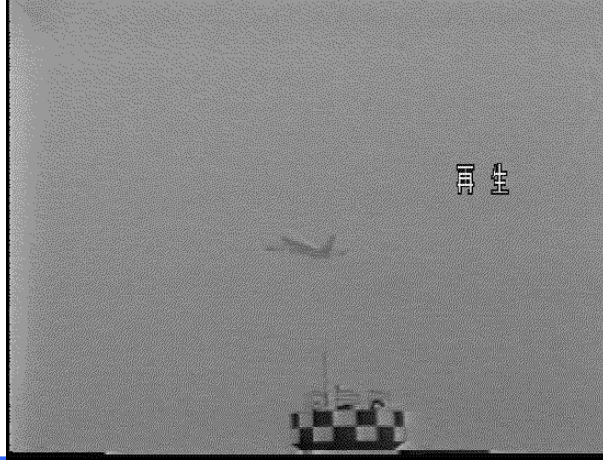




## Energia e potencial eléctrico

Potencial eléctrico criado por cargas pontuais.

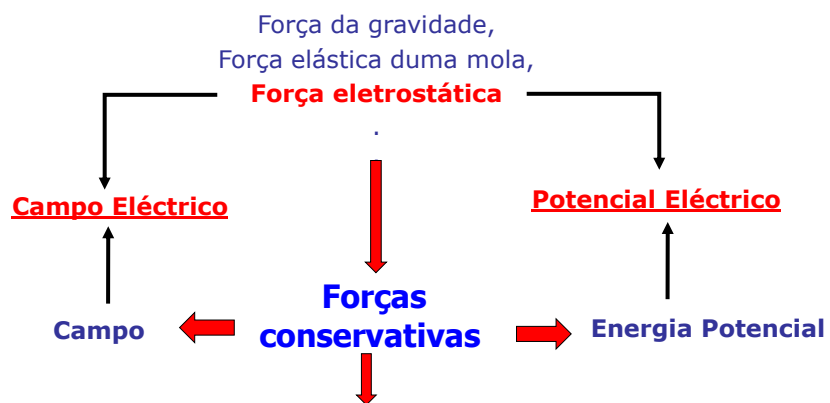
Gradiente do potencial eléctrico.



Cacilda Moura-DFUM

Capítulo 2 (1\_2)

1



**Princípio da Conservação da Energia Mecânica**

$$E_c + U = \text{Constante}$$

Cacilda Moura-DFUM

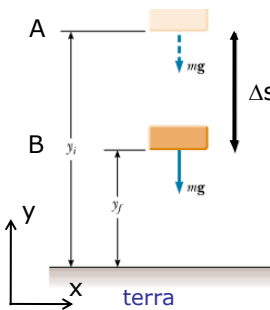
Capítulo 2 (1\_2)

2



## Energia Potencial Gravitacional

Como medir?



$$W_{A \rightarrow B} = \int_A^B \vec{F}_g \cdot d\vec{s} \quad \text{Trabalho do peso}$$

$$W_{A \rightarrow B} = -mg\Delta s \Rightarrow W_{A \rightarrow B} = -mg(y_f - y_i)$$

$$W_{A \rightarrow B} = mgy_i - mgy_f$$

$$W_{A \rightarrow B} = -(U_f - U_i)$$

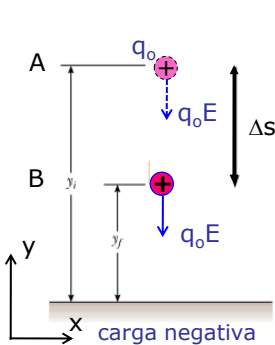
A variação de energia potencial gravitacional é negativa

$$\Delta U = -W_{A \rightarrow B}$$

A variação de energia potencial gravitacional é simétrica do trabalho realizado pelo peso



