

Física III 2023 (IF) – Aula 7

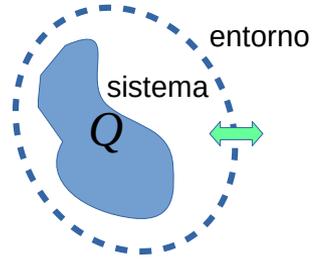
Objetivos de aprendizagem

- Reconhecer a propriedade algébrica da carga elétrica
- Distinguir processos possíveis de impossíveis com base na conservação da carga elétrica
- Reconhecer a quantização da carga elétrica
- Enunciar a Lei de Coulomb
- Determinar a força elétrica sobre uma carga puntiforme em presença de outra carga puntiforme
- Definir a unidade de carga Coulomb do S.I.
- Calcular o campo elétrico de uma carga puntiforme
- Calcular a força sobre uma carga elétrica em um campo elétrico
- Desenhar as linhas de campo de uma carga puntiforme

A carga elétrica

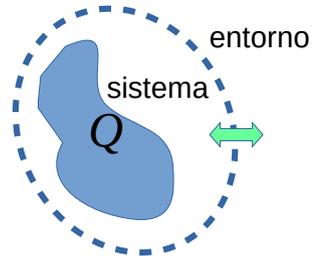
- Definição ?
- Conceito
- Carga elétrica “elementar”
- Álgebra escalar, superposição
- Conservação

Conservação da carga elétrica



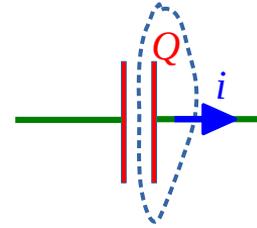
$$\Delta Q_{sis} + \Delta Q_{ent} = 0$$

Conservação da carga elétrica

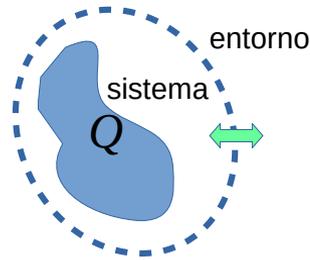


$$\Delta Q_{sis} + \Delta Q_{ent} = 0$$

Exemplo: 1 placa de capacitor

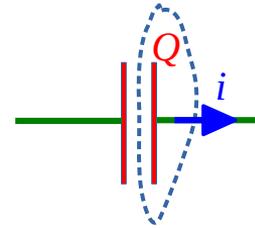


Conservação da carga elétrica



$$\Delta Q_{sis} + \Delta Q_{ent} = 0$$

Exemplo: 1 placa de capacitor



$n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}$	$(0 \rightarrow +1 - 1 + 0)$	permitida
$n \rightarrow p + e^+$	$(0 \rightarrow +1 + 1)$	proibida
$\gamma + n \rightarrow \pi^- + p$	$(0 + 0 \rightarrow -1 + 1)$	permitida
$\gamma + p \rightarrow \pi^- + n$	$(0 + 1 \rightarrow -1 + 0)$	proibida
$\gamma + Z \rightarrow Z + e^+ + e^-$	$(0 + Z \rightarrow Z + 1 - 1)$	permitida
$e^+ + e^- \rightarrow \gamma + \gamma$	$(+1 - 1 \rightarrow 0 + 0)$	permitida

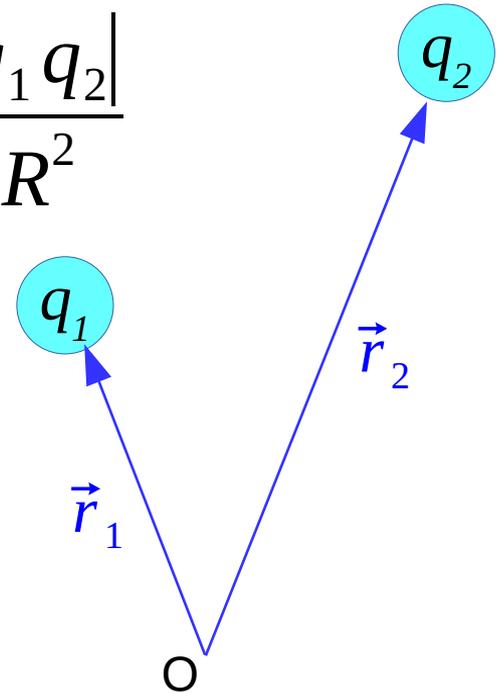
A carga elementar

- Carga do elétron $-e$: $e \approx 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$
- Constante de estrutura fina: $\alpha = \frac{1}{4 \pi \epsilon_0} \frac{e^2}{\hbar c} \approx \frac{1}{137}$
- Quarks (1/3, 2/3)
 - Confinamento
 - Liberdade assintótica

