Aula 4

- **Potencial Elétrico**

Diferença de Potencial e Potencial Elétrico

- **Carga pontual q_0 em campo elétrico E => F = q_0E.**

- **Pode-se pensar esta força como a soma vetorial das forças individuais exercidas em q_0 pelas cargas que produzem E**

- **Força de Coulomb é conservativa, ou seja, q_0E é conservativa**

Força Conservativa - REVISÃO

- **<u>Força conservativa</u> => força capaz de converter energia cinética (E_c) em energia potencial (E_p) e vice-versa.**

- **O trabalho (W) realizado por uma força conservativa:**
  1. **É dado pela diferença entre o valor inicial e final da função.**
  2. **É reversivel**
  3. **É independente da trajetória do corpo (só depende da posição inicial e final)**
  4. **Se ponto inicial é igual ao ponto final: W=0**

Energia Potencial Elétrica

- **O trabalho realizado na partícula pelo campo elétrico, para um deslocamento finito, muda a energia do sistema por:**

$$dU = -dW = -q_0.\vec{E}.d\vec{s}$$

Logo, a variação da energia potencial será:

$$\Delta U = U_B - U_A = -q_0 \int_A^B \vec{E}.d\vec{s}$$

A integral é sobre a trajetória => integral de linha

Como a força é conservativa => integral independe da trajetória

Potencial Elétrico - V

- **Se o caminho não faz diferença no cálculo de U, e se tomarmos U e dividirmos por q_0, obtemos o potencial elétrico**

$$V \equiv \frac{U}{q_0}$$

O potencial ou potencial elétrico V é independente do valor de q_0 e tem valor único <u>em cada ponto</u> do campo elétrico.

Diferença de Potencial entre 2 pontos A e B - ΔV

$$\Delta V = V_B - V_A = \frac{\Delta U}{q_0} = -\int_A^B \vec{E}.d\vec{s}$$

Normalmente, considera-se um ponto de referência chamado de "terra" onde $V_A = 0$ e $\Delta V = V_B$ (B=P)$_;$ o ponto A estando no infinito.

$$V_p = -\int_{\infty}^{P} \vec{E}.d\vec{s}$$

Unidade de Potencial Elétrico

A unidade de potencial elétrico é volt (V):

$$\boxed{V \equiv \frac{U}{q_0}} \Rightarrow Volt \equiv \frac{Joule}{Coulomb} \Rightarrow [V] \equiv \frac{J}{C}$$

Em termos de campo elétrico:

$$\boxed{[E] \equiv \frac{N}{C}} \Rightarrow \boxed{[E] \equiv \frac{N.m}{C.m} = \frac{J}{C.m} = \frac{V}{m}}$$

Campo elétrico =

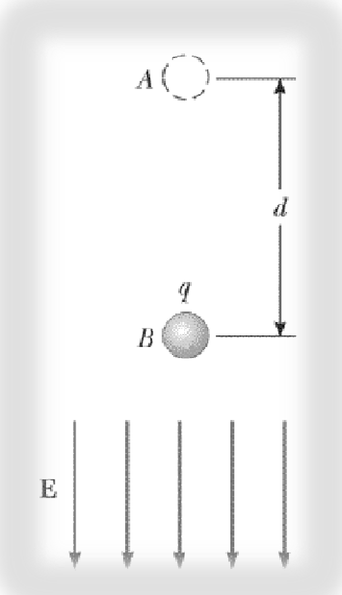
taxa de variação do potencial elétrico no espaço.

Unidade de Energia Potencial elétrica

$$1eV = 1,6 \times 10^{-19}\ J$$

Usado para energia de partículas microscópicas

Diferença de Potencial em um Campo Uniforme



$$V_B - V_A = -\int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{s} = -\int_A^B E.\cos 0°.ds = -E\int_A^B ds = -E.d$$

$$\boxed{V_B < V_A}$$

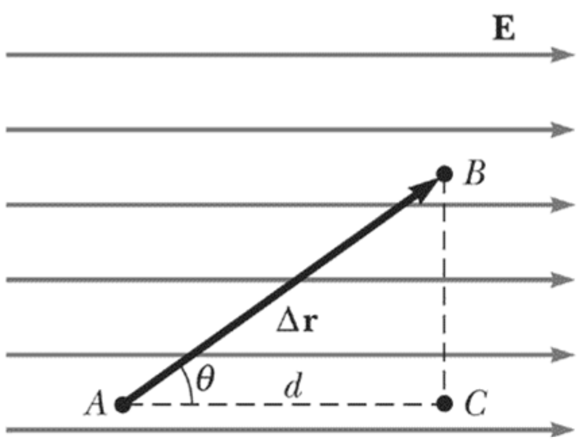
Campo para baixo: o ponto B está em um potencial mais baixo que no ponto A

