

# **ELETTROSTATICA**

- ✓ *CARICA ELETTRICA E FORZA DI COULOMB*
- ✓ *CAMPO ELETTROSTATICO*
- ✓ *ENERGIA POTENZIALE ELETTROSTATICA*
- ✓ *POTENZIALE ELETTRICO*

*A. A. 2014 - 2015*

*Fabrizio Boffelli*

# CARICA ELETTRICA e FORZA di COULOMB

4<sup>a</sup> grandezza fondamentale :



carica elettrica  $Q, q$

(\*)

dimensioni  $[Q] = [i] [t]$

• unità di misura S.I.

coulomb (C)  $\equiv$  ampere  $\times$  secondo (\*)

(\*) nel S.I. la grandezza fondamentale elettrica é la corrente elettrica ( $i = \Delta q / \Delta t$ ) la cui unità é l'**ampere**

# CARICA ELETTRICA e FORZA di COULOMB

- legge di Coulomb

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi \epsilon_0 \epsilon_r} \frac{q_1 q_2}{r^2} \frac{\vec{r}}{r}$$

$\epsilon_0$  = costante dielettrica del vuoto =  $8.86 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2\text{N}^{-1}\text{m}^{-2}$

$\epsilon_r$  = costante del mezzo relativa al vuoto

$G \approx 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ kg}^{-2} \text{ N m}^2$  (forza di gravità)  
(sensibile per masse molto grandi)

$\frac{1}{4\pi \epsilon_0} \approx 9 \cdot 10^9 \text{ C}^{-2} \text{ N m}^2$  (forza elettrostatica)  
(materia quasi sempre neutra !!!)

# CARICA ELETTRICA e FORZA di COULOMB

- legge di Coulomb

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi \varepsilon_0 \varepsilon_r} \frac{q_1 q_2}{r^2} \frac{\vec{r}}{r}$$

$\varepsilon_0$  = costante dielettrica del vuoto =  $8.86 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2\text{N}^{-1}\text{m}^{-2}$

$\varepsilon_r$  = costante del mezzo relativa al vuoto

- forza **attrattiva** per cariche di segno opposto
- forza **repulsiva** per cariche di segno uguale

