

# Aula 2

- **Campos Elétricos**
- **Linhas de Campo Elétrico**

# Campo Elétrico

Um campo elétrico existe em ponto, se uma partícula de prova carregada, colocada em repouso neste ponto, experimentar uma força elétrica.

O campo elétrico em um ponto do espaço é dado por:

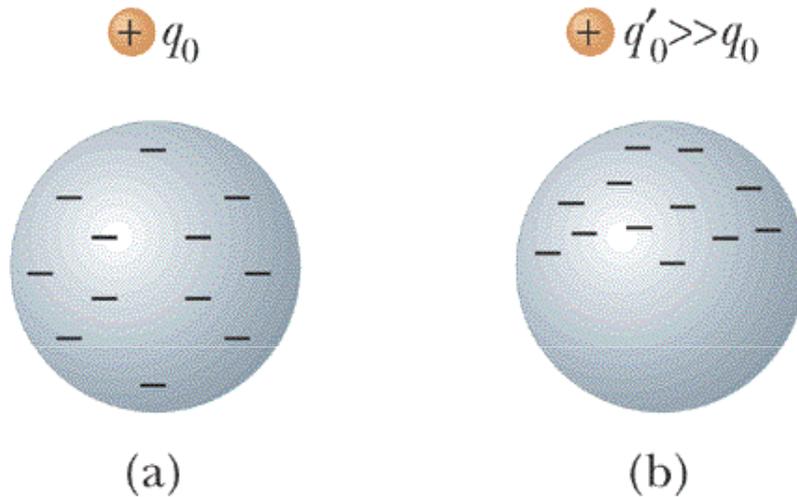
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \quad [\text{N/C}]$$

- onde  $q_0$  é a carga de prova, por convenção é positiva.

**O campo E não é o campo produzido pela carga de prova!**

**O campo elétrico existe independente de  $q_0$ .**

# Carga de Prova – $q_0$



$q_0$  deve ser pequena o bastante para não perturbar o arranjo de cargas que gera  $E$ .

A carga de prova é usada para medir  $F_e$  e detectar a presença de campo.

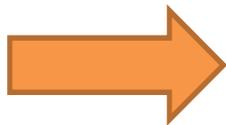
# Força em uma partícula carregada

Uma vez que o campo elétrico é conhecido em algum ponto, a força sobre qualquer partícula com carga  $q_0$  colocada neste ponto é dada por:

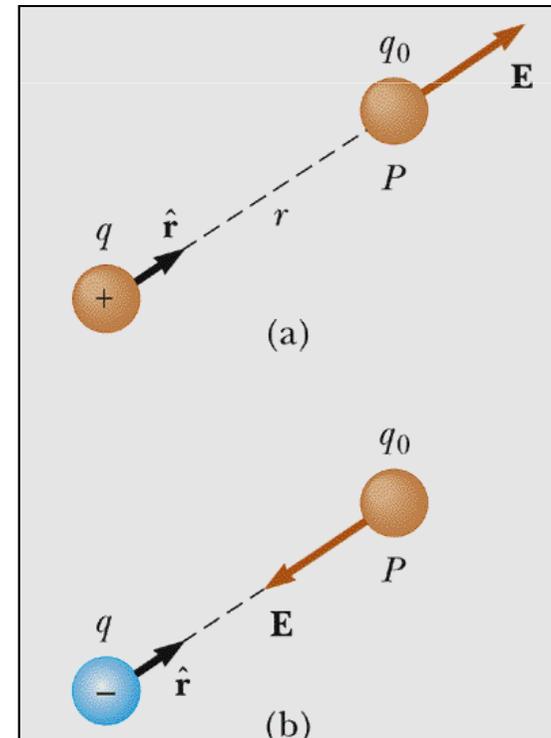
$$\vec{F}_e = q_0 \vec{E}$$

$$F_e = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$$

O campo elétrico criado por uma carga  $q_2 = q$  em um ponto P, que é a posição da carga de prova  $q_1 = q_0$  é:



$$\vec{E} = \frac{k \cdot q}{r^2} \hat{r}$$



# Campo elétrico no ponto P devido a um grupo de partículas carregadas

- O campo elétrico total é a soma dos campos elétricos em P devido a n partículas carregadas:

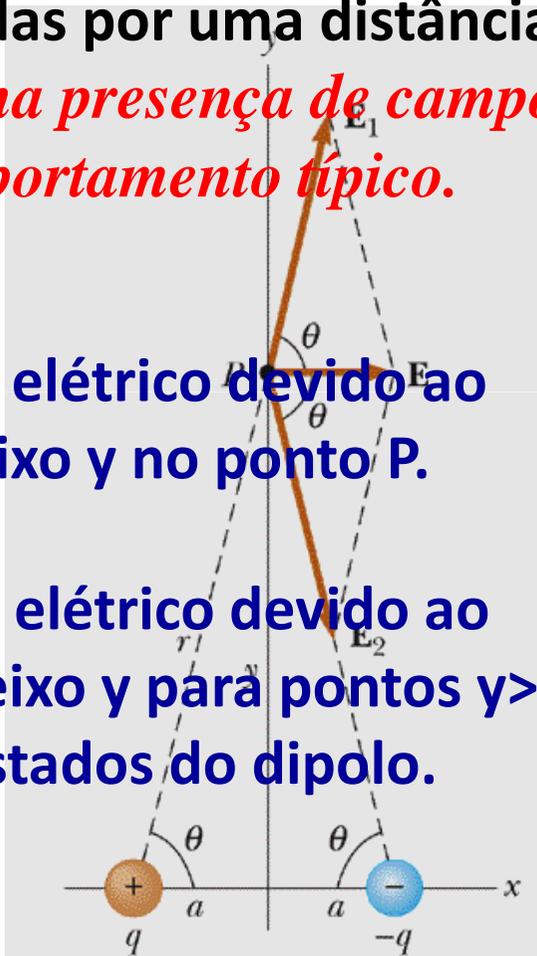
$$\vec{E}_T = \sum_i^n \frac{k \cdot q_i}{r_i^2} \hat{r}_i$$

## Exemplo 19.3: DIPOLO ELÉTRICO

Constituído por uma carga pontual  $+q$  e por uma carga pontual  $-q$  separadas por uma distância  $2a$  (molécula de HCl –  $H^+$  e  $Cl^-$ )  *na presença de campo elétrico estes materiais têm comportamento típico.*

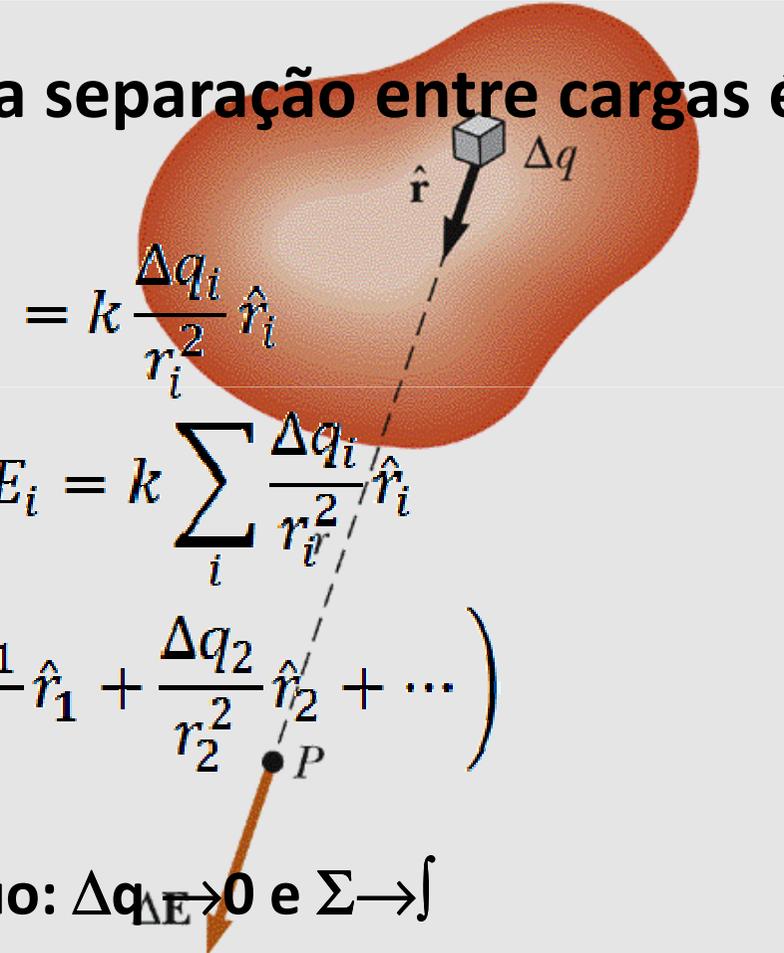
a) Encontre o campo elétrico devido ao dipolo ao longo do eixo  $y$  e no ponto P.