Uma carga que se movimenta de A para B, diminui sua energia potencial e aumenta sua energia cinética.

$$\boxed{\Delta U = q_0.\Delta V}$$

→ **Força conservativa**

Diferença de Potencial em um Campo Uniforme - continuação



Carga q_0 deslocando-se de A para B

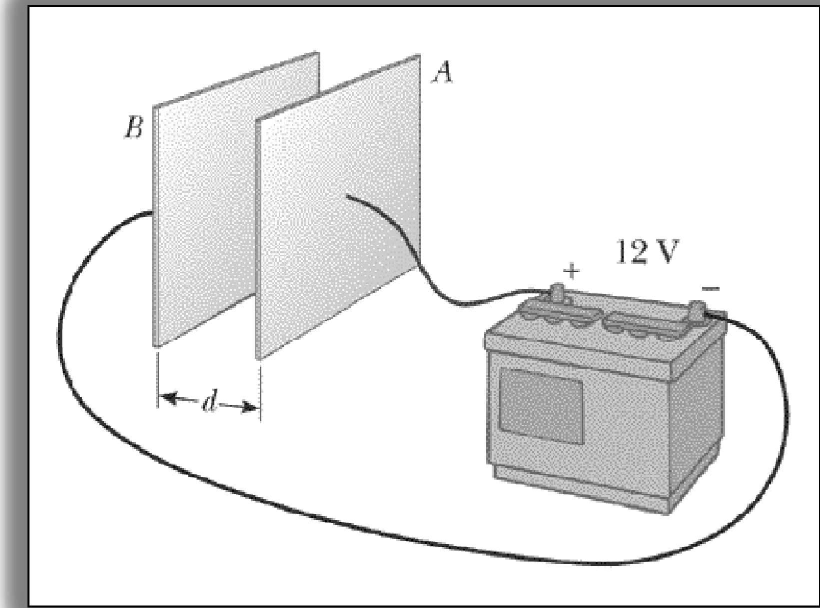
$$\Delta V = -\int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{s} = -\vec{E} \cdot \Delta\vec{r} = -E \cdot \Delta r.\cos\theta = -E.d$$

$$V_B = V_C \Longrightarrow$$ Superfície Equipotencial

Exemplo 20.1

- Uma bateria de 12 V é conectada entre duas placas paralelas. A distância entre as placas é de 0,30 cm e se pressupõe que o campo seja uniforme (separação entre as placas (d) << em relação ao tamanho das placas.