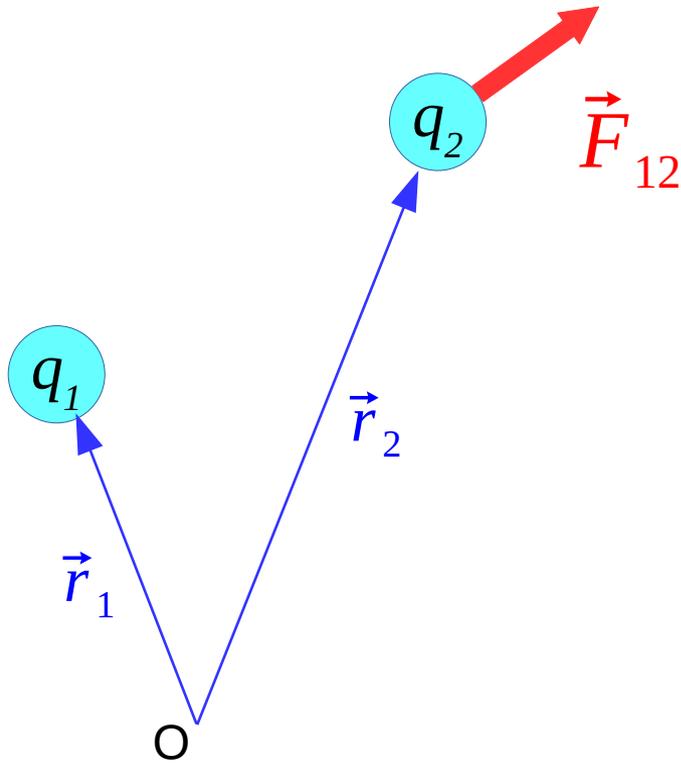
Lei de Coulomb

- Cargas puntiformes
- Força de magnitude proporcional ao produto das cargas dividido pela distância entre elas ao quadrado
- Direção dada pela reta que une as cargas
- Sentido:
 - Repulsão (cargas de mesmo sinal)
 - Atração (cargas de sinal oposto)

$$|\vec{F}| = k \frac{|q_1 q_2|}{R^2}$$



Expressão geral para a força



Escreva a expressão para o vetor força em termos das variáveis definidas na figura

