Na maioria dos problemas é fundamental indicar os sentidos das forças para resolvê-los corretamente.

As forças $\vec{F}_{Q_1Q_2}$ e $\vec{F}_{Q_2Q_1}$ constituem um par Ação e Reação, da 3ª. lei de Newton: têm mesma intensidade, mesma direção e sentidos opostos, estando cada uma aplicada num corpo diferente.

Forças exercidas por várias cargas

Se houverem várias cargas no sistema, a força sobre uma determinada carga será dada pela soma vetorial das forças exercidas sobre ela por cada uma das demais (princípio da superposição).

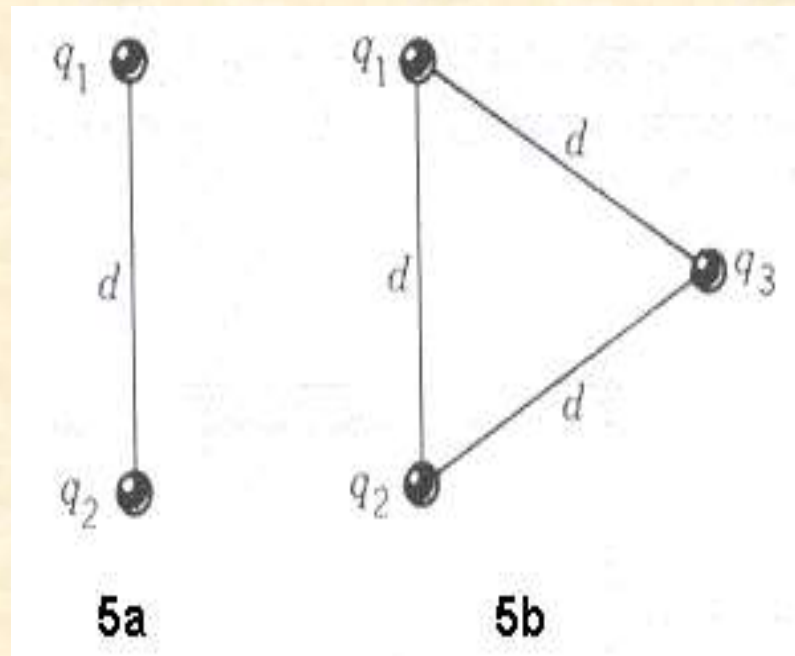
Num exemplo com três cargas iguais e de mesmo sinal, temos:



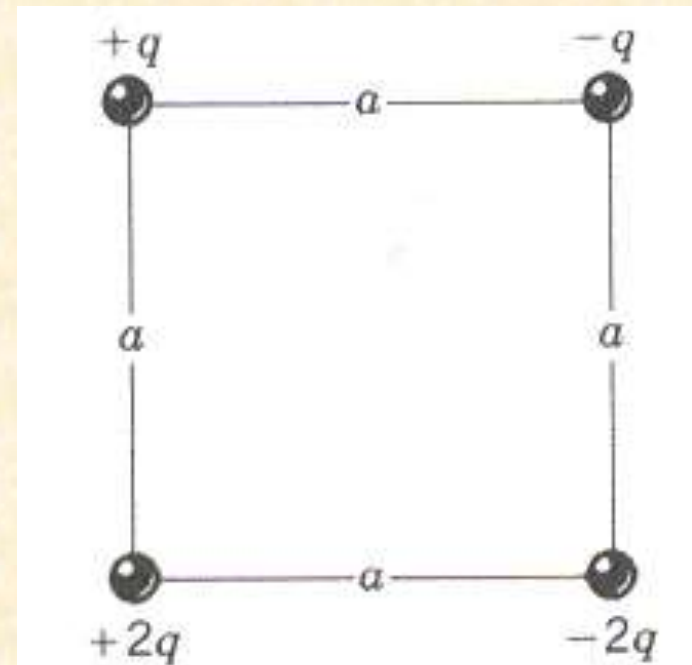
Exercícios:

- 1) Duas moedas no vácuo estão separadas por uma distância de 1,5m. Elas tem cargas elétricas idênticas. Qual é a carga de cada uma se a força entre elas é de 0,2 N.
- 2) Uma carga pontual de $+3,12 \times 10^{-6} \text{ C}$ está a 12,3 cm de distância de uma outra de $-1,48 \times 10^{-6} \text{ C}$. calcule a intensidade da força sobre cada carga. Faça um esboço indicando a força sobre as cargas.
- 3) Duas partículas igualmente carregadas, mantidas a 3,2 mm de distância uma da outra, são liberadas a partir do repouso. Observa-se que a aceleração inicial da primeira partícula é de $7,22 \text{ m/s}^2$ e que a segunda é de $9,16 \text{ m/s}^2$. A massa da primeira é de $6,31 \times 10^{-7} \text{ Kg}$. Encontre a massa da segunda partícula e o módulo da carga comum às duas.
- 4) Duas cargas estão colocadas no eixo x: $Q_1 = +3\mu\text{C}$ em $x = 0$ e $Q_2 = -5\mu\text{C}$ em $x = 40 \text{ cm}$. Onde devemos colocar uma terceira carga $Q_3 = +q$ para que a força resultante sobre ela seja zero.

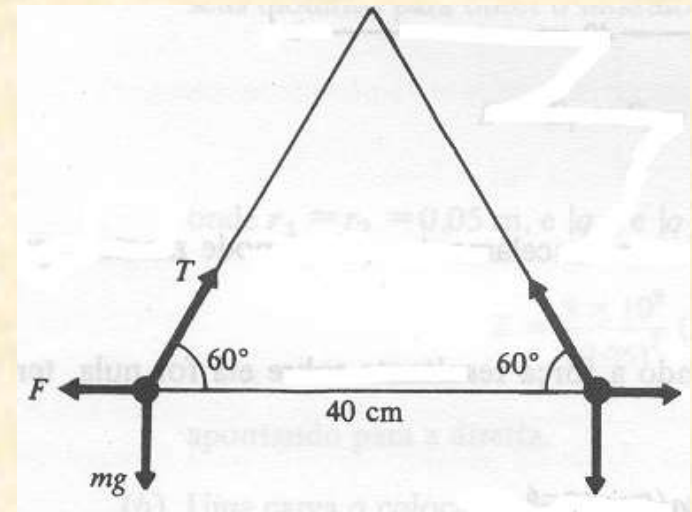
5) A figura 5a mostra duas cargas q_1 e q_2 , mantidas a uma distância fixa d uma da outra.. (a) Encontre a intensidade da força elétrica que age sobre q_1 . Suponha que $q_1=q_2=21,3 \mu\text{C}$ e que $d=1,52 \text{ m}$. (b) Coloca-se uma terceira carga $q_3=21,3\mu\text{C}$ conforme mostra a figura 5b. Encontre agora a intensidade da força elétrica sobre q_1 .



6) Na figura encontre, o módulo e direção da força elétrica resultante, sobre a carga situada no vértice inferior esquerdo do quadrado. Suponha que $q = 1,13 \mu\text{C}$ e $a = 15,2 \text{ cm}$ e que as cargas estejam em repouso.



7) A figura mostra duas bolas idênticas em equilíbrio, sob a ação de várias forças. Cada bola tem massa igual a 100 g e cargas iguais. A posição final do sistema é mostrada na figura. Calcule a carga de cada bola.



8) Duas cargas de intensidade $q_1 = 4\mu\text{C}$ e $q_2 = 6\mu\text{C}$, estão colocadas sobre o eixo x , nas posições $x = 0$ e $x = 40\text{ cm}$, respectivamente. Onde devemos colocar uma terceira carga q para que a força sobre ela seja zero?