- Encontre a magnitude do campo elétrico entre as placas

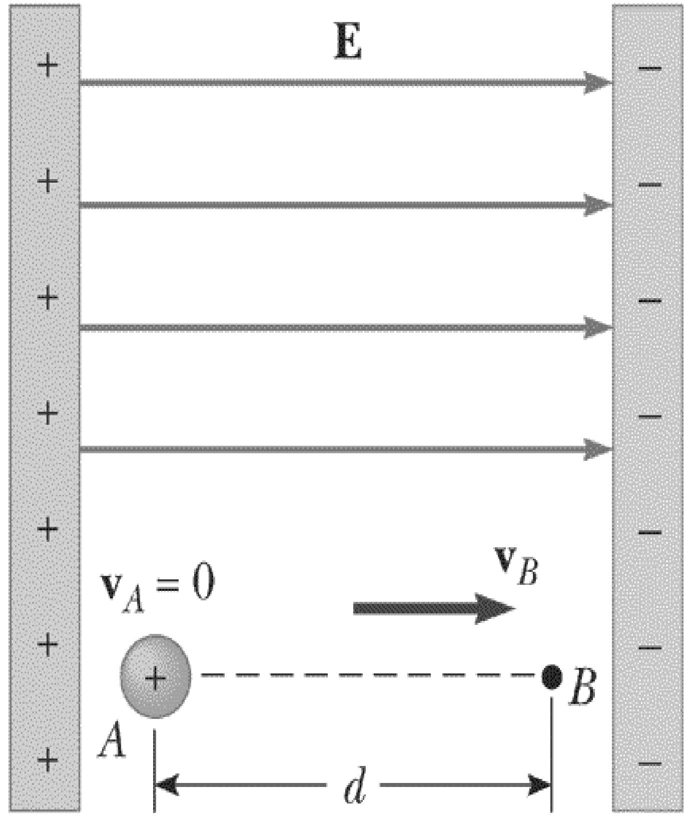


Exemplo 20.2

- **Um próton é liberado do repouso em um campo elétrico uniforme de magnitude $8{,}0 \times 10^4$ V/m dirigido ao longo do eixo x positivo. O próton realiza um deslocamento de magnitude d=0,50 m na direção de E.**

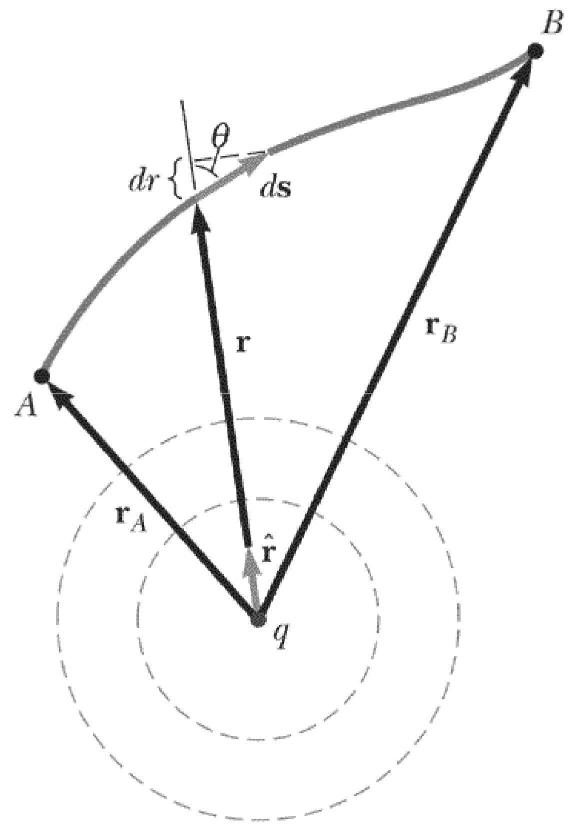
(a) Encontre a variação do potencial elétrico entre as placas.

(b) Encontre a variação da energia potencial do sistema carga-campo para este deslocamento.



