Física

Licenciatura em Engenharia Informática

Susana Sério

Aula 15

Sumário

- ✓ Energia Potencial Eléctrica
- ✓ Potencial eléctrico
- ✓ Potencial eléctrico de uma associação de cargas
- ✓ Energia Potencial de uma distribuição de cargas

Energia Potencial Eléctrica

- A energia potencial eléctrica, tal como a energia potencial gravítica, corresponde ao trabalho realizado por uma força conservativa, sendo portanto independente da trajectória da partícula e dependendo apenas da posição inicial e final.

- Na energia potencial gravítica o trabalho é realizado pela força gravítica
- Na energia potencial eléctrica o trabalho é realizado pela força electrostática.

$$\vec{F} = q\vec{E}$$

- O trabalho realizado pela força electrostática para deslocar uma carga de um ponto a outro é igual e de sinal contrário à variação da energia potencial entre os mesmos pontos. A força que actua a carga q, quando colocada num campo eléctrico $\vec{E}$

- O trabalho elementar realizado pela força para deslocar a partícula num elemento de comprimento é dado por:

$$dW = \vec{F}.d\vec{r} = q\,\vec{E}.d\vec{r}$$

Energia Potencial Eléctrica

- A variação da energia potencial ΔU, ao deslocar a carga do ponto A→B é:

$$W_{\text{força eléctrica } A\rightarrow B} = -\Delta U = -(U_B - U_A)$$

$$\boxed{\Delta U = U_B - U_A = -q_o \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{r}}$$

- O caminho é independente da trajectória.

Potencial Eléctrico

- O potencial eléctrico é a energia potencial por unidade de carga, U/q_o
- O potencial é independente da carga q_o
- O potencial tem o mesmo valor em cada ponto do campo eléctrico

- O potencial eléctrico é dado por:

$$\boxed{V = \frac{U}{q_o}}$$

Potencial Eléctrico

- O potencial eléctrico é uma grandeza escalar

- Uma partícula carregada movendo-se num campo eléctrico de um ponto A→ B sofre uma diferença de potencial (ddp) ΔV:

$$\boxed{\Delta V = \frac{\Delta U}{q_o} = -\int_A^B \vec{E}\,.d\vec{r}}$$

- No caso partícular de um campo eléctrico uniforme o potencial eléctrico é dado por:

$$\Delta V = V_B - V_A = -E_x\,\Delta x$$

A unidade do potencial é o Volt (V)

1 N/C = 1 V/m

Potencial Eléctrico

- Podemos generalizar a expressão anterior para todas as variáveis , as componentes X, Y e Z do campo eléctrico

$$\Delta V = V_B - V_A = -E_x \, \Delta x$$

- $E_x = -\dfrac{\Delta V}{\Delta x}$ ou $\boxed{E_x = -\dfrac{dV}{dx}}$

$$1 \text{ N/C} = 1 \text{ V/m}$$

Uma unidade de energia electrostática muito utilizada em Física é o electrão-volt, que é definido como a energia de um electrão quando é acelerado por uma ddp de 1 volt

$$1 \text{ eV} = 1.60 \times 10^{-19} \text{ J}$$

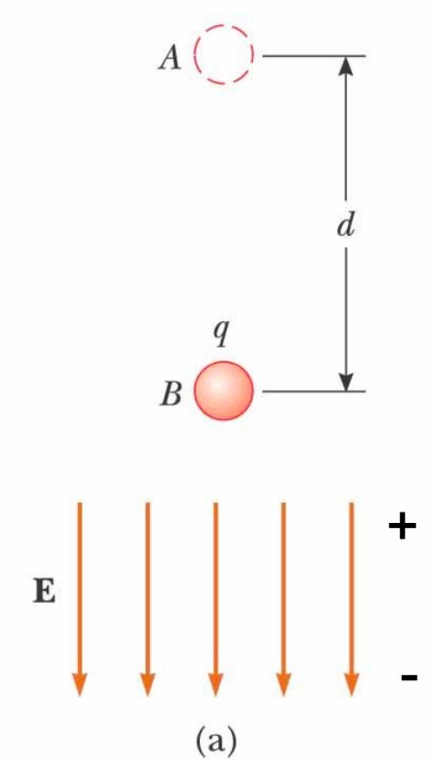
Potencial Eléctrico e direcção do campo E

- No caso de o campo E ser uniforme a ddp entre dois pontos A e B:

$$\Delta V = V_B - V_A = -E_x \, \Delta x$$

- O sinal – significa que o potencial eléctrico no ponto B é menor do que no ponto A

O sentido do campo eléctrico é das cargas + para as -.