b) Encontre o campo elétrico devido ao dipolo ao longo do eixo  $y$  para pontos  $y \gg a$  que estão muito afastados do dipolo.



# Campo elétrico devido distribuições contínuas de carga

No corpo, a separação entre cargas é muito pequena

A diagram showing a brown, irregularly shaped volume representing a continuous charge distribution. A small grey cube labeled  $\Delta q$  is shown on the surface of the volume. A dashed line represents the distance  $r_i$  from the cube to a point  $P$  on the surface. A solid arrow labeled  $\hat{r}_i$  points from the cube towards point  $P$ .
$$\Delta E_i = k \frac{\Delta q_i}{r_i^2} \hat{r}_i$$
$$E = \sum_i \Delta E_i = k \sum_i \frac{\Delta q_i}{r_i^2} \hat{r}_i$$
$$E = k \left( \frac{\Delta q_1}{r_1^2} \hat{r}_1 + \frac{\Delta q_2}{r_2^2} \hat{r}_2 + \dots \right)$$

meio contínuo:  $\Delta q \rightarrow 0$  e  $\Sigma \rightarrow \int$

- Logo, o campo elétrico devido a uma distribuição de cargas é:

$$E = \lim_{\Delta q_i \rightarrow 0} k \sum_i \frac{\Delta q_i}{r_i^2} \hat{r}_i = k \int \frac{dq}{r^2} \hat{r}$$

- Pode-se ter distribuições de cargas uniformes sobre uma:

**Linha**

$$\lambda = \frac{Q}{\ell}$$

**Superfície**

$$\sigma = \frac{Q}{A}$$

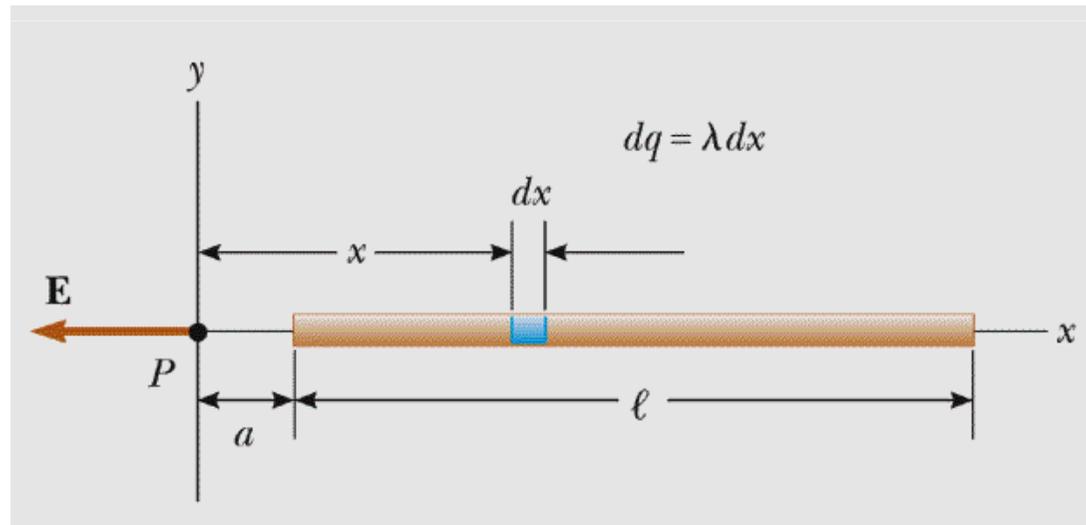
ou

**Volume:**

$$\rho = \frac{Q}{V}$$

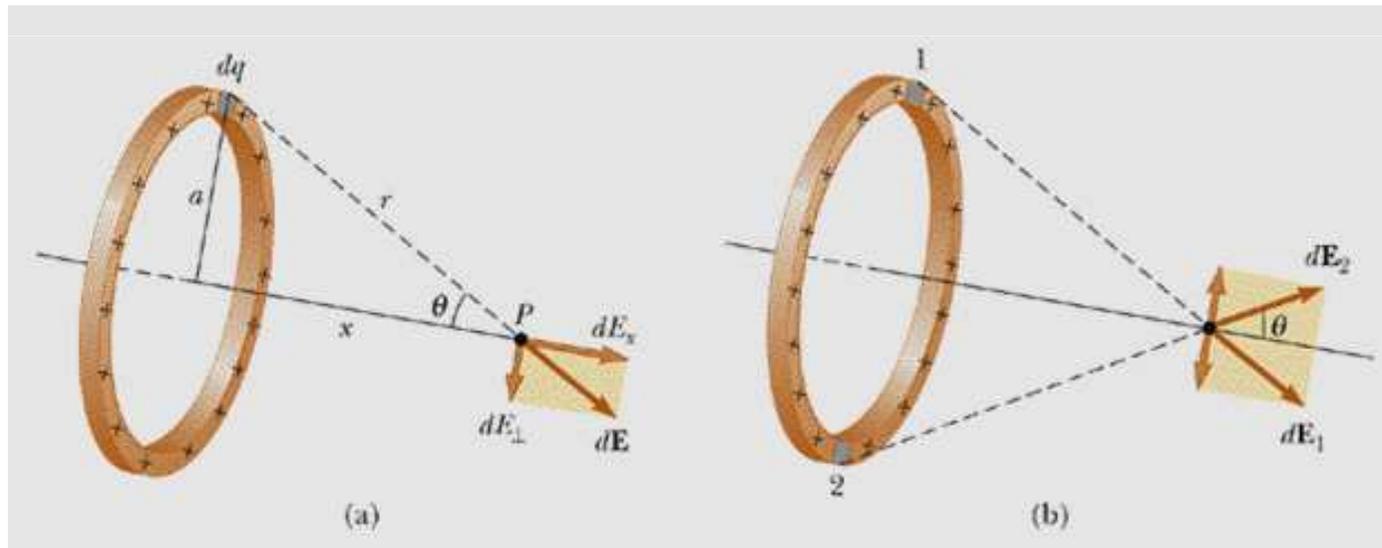
## Exemplo 19.4 – Haste Carregada

- Uma haste de comprimento  $\ell$  tem uma densidade linear de carga  $\lambda$  e uma carga total  $Q$ . Calcule o campo elétrico em um ponto  $P$  ao longo do eixo da haste, à distância  $a$  de uma das extremidades.