Diferença de Potencial e Potencial Elétrico de Cargas Pontuais

$$V_B - V_A = -\int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{s}$$



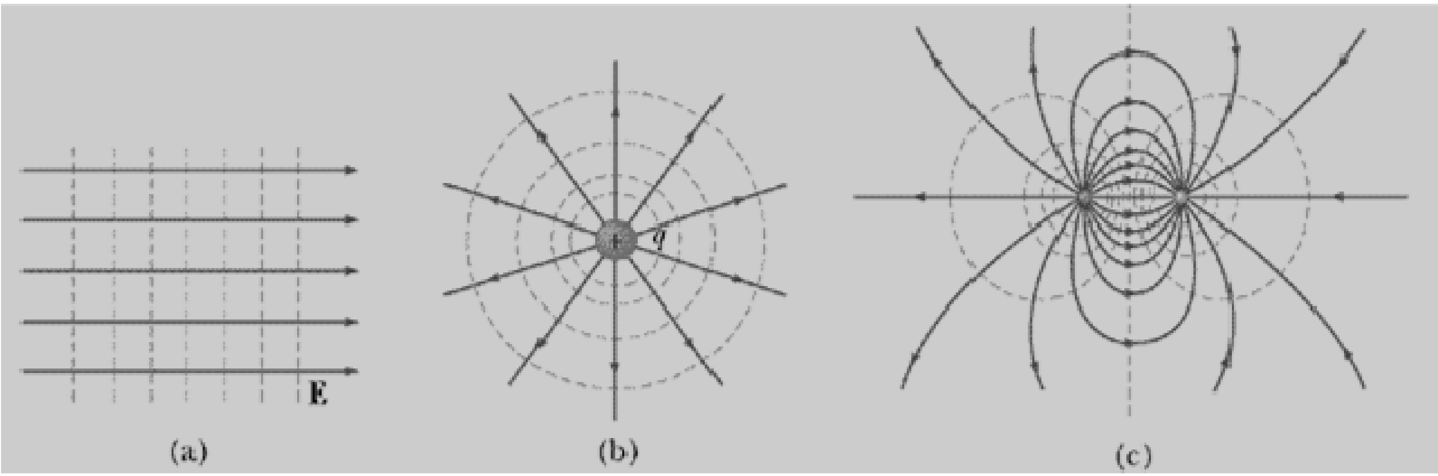
$$\vec{E} = \frac{k.q}{r^2}\hat{r}$$

$$V_B - V_A = -\int_{r_A}^{r_B} \frac{kq}{r^2} dr = kq\left[\frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A}\right]$$

- Potencial de referência $V_A = 0$ para $r_A \to \infty$.

$$V = \frac{kq}{r}$$

- Carga pontual as superfícies equipotenciais são cascas esféricas concêntricas
- A superfícies equipotenciais são sempre perpendiculares as linhas de força (campo)



Potencial de duas ou mais cargas

- Princípio da superposição: (escalar)

$$V = \frac{kq_1}{r_1} + \frac{kq_2}{r_2} + \frac{kq_3}{r_3} + \cdots = k\sum_i \frac{q_i}{r_i}$$

A energia potencial elétrica de interação de um sistema de partículas carregadas: **Considere uma carga q_1 e um ponto P que está com um potencial V_1 devido a q_1. O trabalho para trazer uma carga q_2 até o ponto P é:**

$$W = q_2.\Delta V = q_2.V_1 \Rightarrow U = W \Rightarrow U = q_2.V_1 = \frac{k.q_1.q_2}{r_{12}}$$

Potencial de duas ou mais cargas – cont.

$$U = q_2.V_1 = \frac{k.q_1.q_2}{r_{12}}$$

- **Se as cargas têm sinais contrários => U < 0: as cargas se aproximarão naturalmente U↓ e K (E_c) ↑**

- **Se as cargas têm mesmo sinal => U > 0: faz-se trabalho para aproximar as cargas.**

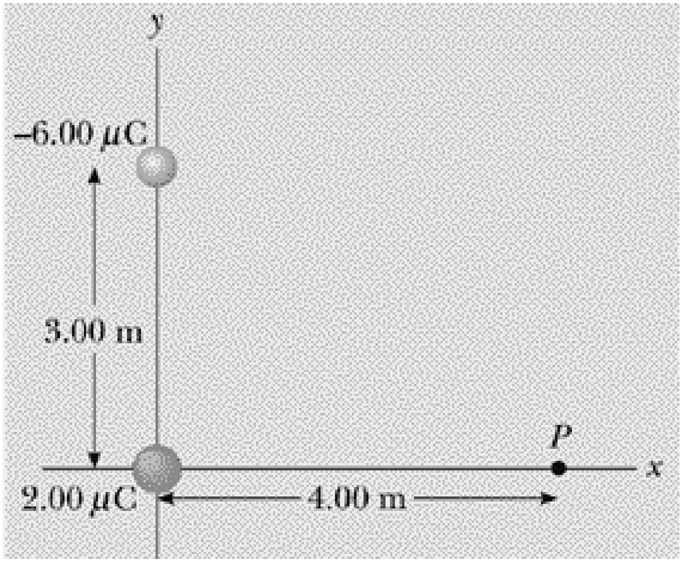
SE O SISTEMA CONSISTE DE MAIS DE DUAS PARTÍCULAS CARREGADAS, A ENERGIA POTENCIAL ELÉTRICA TOTAL PODE SER CALCULADA PAR A PAR E DEPOIS SOMADA ALGEBRICAMENTE