# CARICA ELETTRICA e FORZA di COULOMB

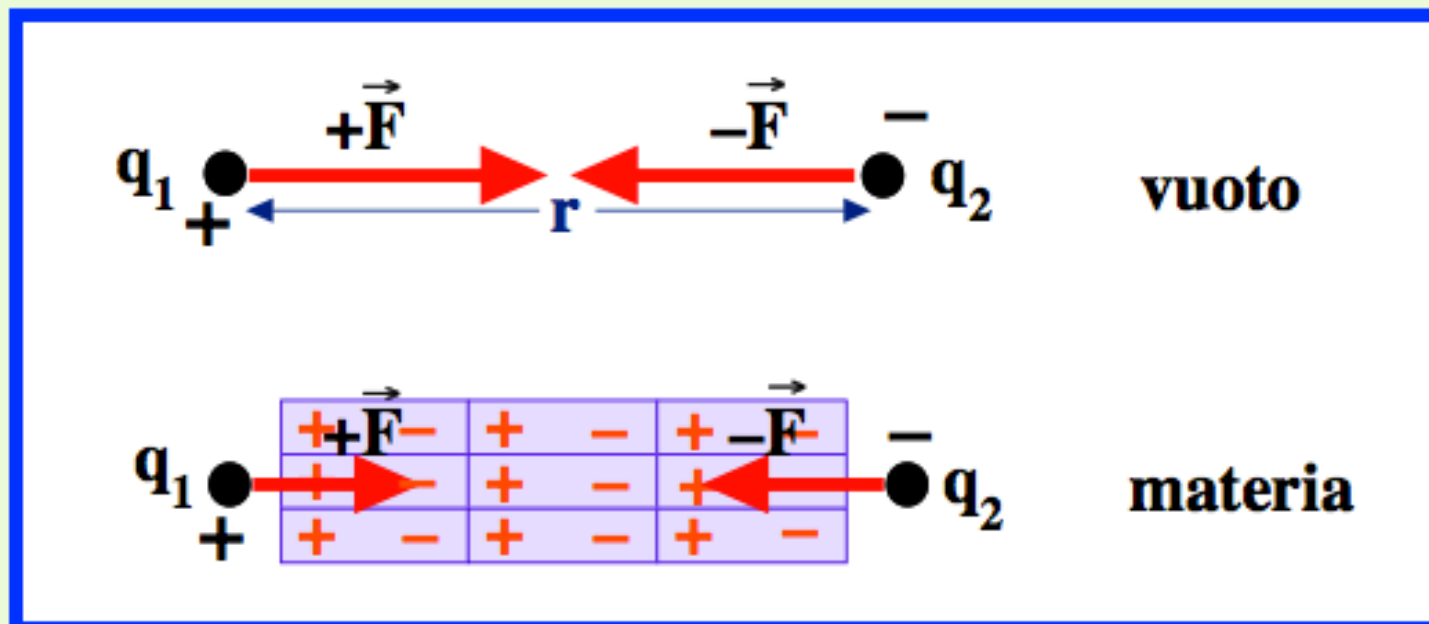
- legge di Coulomb

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi \epsilon_0 \epsilon_r} \frac{q_1 q_2}{r^2} \frac{\vec{r}}{r}$$

$\epsilon_r = 1$  nel vuoto

$\epsilon_r > 1$  nella materia

esempio  $\epsilon_r$  (H<sub>2</sub>O)  $\approx 80$



# CAMPO ELETTROSTATICO

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi \epsilon_0 \epsilon_r} \frac{q Q}{r^2} \frac{\vec{r}}{r}$$

(cariche elettriche puntiformi)  
**q unitaria positiva**

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

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi \epsilon_0 \epsilon_r} \frac{Q}{r^2} \frac{\vec{r}}{r}$$

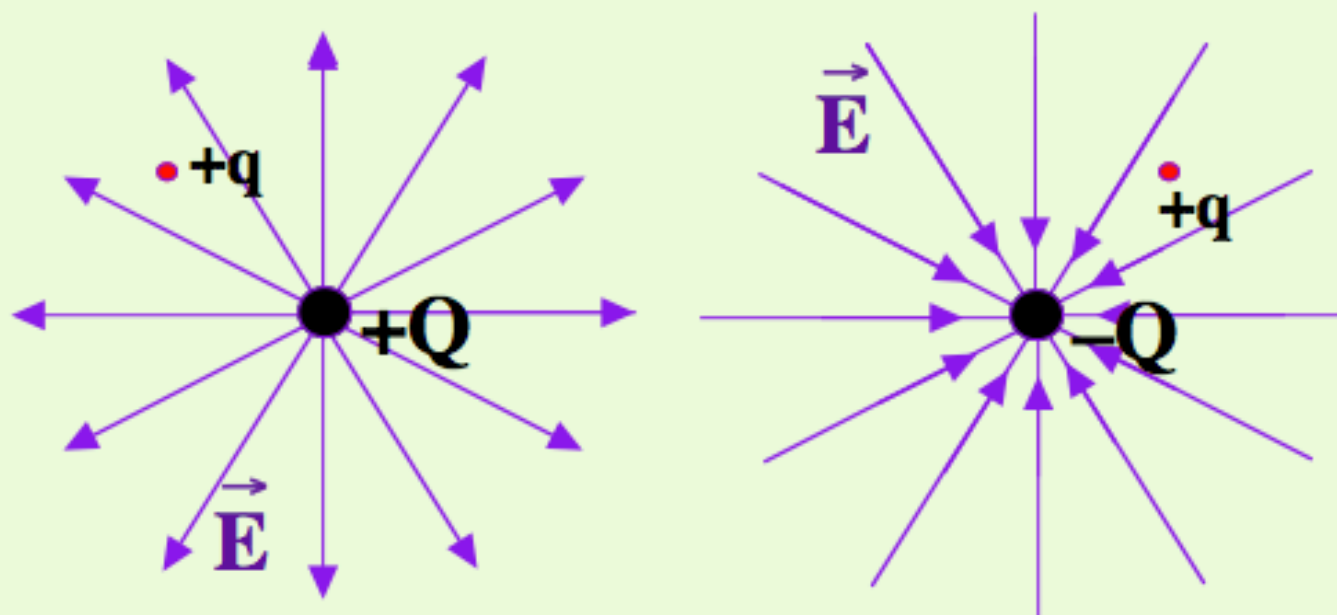
- unità di misura: S.I. newton coulomb<sup>-1</sup> (N C<sup>-1</sup>)