Sistema Internacional de unidades

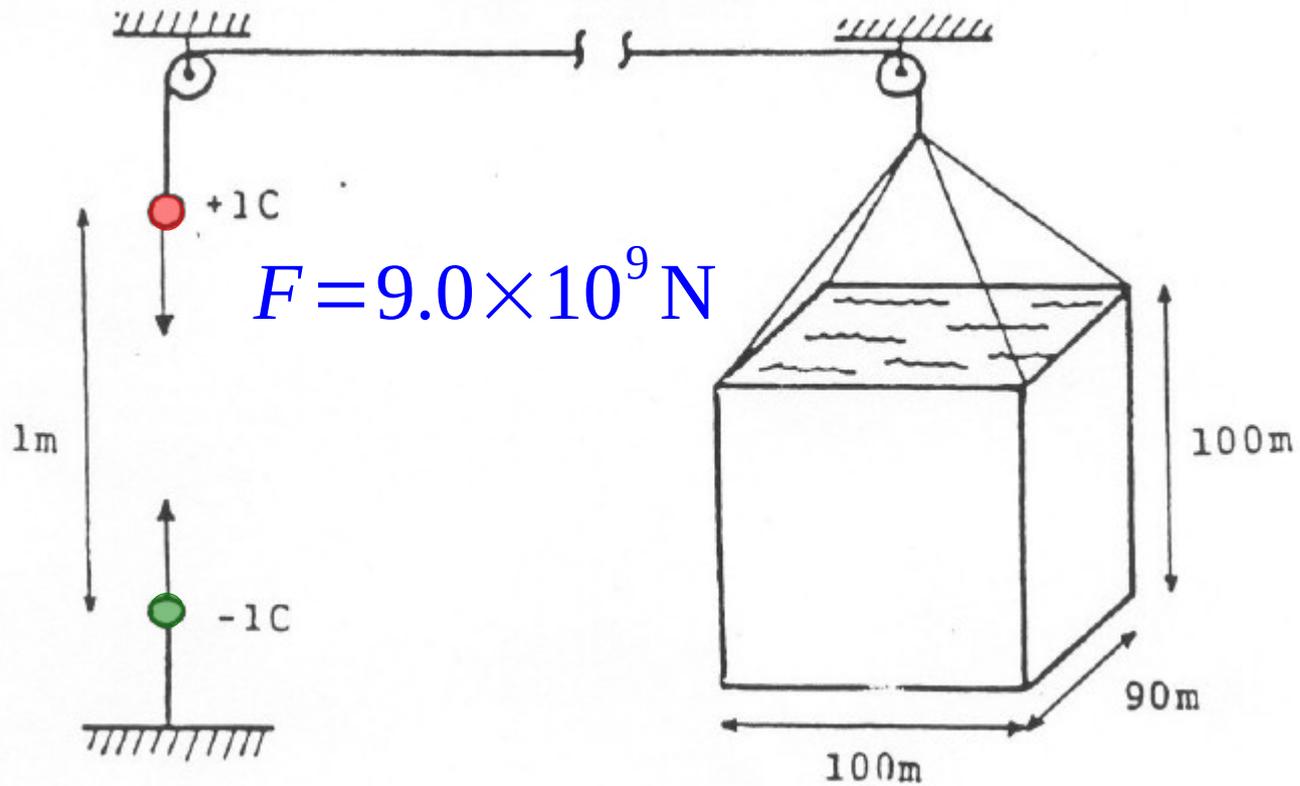
$$|\vec{F}| = k \frac{|q_1 q_2|}{R^2}$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9.0 \times 10^9 \text{ N m}^2/\text{C}^2$$

$$\epsilon_0 \approx 8.854 \times 10^{-12} \text{ F/m}$$

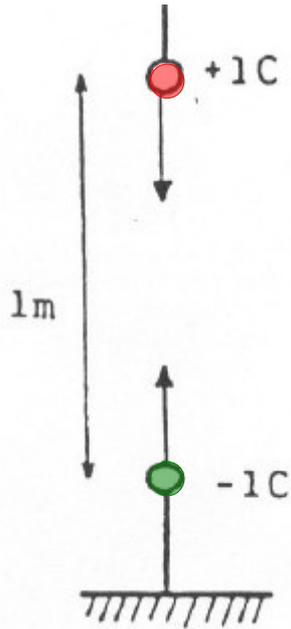
Permitividade elétrica do vácuo

O “tamanho” de 1 C



O “tamanho” de 1 C

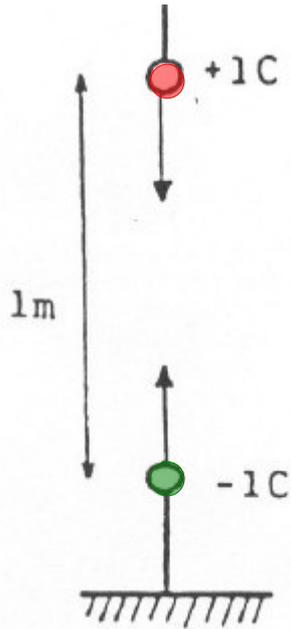
- Bolas de Pb



Se os objetos carregados com 1 C (e -1 C) fossem bolas constituídas de 1 mol de ^{208}Pb ($Z=82$), ou 208 g, que fração dos elétrons de uma bola teria que ser transferido para a outra para que adquirissem essa carga elétrica?

O “tamanho” de 1 C

- Bolas de Pb



Se os objetos carregados com 1 C (e -1 C) fossem bolas constituídas de 1 mol de ^{208}Pb ($Z=82$), ou 208 g, que fração dos elétrons de uma bola teria que ser transferido para a outra para que adquirissem essa carga elétrica?