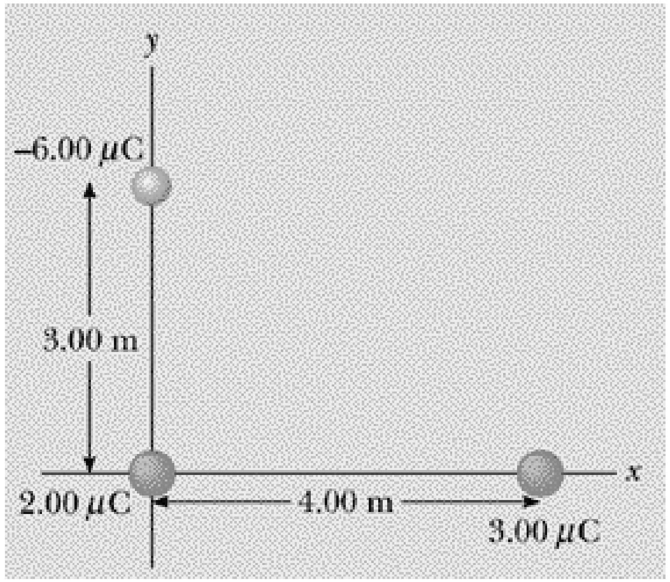
Exemplo 20.3

- Uma carga pontual de 2,00μC está localizado na origem e uma segunda carga pontual de -6,00μC está situada no eixo y na posição (0, 3,00) m.

(a) Encontre o potencial elétrico total devido a essas cargas no ponto P, cujas coordenadas são (4,00, 0)m.

(b) Quanto trabalho é necessário para trazer uma carga pontual de 3,00μC do infinito até o ponto P?





Obtendo o Campo Elétrico a Partir do Potencial Elétrico

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q_0} = -\int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

$$dV = -\vec{E} \cdot d\vec{s}$$ com $$\vec{E} = E_x \cdot \hat{x}$$

$$\vec{E} \cdot d\vec{s} = E_x dx$$

Logo ➔ $$\boxed{E_x = -\frac{dV}{dx}}$$

A variação do potencial é nula se os vetores <u>E</u> e <u>s</u> são perpendiculares.

Campo Elétrico a Partir do Potencial Elétrico – Simetria esférica

$$\boxed{E_r = -\frac{dV}{dr}}$$

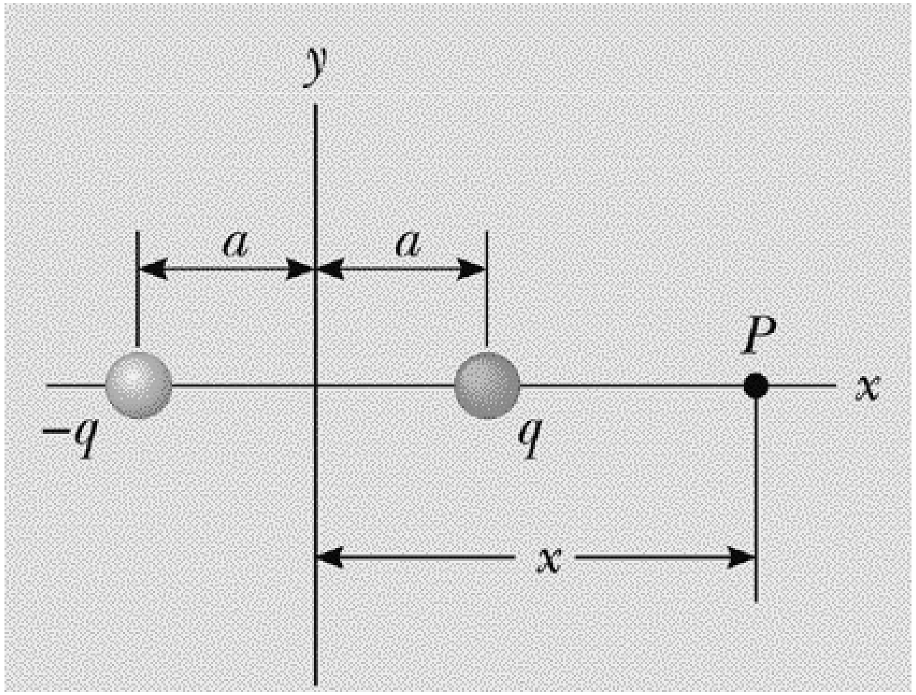
Carga pontual: $V = \frac{kq}{r}$ $\Rightarrow$ $E_r = \frac{kq}{r^2}$

Exemplo 20.4 – Potencial elétrico de um dipolo

- **Um dipolo elétrico está ao longo do eixo x e está centrado na origem. Calcule:**

  (a) Potencial elétrico em qualquer ponto P ao longo de x .