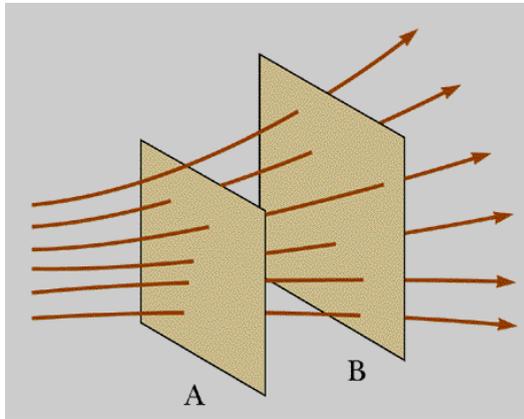


## Exemplo 19.5 – Anel de Carga Uniforme

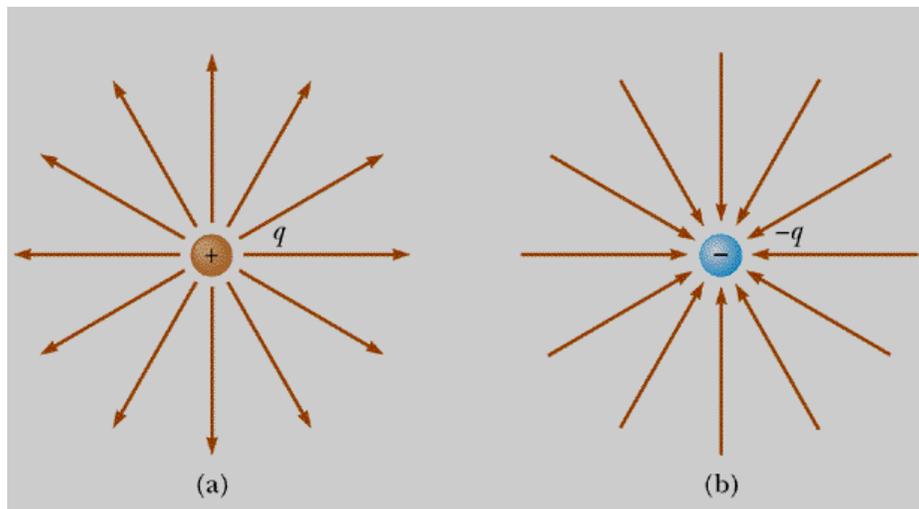
- Uma anel de raio  $a$  tem carga  $\lambda$  e uma carga positiva uniforme, com carga total  $Q$ . Calcule o campo elétrico em um ponto  $P$  no eixo do anel, à uma distância  $x$  do seu centro.



# Linhas de Campo Elétrico

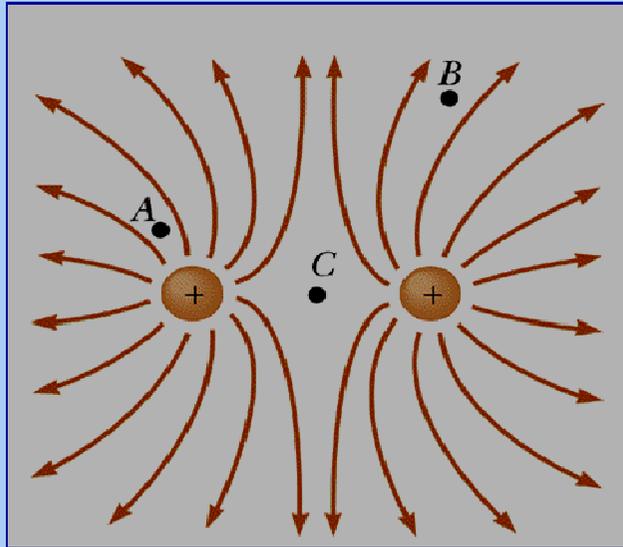


O campo elétrico é proporcional ao número de linhas por unidade de área:  $E \propto n^\circ \text{ linhas/A}$