# CAMPO ELETTROSTATICO

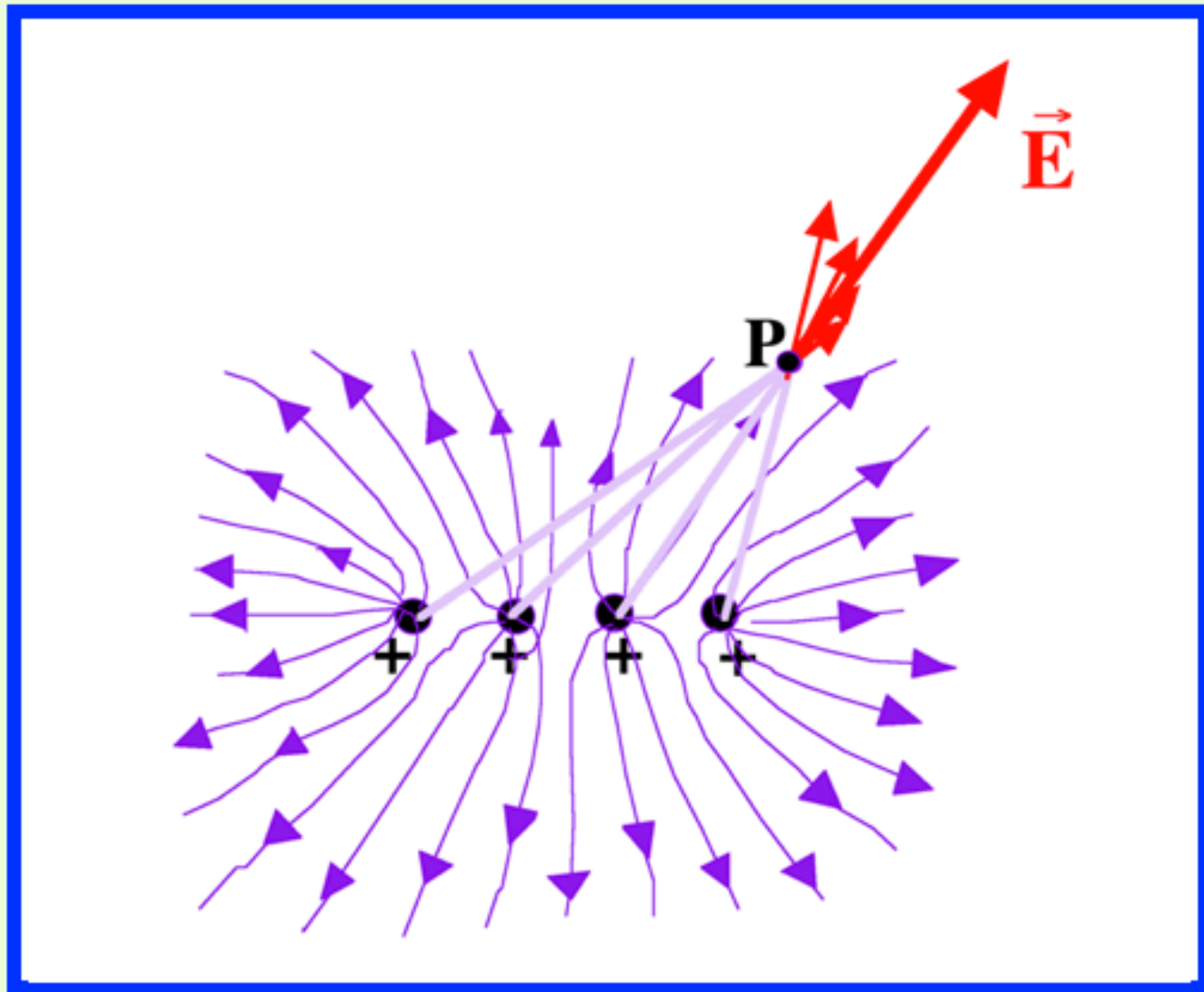
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi \epsilon_0 \epsilon_r} \frac{Q}{r^2} \frac{\vec{r}}{r}$$