  (b) O campo elétrico em pontos muito distantes do dipolo.



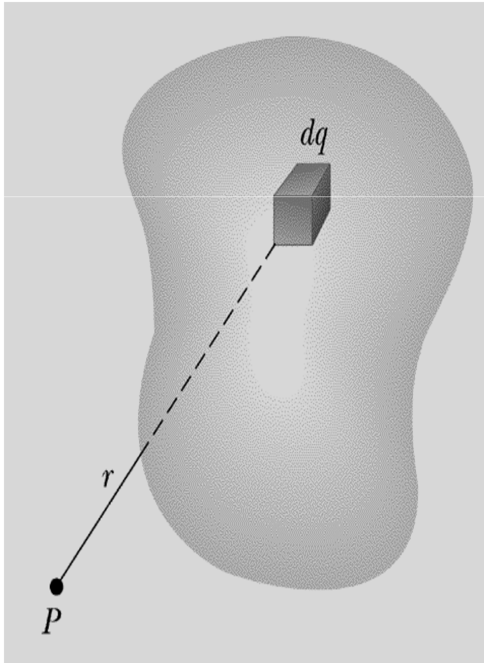
Potencial Elétrico devido a Distribuições Contínuas de Carga

- Há duas maneiras de se calcular o potencial neste caso:
  1) Se a distribuição de cargas é conhecida:

$$V = k \int \frac{dq}{r}$$

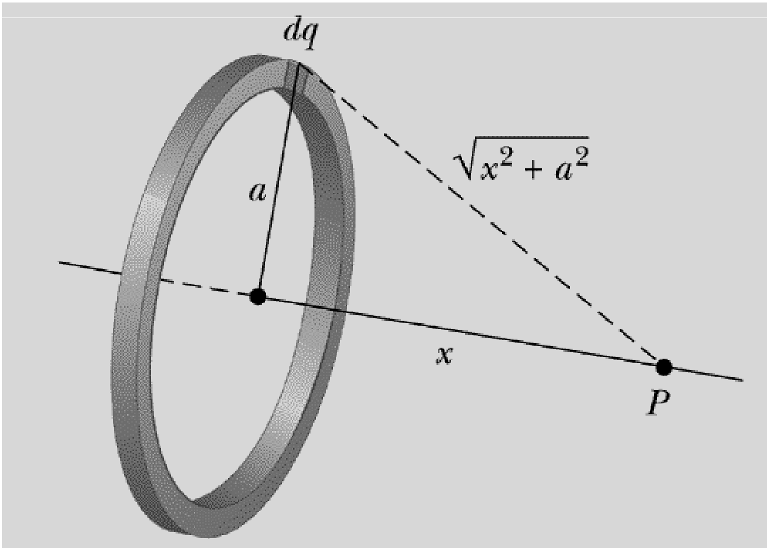
  2) Se o campo elétrico é conhecido:

$$\Delta V = -\int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{s}$$



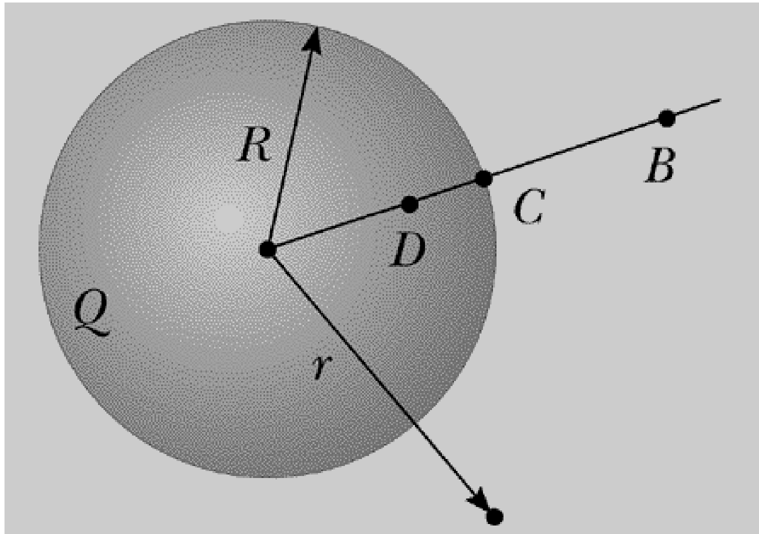
Exemplo 20.5 – Potencial elétrico de um anel