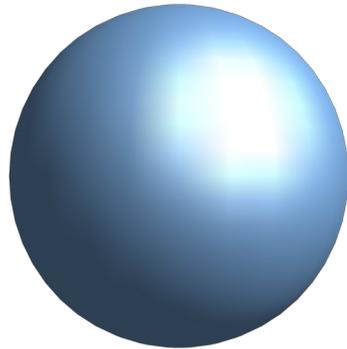
$$1 \text{ C}: N_{\text{elétrons}} = \frac{1}{e} = \frac{1}{1.6} \times 10^{19}$$

$$1 \text{ mol de Pb}: N_{\text{tot}} = Z N_A = 82 * 6 \times 10^{23}$$

$$\frac{N_{\text{elétrons}}}{N_{\text{tot}}} = 1.3 \times 10^{-7} \approx 0.00001 \%$$

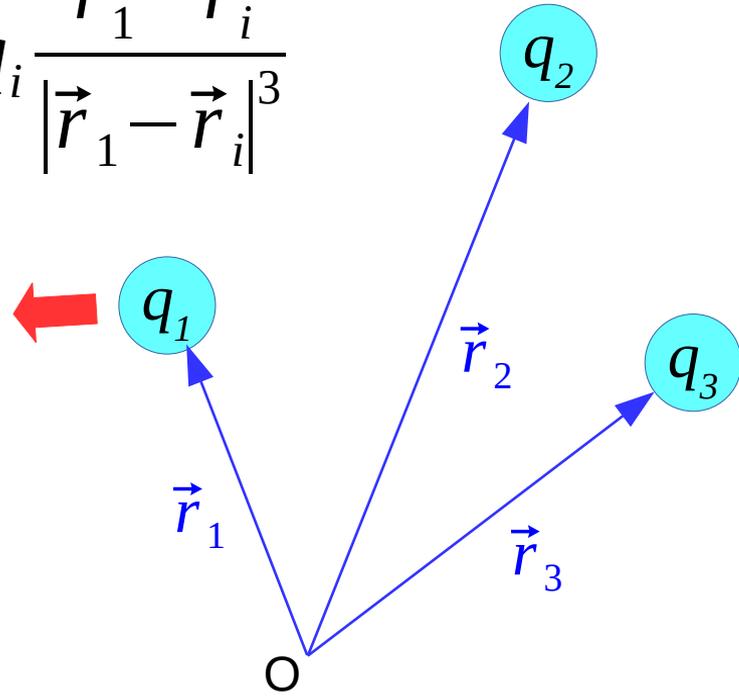
Neutralidade da matéria e quantização da carga

- O que aconteceria se a magnitude da carga do próton fosse 0.00001% maior que a do elétron?



Princípio da superposição

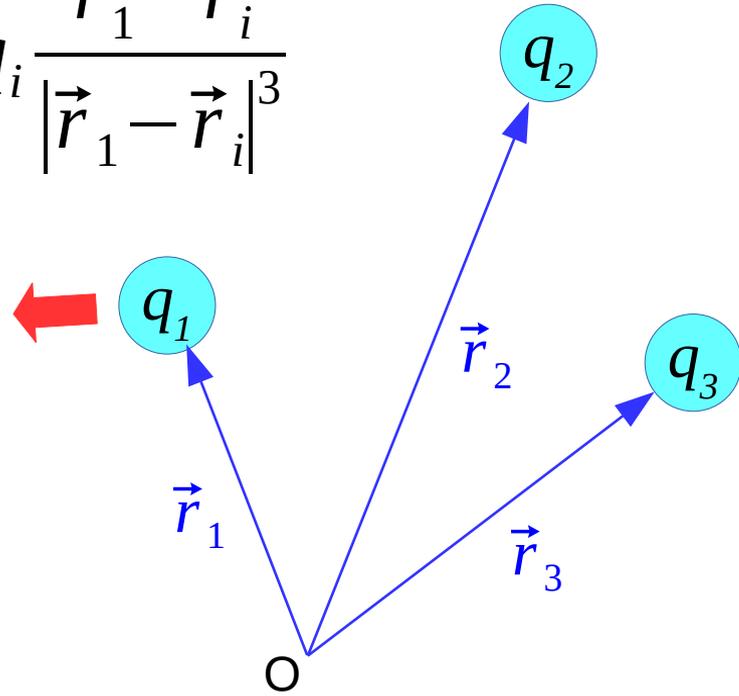
$$\vec{F}_1 = \sum_{i=2}^n \vec{F}_{i1} = q_1 k \sum_{i=2}^n q_i \frac{\vec{r}_1 - \vec{r}_i}{|\vec{r}_1 - \vec{r}_i|^3}$$



