



INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA



ELM20704

Eletromagnetismo

Aula 02

Revisão de campos elétricos no espaço livre

Professor: Bruno Fontana da Silva
Semestre letivo: 2014-1



Lei Experimental de Coulomb

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

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

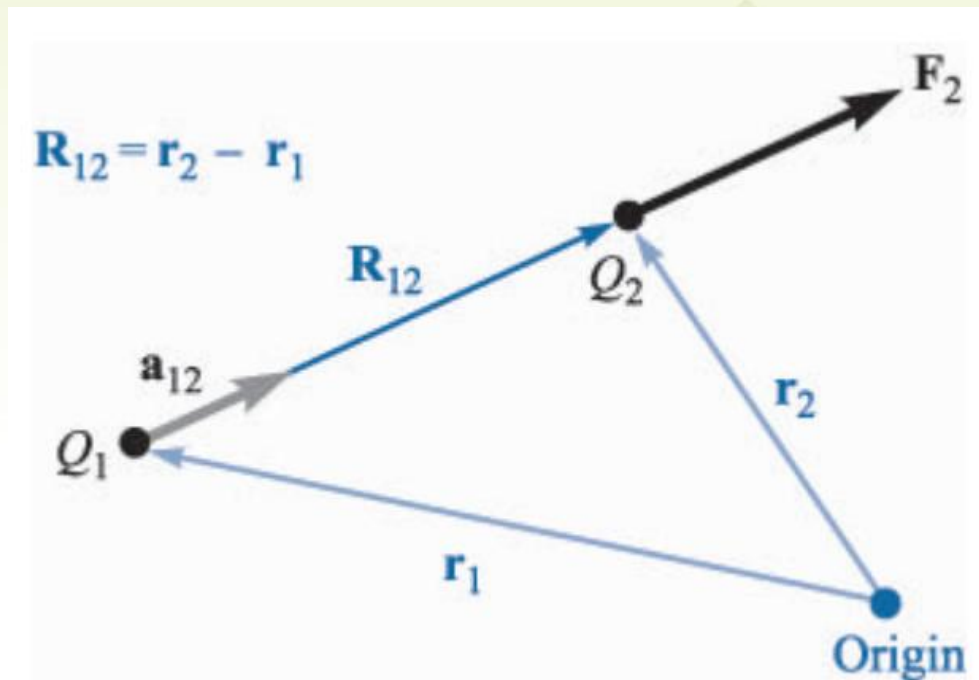
$$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \doteq \frac{1}{36\pi} 10^{-9} \quad \text{F/m}$$

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0 R^2}$$



Lei Experimental de Coulomb

Forma vetorial



$$\mathbf{a}_{12} = \frac{\mathbf{R}_{12}}{|\mathbf{R}_{12}|} = \frac{\mathbf{R}_{12}}{R_{12}} = \frac{\mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1}{|\mathbf{r}_2 - \mathbf{r}_1|}$$

$$\mathbf{F}_1 = -\mathbf{F}_2 = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0 R_{12}^2} \mathbf{a}_{21} = -\frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0 R_{12}^2} \mathbf{a}_{12}$$



Intensidade de Campo Elétrico

$$\mathbf{F}_t = \frac{Q_1 Q_t}{4\pi\epsilon_0 R_{1t}^2} \mathbf{a}_{1t}$$

Força entre Q_1 e a carga de teste Q_t

$$\frac{\mathbf{F}_t}{Q_t} = \frac{Q_1}{4\pi\epsilon_0 R_{1t}^2} \mathbf{a}_{1t}$$

Intensidade de força exercida por Q_1 por unidade de carga de teste



Intensidade de Campo Elétrico

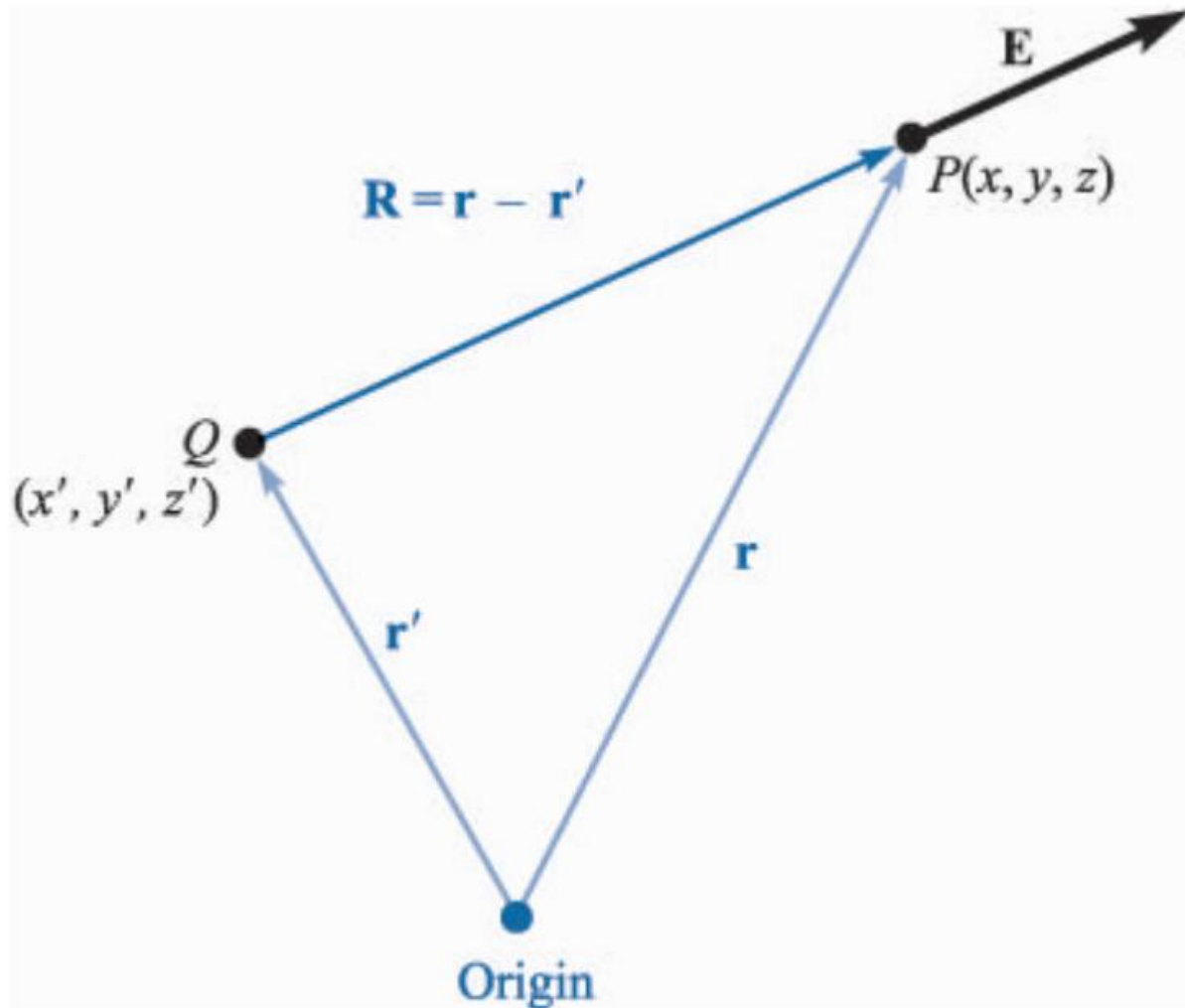
$$\mathbf{E} = \frac{\mathbf{F}_t}{Q_t}$$