- **Encontre o potencial elétrico e o campo elétrico em um ponto P situado no eixo de um anel uniformemente carregado de raio a e a carga total Q. O plano do anel é perpendicular ao eixo x.**



Exemplo 20.6 – Potencial uma esfera carregada uniformemente.

- Uma esfera sólida isolante de raio R tem uma carga total Q que está uniformemente distribuída pelo volume da esfera.
  - (a) Encontre o potencial elétrico em um ponto fora da esfera (r > R).
  - (b) Encontre o potencial em um ponto dentro da esfera carregada, ou seja, r < R.



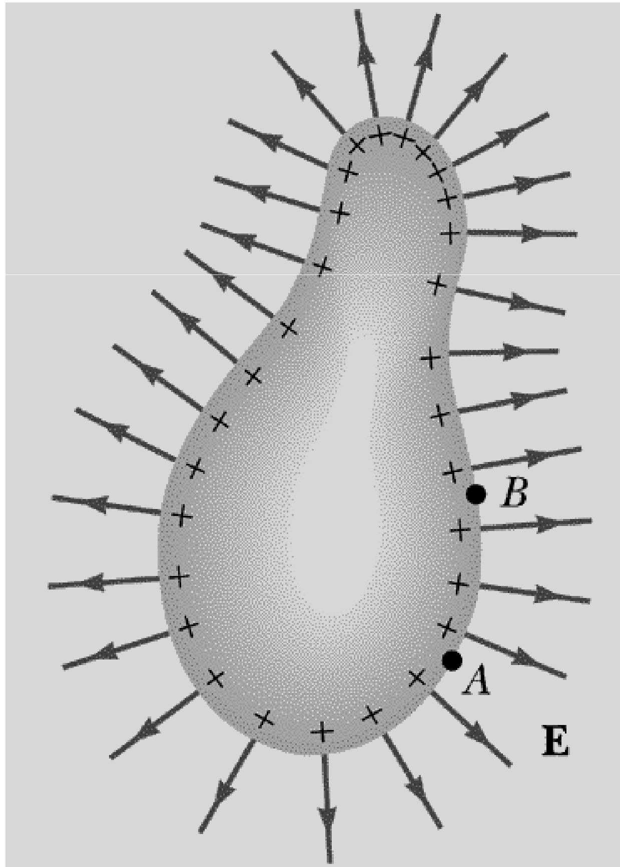
Potencial Elétrico de um Condutor Carregado

- **Carga líquida na superfície**
- **Dentro: E = 0**
- **Fora: E ⊥ A => $\vec{E} \cdot d\vec{s} = 0$**

$$\Delta V = V_A - V_B = -\int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{s} = 0$$