Princípio da superposição

$$\vec{F}_1 = \sum_{i=2}^n \vec{F}_{i1} = q_1 k \sum_{i=2}^n q_i \frac{\vec{r}_1 - \vec{r}_i}{|\vec{r}_1 - \vec{r}_i|^3}$$

$$\vec{F}_1 = q_1 \vec{E}(\vec{r}_1)$$



O campo eletrostático

- Força de Lorentz: $\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B}$
- Caso estático ($v=0$): $\vec{F} = q\vec{E}$

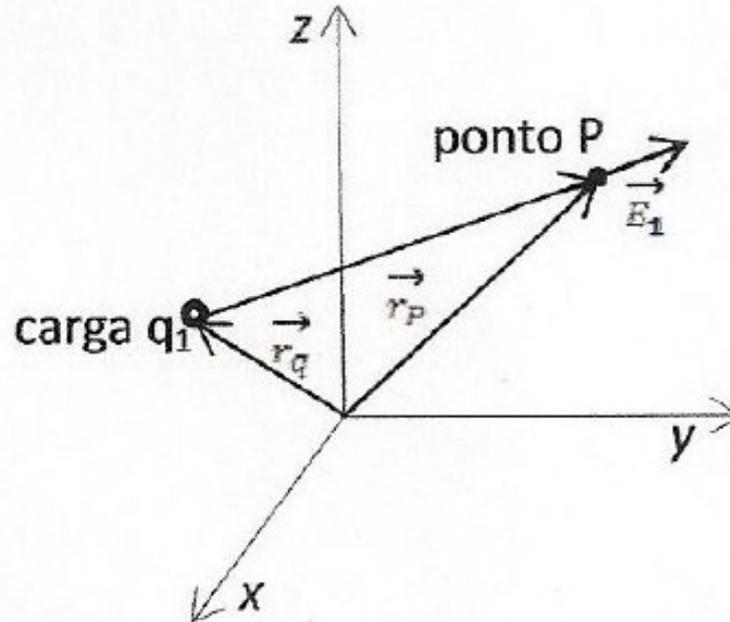
força que uma carga q sofre em um campo elétrico

Campo gerado por uma carga q : $\vec{E} = \frac{kq}{R^2} \hat{R}$

- Superposição

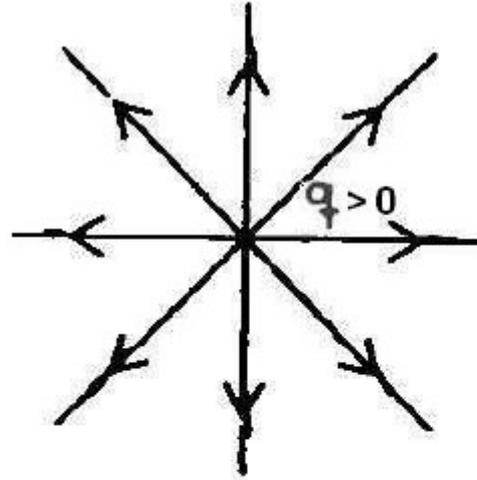
Formalização

- Obter a expressão vetorial para o campo no ponto P

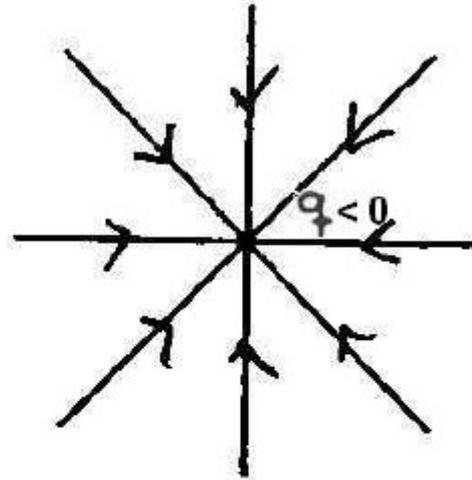


Linhas de campo

- Carga puntiforme



(a)



(b)

Figura 8.5: Linhas de campo elétrico de cargas puntiformes positiva (a) e negativa (b), em repouso.