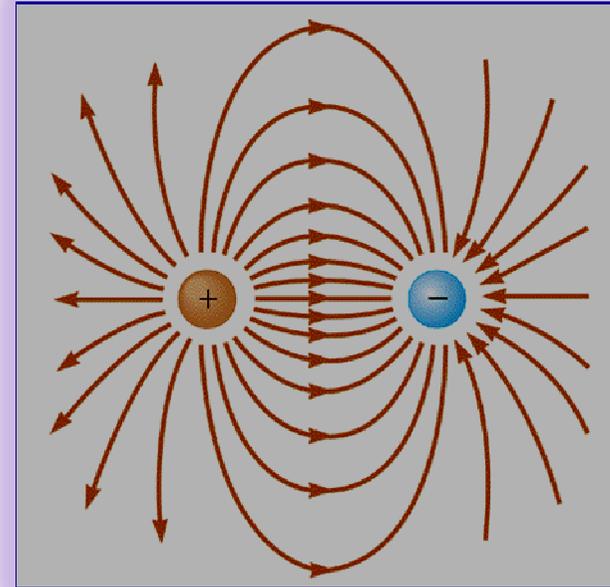


O campo elétrico é mais intenso perto da carga.

# Configurações de Linhas de Campo Elétrico



Como ordenar crescentemente os campos em A, B e C?



Linhas de campo de um dipolo elétrico.

# Movimento de Partículas Carregadas em um Campo Elétrico Uniforme

- Partícula: massa  $m$  e carga  $q$  em um campo elétrico  $E$ . A força elétrica sobre ela é:

$$\mathbf{F}_e = q \cdot \mathbf{E}$$

- Se  $F_e$  é a única força que age sobre a partícula,  $F$  será a força resultante:

$$\mathbf{F}_e = \mathbf{F}_r = m \cdot \mathbf{a}$$

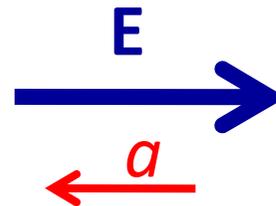


$$\mathbf{a} = \frac{q \cdot \mathbf{E}}{m}$$

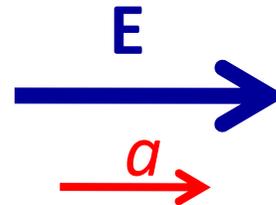
- Campo elétrico uniforme: aponta sempre na mesma direção em qualquer ponto.
- Se  $E$  é uniforme a aceleração é constante.

$$a = \frac{q \cdot E}{m}$$

• Se  $q < 0$

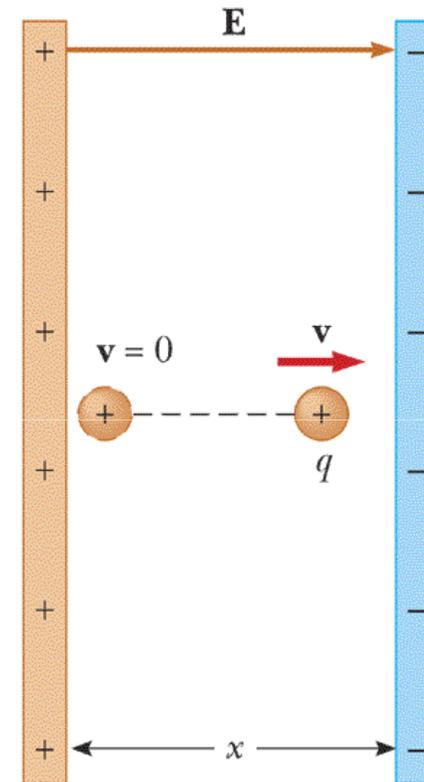


• Se  $q > 0$



## Exemplo 19.6 – Carga Positiva Acelerada

- Uma partícula com carga positiva  $q$  e massa  $m$  é liberada do repouso em um campo elétrico uniforme  $E$  orientado ao longo do eixo  $x$  como mostra a figura. Descreva seu movimento.



# Elétron é projetado horizontalmente em um campo elétrico vertical ~ uniforme