## Energia Potencial Eléctrica



$$W_{A \rightarrow B} = \int_A^B \vec{F}_e \cdot d\vec{s} \quad \text{Trabalho da força eléctrica}$$

$$W_{A \rightarrow B} = \int_A^B q_0 \vec{E} \cdot d\vec{s} \quad \Delta U = -W_{A \rightarrow B}$$

energia potencial eléctrica

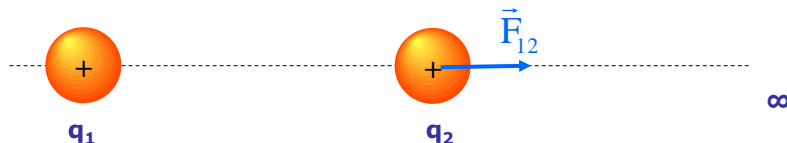
$$\Delta U_{A \rightarrow B} = U_B - U_A = -W_{A \rightarrow B}$$

$$\Delta U_{A \rightarrow B} = -q_0 \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

A variação de energia potencial eléctrica é negativa



O que acontece à carga  $q_2$ ?



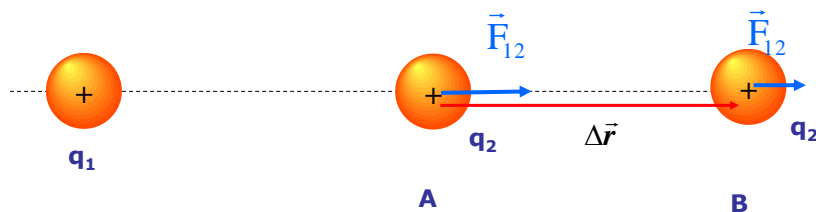
Tendo  $q_1$  e  $q_2$  o mesmo sinal,  $F_{12}$  vai acelerar  $q_2$  até o seu efeito deixar de se sentir ( $\infty$ ).



Havendo deslocamento devido a acção de  $F_{12}$ , esta realiza trabalho. A carga  $q_2$  desloca-se porque tem elevada energia potencial eléctrica. Todo o sistema físico tende a assumir a configuração de energia potencial mínima.



Vamos calcular o trabalho realizado por  $F_{12}$  para levar  $q_2$  da posição **A** até à posição **B**.



O trabalho efectuado sobre  $q_2$  pela força eléctrica  $F_{12}$  é:

$$W_{A \rightarrow B} = \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{s} \quad \text{Neste caso:} \quad \vec{F} \cdot d\vec{r} = F \cdot dr \cdot \cos 0^\circ = F \cdot dr$$



$$W_{A \rightarrow B} = \int_A^B \frac{kq_1q_2}{r^2} \cdot dr \Rightarrow W_{A \rightarrow B} = - \left( \frac{kq_1q_2}{r_B} - \frac{kq_1q_2}{r_A} \right)$$

Energia potencial final
Energia potencial inicial

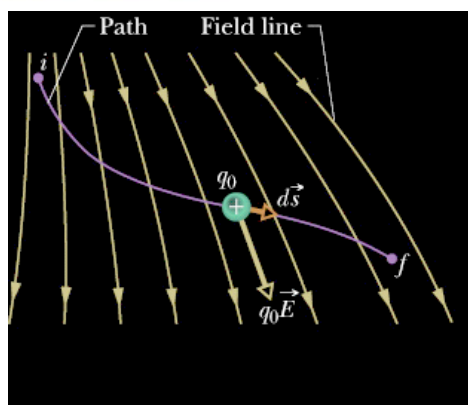
$$W_{A \rightarrow B} = -(U_B - U_A) = -\Delta U_{A \rightarrow B}$$

Nas forças conservativas o trabalho por elas efectuado é simétrico da variação da energia potencial.

A força eléctrica é uma força conservativa.

$$U(r) = k \frac{q_1q_2}{r}$$

Energia potencial do sistema de cargas pontuais  $q_1$  e  $q_2$  à distância  $r$



A força eléctrica é uma força conservativa.



O trabalho realizado pelas forças conservativas não depende do percurso.



$$\Delta U = -W_{i \rightarrow f} \Rightarrow \Delta U_{i \rightarrow f} = U^f - U^i$$



Por conveniência, num sistema de cargas, usa-se como referência a situação em que as cargas estão infinitamente distanciadas umas das outras (e supomos que a energia potencial no infinito é nula).

$$\Delta U_{\infty \rightarrow P} = U^P - U^{\infty} = 0$$

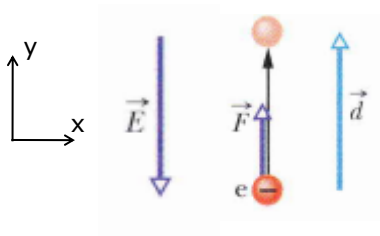
$$U_P = -W_{\infty \rightarrow P}$$

Energia Potencial eléctrica no ponto P associada ao sistemas de cargas.