Potencial Eléctrico de uma carga pontual

- Se definirmos o potencial eléctrico de uma carga pontual no infinito como sendo zero (ponto A), então o potencial num ponto é dado por:

O potencial é + se q +
O potencial é - se q -

$$\boxed{V = k_e \frac{Q}{r}}$$

- Se usarmos a equação que permite obter o módulo do campo eléctrico a partir do potencial

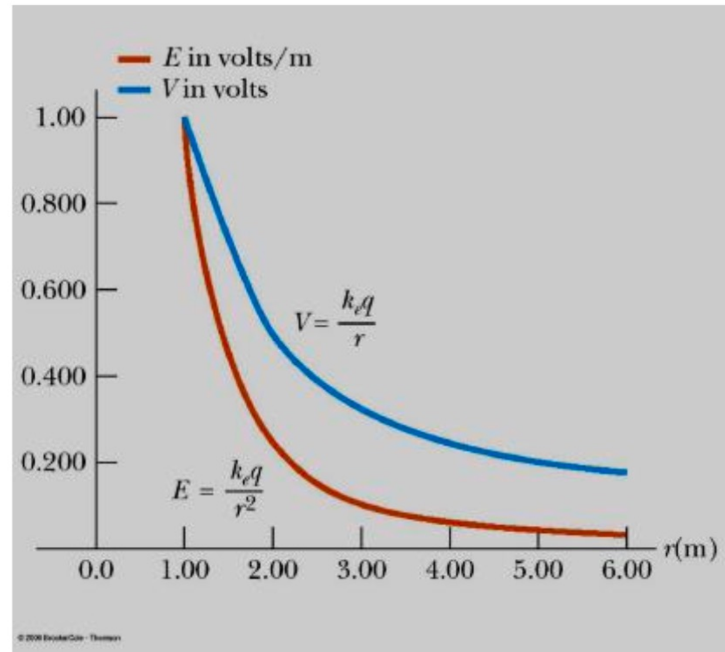
$$E = -\frac{dV}{dr} \Rightarrow E = k_e \frac{Q}{r^2}$$

Campo Eléctrico e potencial eléctrico de cargas pontuais

- Para uma carga pontual:

o campo eléctrico é proporcional a $1/r^2$

O potencial eléctrico é proporcional a $1/r$



Campo Eléctrico para múltiplas cargas

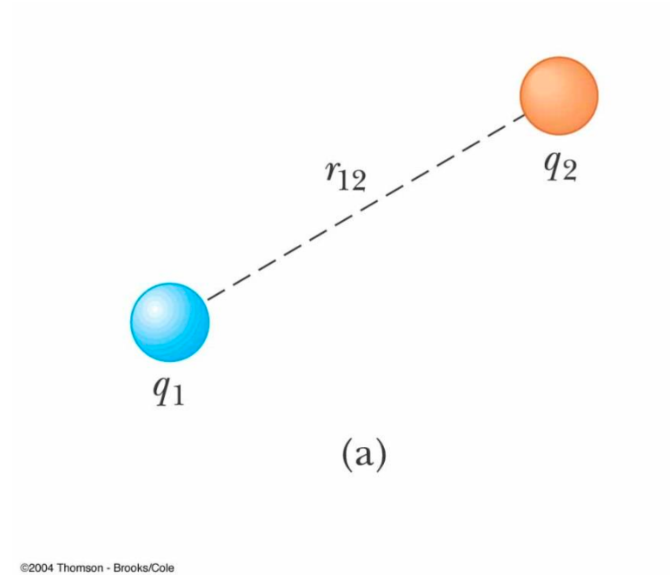
- Se tivermos várias cargas o potencial eléctrico é a soma algébrica dos potenciais criados por cada carga (+ se a carga for + ; - se a carga for -)

$$V = k_e \sum_i \frac{q_i}{r_i}$$

Energia Potencial Eléctrica para múltiplas cargas

- Se tivermos duas cargas eléctricas a energia potencial do sistema é:

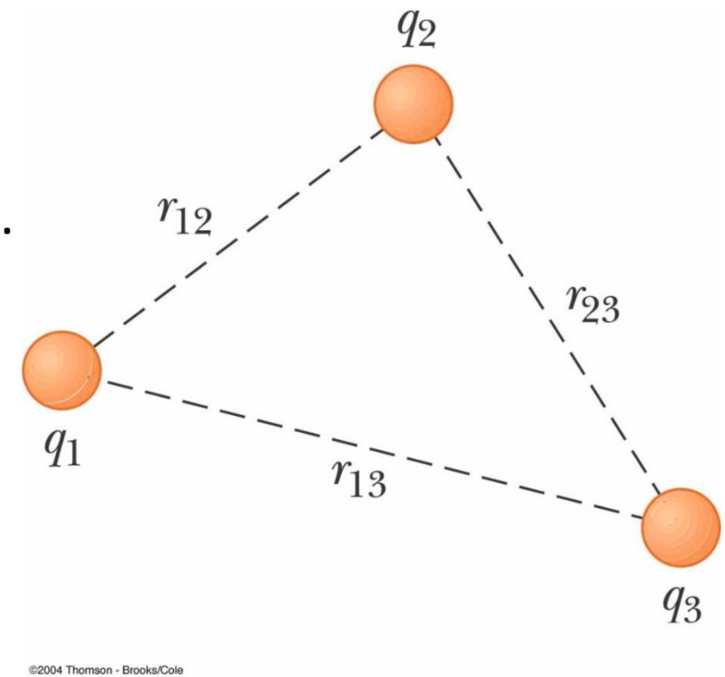
$$U = k_e \frac{q_1 q_2}{r_{12}}$$



Energia Potencial Eléctrica para múltiplas cargas

- Se tivermos mais que duas cargas a energia potencial do sistema é a soma algébrica da energia correspondente a todos os pares, sendo a ordem arbitrária. Para 3 cargas vem:

$$U = k_e\left(\frac{q_1q_2}{r_{12}} + \frac{q_1q_3}{r_{13}} + \frac{q_2q_3}{r_{23}}\right)$$



Equipotenciais

- ✓ Superfícies ou linhas equipotenciais são o conjunto de todos os pontos que têm o mesmo potencial
- ✓ O campo eléctrico é em cada ponto perpendicular à superfície equipotencial que passa nesse ponto.
- ✓ O trabalho realizado para deslocar uma carga ao longo de uma linha equipotencial é zero

Equipotenciais num conductor em equilibrio electrostático

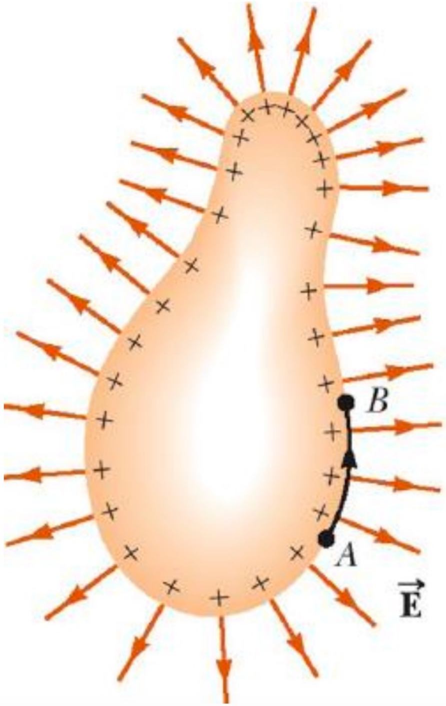
- Um condutor em equilíbrio electrostático é uma superfície equipotencial