Unidade: N/C = V/m

$$\mathbf{E} = \frac{Q_1}{4\pi\epsilon_0 R_{1t}^2} \mathbf{a}_{1t}$$



Intensidade de Campo Elétrico de um ponto de carga no espaço





Intensidade de Campo Elétrico de um ponto de carga no espaço

$$\mathbf{E} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R^2} \mathbf{a}_R$$

$$P(x,y,z):: \mathbf{r}=x\mathbf{a}_x+y\mathbf{a}_y+z\mathbf{a}_z$$
$$Q(x',y',z'):: \mathbf{r}'=x'\mathbf{a}_x+y'\mathbf{a}_y+z'\mathbf{a}_z$$

Escrevendo a intensidade de campo elétrico como um campo vetorial:

$$\mathbf{E}(\mathbf{r}) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 |\mathbf{r} - \mathbf{r}'|^2} \frac{\mathbf{r} - \mathbf{r}'}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|} = \frac{Q(\mathbf{r} - \mathbf{r}')}{4\pi\epsilon_0 |\mathbf{r} - \mathbf{r}'|^3}$$



Intensidade de Campo Elétrico de múltiplos ponto de carga no espaço

“Como as forças de Coulomb são lineares, a intensidade de campo elétrico devido a dois pontos de carga, Q_1 em \mathbf{r}_1 e Q_2 em \mathbf{r}_2 , é a soma das forças sobre Q_t causadas por Q_1 e Q_2 atuando isoladamente”.

$$\mathbf{E}(\mathbf{r}) = \frac{Q_1}{4\pi\epsilon_0|\mathbf{r} - \mathbf{r}_1|^2} \mathbf{a}_1 + \frac{Q_2}{4\pi\epsilon_0|\mathbf{r} - \mathbf{r}_2|^2} \mathbf{a}_2$$

Para n cargas atuando sobre Q_t :

$$\mathbf{E}(\mathbf{r}) = \sum_{m=1}^n \frac{Q_m}{4\pi\epsilon_0|\mathbf{r} - \mathbf{r}_m|^2} \mathbf{a}_m$$



Intensidade de Campo Elétrico

Distribuição de cargas de volume contínuo

$$\rho_v = \lim_{\Delta v \rightarrow 0} \frac{\Delta Q}{\Delta v}$$

Densidade de carga:

ΔQ – pequena quantidade de carga

Δv – pequeno volume no espaço

Unidade: C/m³

$$Q = \int_{\text{vol}} \rho_v d v$$

Integração tripla (volumétrica)

Densidade pode ser função do espaço
(exemplo: pára-raios)



Intensidade de Campo Elétrico

Distribuição de cargas de volume contínuo

Contribuição incremental no campo elétrico:

$$\Delta \mathbf{E}(\mathbf{r}) = \frac{\Delta Q}{4\pi\epsilon_0 |\mathbf{r} - \mathbf{r}'|^2} \frac{\mathbf{r} - \mathbf{r}'}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|} = \frac{\rho_v \Delta v}{4\pi\epsilon_0 |\mathbf{r} - \mathbf{r}'|^2} \frac{\mathbf{r} - \mathbf{r}'}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|}$$

Intensidade de campo resultante da densidade de carga ρ_v :

$$\mathbf{E}(\mathbf{r}) = \int_{\text{vol}} \frac{\rho_v(\mathbf{r}') dv'}{4\pi\epsilon_0 |\mathbf{r} - \mathbf{r}'|^2} \frac{\mathbf{r} - \mathbf{r}'}{|\mathbf{r} - \mathbf{r}'|}$$



INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA



Intensidade de Campo Elétrico

Outros problemas

Intensidade de campo de uma linha de carga (condutor infinito)

Intensidade de campo de um plano de carga infinito