Laboratório de Eletromagnetismo

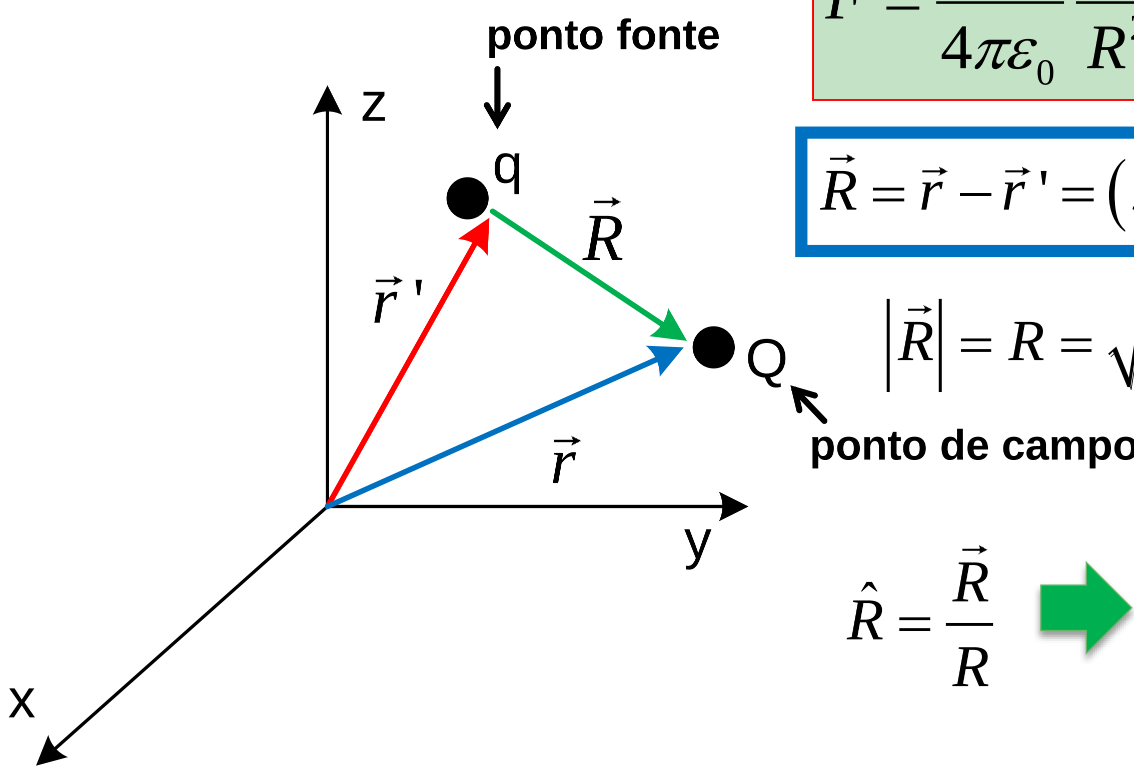
<u>Prática 1:</u> Avaliação e visualização de campos eletrostáticos utilizando o MATLAB/OCTAVE

Prof. Sandro Trindade Mordente Gonçalves (sandro@cefetmg.br)

CEFET-MG

Lei de Coulomb

A força produzida em uma carga teste (pontual) *Q* por uma outra carga fonte (pontual) *q* é dada pela lei de Coulomb (baseada em experimentos):



$$\boxed{\vec{F} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{qQ}{R^2}\hat{R}}$$

$$\varepsilon_0 = 8{,}854 \times 10^{-12}\ \mathrm{F/m}$$

$$\boxed{\vec{R} = \vec{r} - \vec{r}\,' = (x - x')\hat{x} + (y - y')\hat{y} + (z - z')\hat{z}}$$

$$|\vec{R}| = R = \sqrt{(x - x')^2 + (y - y')^2 + (z - z')^2}$$

$$\hat{R} = \frac{\vec{R}}{R} \Rightarrow \boxed{\vec{F} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{qQ}{R^3}\vec{R}}$$

Lei de Coulomb – Continuação

Em seus experimentos, Coulomb verificou que a interação entre cargas elétricas respeita o princípio da superposição. Portanto, considerando N cargas pontuais fonte, a força total sobre a carga teste Q é obtida como:

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left\{\frac{q_1 Q}{R_1^{\ 3}}\vec{R}_1 + \frac{q_2 Q}{R_2^{\ 3}}\vec{R}_2 + \ldots + \frac{q_N Q}{R_N^{\ 3}}\vec{R}_N\right\}$$

$$\vec{F} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\sum_{k=1}^{N}\frac{q_k}{R_k^{\ 3}}\vec{R}_k$$

Vamos aproveitar a equação anterior para definir um outro campo vetorial denominado intensidade de campo elétrico **E** conforme equação a seguir:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\sum_{k=1}^{N}\frac{q_k}{R_k^{\ 3}}\vec{R}_k$$

Parte Prática

3.1 - Seja um dipolo elétrico localizado no vácuo (cargas de 1 nC) alinhado ao longo do eixo x com a carga positiva localizada em (–60,0) cm e a carga negativa em (60,0) cm. Considere os itens a seguir.

a) Calcule e trace um gráfico do módulo do vetor intensidade de campo elétrico ao longo do eixo x no intervalo –90 cm $\leq x \leq$ + 90 cm. Convencione campo elétrico positivo aquele no sentindo positivo do eixo x e negativo aquele no sentido contrário.

b) Pesquise os comandos `meshgrid` e `quiver` do MATLAB/OCTAVE. Utilizando esses comandos, trace no plano xy (z = 0) as linhas de campo associadas à configuração de cargas em questão. (**Adote:** –90 cm $\leq x \leq$ + 90 cm e –90 cm $\leq y \leq$ + 90 cm).

c) Pesquise o comando `contourf` do MATLAB/OCTAVE. Utilizando esse comando, juntamente com o `meshgrid`, obtenha um gráfico de cores ilustrando a intensidade do campo elétrico associado à configuração de cargas em questão. (**Adote:** –90 cm $\leq x \leq$ + 90 cm e –90 cm $\leq y \leq$ + 90 cm).

d) Comente de forma fisicamente consistente todos os resultados obtidos.

Parte Prática

Para solução e implementação computacional dos itens anteriores, considerando que as cargas estão no mesmo plano (no caso, *z* = *constante*), é conveniente escrever a equação para o campo elétrico da seguinte forma:

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \sum_{k=1}^{N} q_k \frac{(x - x_k')\hat{x} + (y - y_k')\hat{y}}{\left[(x - x_k')^2 + (y - y_k')^2\right]^{3/2}}$$

```
Ln = sqrt((E1x+E2x).^2 + (E1y+E2y).^2);
U = (E1x+E2x)./Ln;
V = (E1y+E2y)./Ln;
Maxlen = 100;
U = U*Maxlen;
V = V*Maxlen;
```

$$|\boldsymbol{E}| = \sqrt{\boldsymbol{E}_x^2 + \boldsymbol{E}_y^2 + \boldsymbol{E}_z^2}$$

Parte Prática

3.2 – Refaça o item 3.1 considerando duas cargas positivas.

3.3 – Refaça o item 3.1 considerando 4 cargas pontuais Q, –Q, Q e –Q, com |Q|= 1 nC, localizadas respectivamente em (30, 30) cm, (–30, 30) cm, (–30, –30) cm e (30, –30) cm (vértices de um quadrado de lado 60 cm, com centro na origem do sistema de coordenadas).