Trabalho realizado pela **força eléctrica** para “transportar” as cargas do infinito até ao ponto P.



**Exemplo 1:** Próximo da superfície terrestre o campo eléctrico tem uma magnitude  $E=150 \text{ N/C}$  e sentido “para baixo”. Qual a variação da energia potencial eléctrica de um electrão que é libertado nessa região e se move uma distância de 520 m?



$$\Delta U = -1.2 \times 10^{-14} \text{ J}$$



O trabalho realizado pela força eléctrica no transporte de uma carga  $q_o$ , entre duas posições, pode calcular-se facilmente

$$W_{A \rightarrow B} = \int_A^B q_o \vec{E} \cdot d\vec{s} \Leftrightarrow q_o \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

Se duplicarmos o valor de  $q_o$  qual o trabalho realizado?

$$W'_{A \rightarrow B} = 2W_{A \rightarrow B}$$

**O trabalho realizado por unidade de carga é o mesmo**

E o que é que acontece à Energia Potencial?



$$\frac{-W_{A \rightarrow B}}{q_o} \Rightarrow \frac{\Delta U_{A \rightarrow B}}{q_o} = \frac{U_B}{q_o} - \frac{U_A}{q_o} \rightarrow \boxed{V = \frac{U}{q_o}} \quad \begin{array}{l} \text{potencial} \\ \text{eléctrico,} \\ \text{ou} \\ \text{potencial} \end{array}$$

$$\Delta V = V_B - V_A$$

**Diferença de Potencial**

Unidade SI:  $V = J/C$   
Volt = Joule/Coulomb

Qual a relação entre o Potencial num ponto e o Campo Eléctrico nesse ponto?



$$V_B - V_A = \frac{-W_{A \rightarrow B}}{q_o} \Rightarrow V_B - V_A = - \frac{\int_A^B q_o \vec{E} \cdot d\vec{s}}{q_o}$$

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

supondo que o potencial no infinito é nulo

Potencial no ponto P

$$V_P = - \int_{\infty}^P \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

trabalho realizado pelo campo eléctrico no transporte de uma carga unitária e positiva desde o infinito até ao ponto P



Gravitation	Electrostatics
Mass $m$	Charge $q$
Gravitational force $\vec{F}_g = -G \frac{Mm}{r^2} \hat{r}$	Coulomb force $\vec{F}_e = k_e \frac{Qq}{r^2} \hat{r}$
Gravitational field $\vec{g} = \vec{F}_g / m$	Electric field $\vec{E} = \vec{F}_e / q$
Potential energy change $\Delta U = - \int_A^B \vec{F}_g \cdot d\vec{s}$	Potential energy change $\Delta U = - \int_A^B \vec{F}_e \cdot d\vec{s}$
Gravitational potential $V_g = - \int_A^B \vec{g} \cdot d\vec{s}$	Electric Potential $V = - \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{s}$
For a source $M$ : $V_g = - \frac{GM}{r}$	For a source $Q$ : $V = k_e \frac{Q}{r}$
$ \Delta U_g  = mgd$ (constant $\vec{g}$ )	$ \Delta U  = qEd$ (constant $\vec{E}$ )



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

- Diferença de potencial  $\neq$  Energia Potencial
- $\Delta U = q_o \Delta V$  (proporcionais)
- $\Delta U$  é um escalar  $\Rightarrow \Delta V$  é um escalar
- $\Delta U$  é simétrico do trabalho realizado pela força eléctrica
- $\Delta V$  é a medida da energia potencial eléctrica por unidade de carga



## Potencial Eléctrico e Energia Potencial Eléctrica

**Potencial eléctrico** de um ponto é uma propriedade escalar associada ao campo eléctrico, independentemente de uma carga eléctrica estar ou não colocada nesse ponto, mede-se em J/C ou V.

**Energia potencial eléctrica** é a energia associada a um objecto carregado colocado num campo eléctrico exterior ou mais correctamente a energia associada a um sistema constituído pelo objecto carregado e o campo exterior; mede-se em J.