- O campo eléctrico não pode mover as cargas ao longo da superfície porque é perpendicular a esta. O trabalho do campo eléctrico ao longo da superfície é nulo
- Logo entre dois pontos da superfície a diferença de potencial é zero

$$W_{ele}=-q(V_B-V_A)=0$$

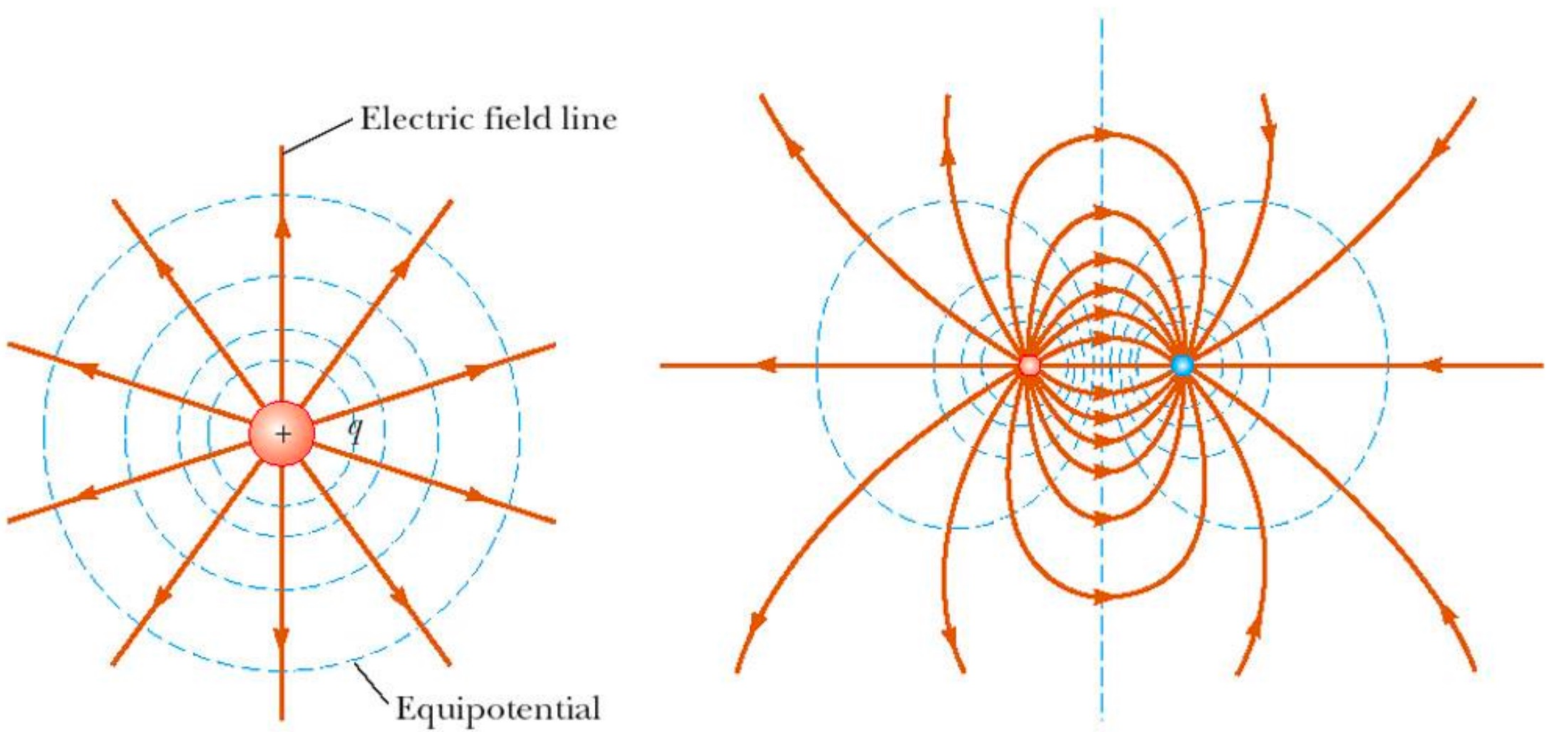
$$V_A-V_B=0$$

- A superfície do condutor é uma superfície equipotencial.