$$V_A = V_B$$

- **Para qualquer ponto A e B**



Esfera metálica maciça, raio R e carga Q

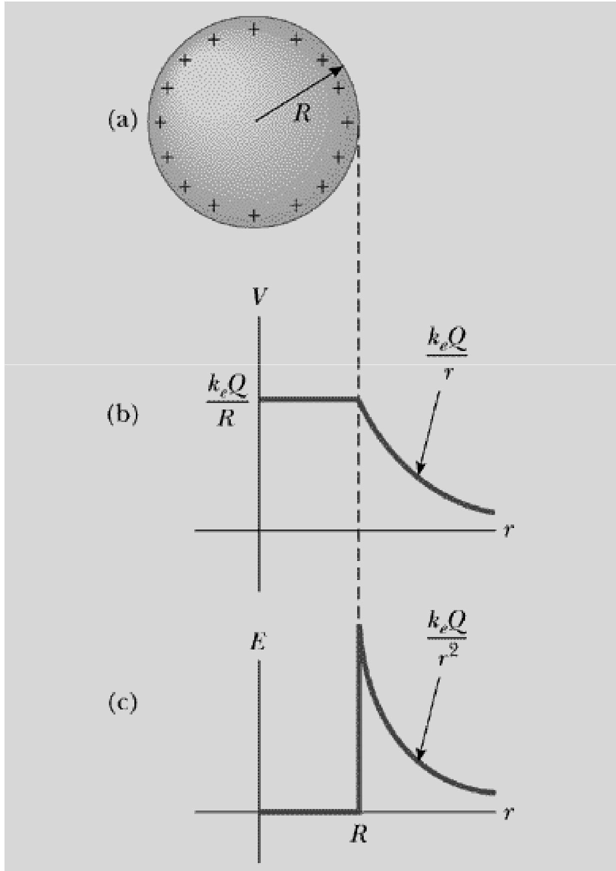
$$\boxed{E_r = -\frac{dV}{dr}}$$

- Fora da esfera:

$$V = \frac{kQ}{r} \qquad E = \frac{kQ}{r^2}$$

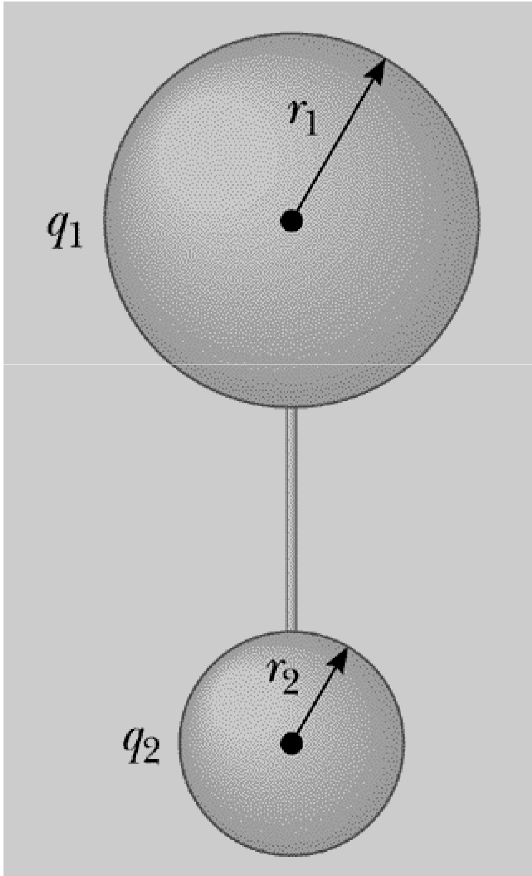
- Dentro da esfera

V = constante; $V = \frac{kQ}{R}$



Condutor Não Esférico

- **A distribuição de carga na superfície não é uniforme.**
- **Nas superfícies convexas, onde o raio de curvatura é menor, há maior concentração de cargas e portanto o campo elétrico é maior.**
- **Extremidades pontiagudas – para raios - campo elétrico alto**



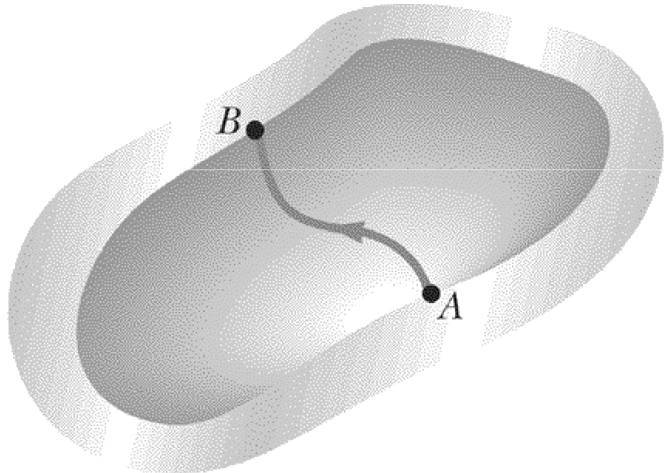
Campo Elétrico dentro de uma Cavidade

- $\vec{E}$ deve ser nulo.

$$V_A = V_B$$

$$V_A - V_B = -\int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{s} = 0$$

- Se $E \neq 0$, a integral acima é não nula.



Tempestade: ficar dentro do carro