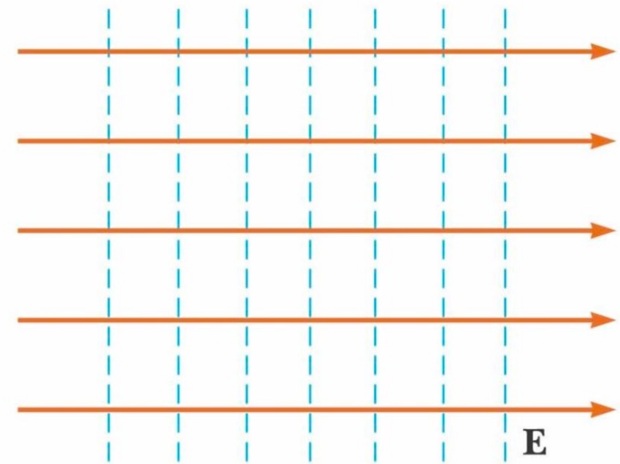
Equipotenciais de cargas pontuais

- As linhas equipotenciais são as linhas azuis



Equipotenciais para um plano infinto de carga

- Linhas equipotenciais a azul



(a)

EXAMPLE 16.4 Finding the Electric Potential

Goal Calculate the electric potential due to a collection of point charges.

Problem A 5.00-μC point charge is at the origin, and a point charge $q_2 = -2.00\ \mu$C is on the x-axis at (3.00, 0) m, as in Figure 16.8. **(a)** If the electric potential is taken to be zero at infinity, find the total electric potential due to these charges at point P with coordinates (0, 4.00) m. **(b)** How much work is required to bring a third point charge of 4.00 μC from infinity to P?

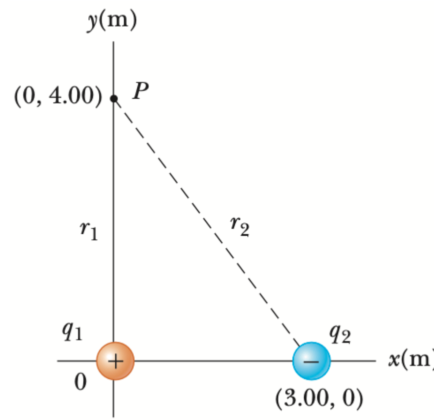


Figure 16.8 (Example 16.4) The electric potential at point P due to the point charges q_1 and q_2 is the algebraic sum of the potentials due to the individual charges.

Strategy (a) The electric potential at P due to each charge can be calculated from $V = k_e q/r$. The total electric potential at P is the sum of these two numbers. (b) Use the work–energy theorem, together with Equation 16.5, recalling that the potential at infinity is taken to be zero.

Solution

(a) Find the electric potential at point P.

Calculate the electric potential at P due to the 5.00-μC charge:

$$V_1 = k_e \frac{q_1}{r_1} = \left(8.99 \times 10^9 \frac{\mathrm{N \cdot m^2}}{\mathrm{C^2}}\right)\left(\frac{5.00 \times 10^{-6}\ \mathrm{C}}{4.00\ \mathrm{m}}\right)$$
$$= 1.12 \times 10^4\ \mathrm{V}$$

Find the electric potential at P due to the -2.00-μC charge:

$$V_2 = k_e \frac{q_2}{r_2} = \left(8.99 \times 10^9 \, \frac{\mathrm{N \cdot m^2}}{\mathrm{C^2}}\right)\left(\frac{-2.00 \times 10^{-6}\,\mathrm{C}}{5.00\,\mathrm{m}}\right)$$
$$= -0.360 \times 10^4\,\mathrm{V}$$

Sum the two numbers to find the total electric potential at P:

$$V_P = V_1 + V_2 = 1.12 \times 10^4\,\mathrm{V} + (-0.360 \times 10^4\,\mathrm{V})$$
$$= \boxed{7.60 \times 10^3\,\mathrm{V}}$$

(b) Find the work needed to bring the 4.00-μC charge from infinity to P.

Apply the work–energy theorem, with Equation 16.5:

$$W = \Delta PE = q_3 \Delta V = q_3(V_P - V_\infty)$$
$$= (4.00 \times 10^{-6}\,\mathrm{C})(7.60 \times 10^3\,\mathrm{V} - 0)$$
$$W = \boxed{3.04 \times 10^{-2}\,\mathrm{J}}$$