$q$  unitaria positiva

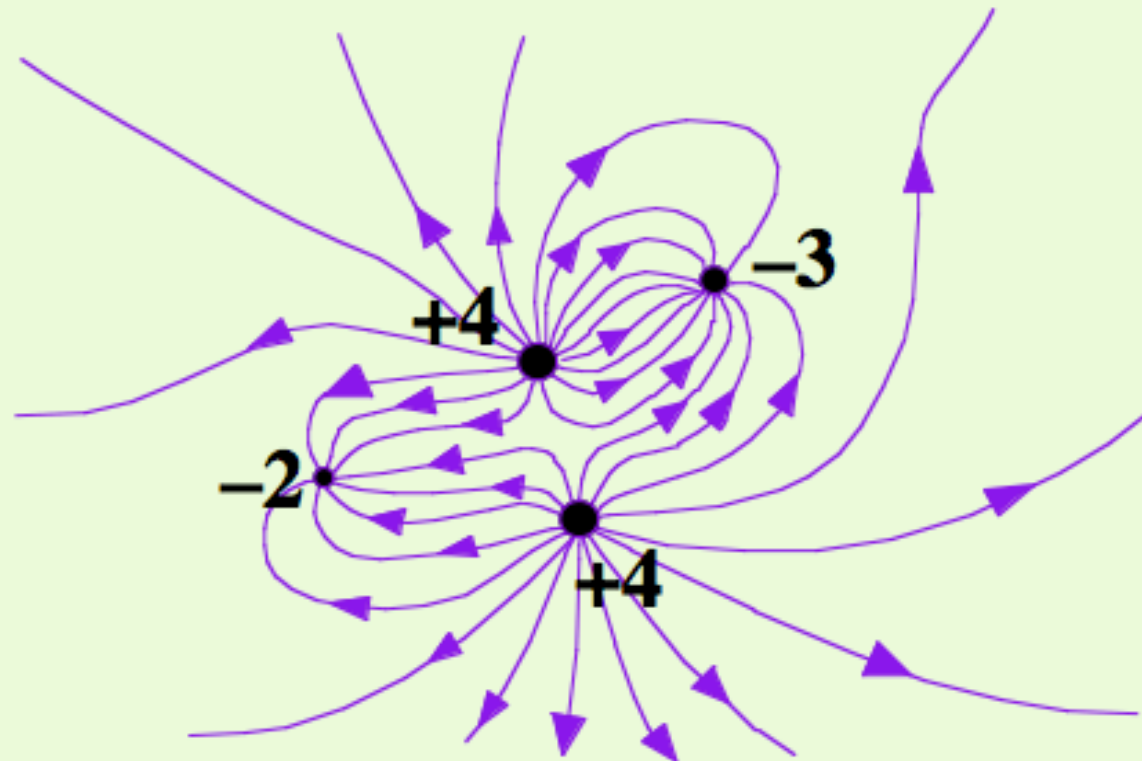


# CAMPO ELETTROSTATICO





# CAMPO ELETTROSTATICO

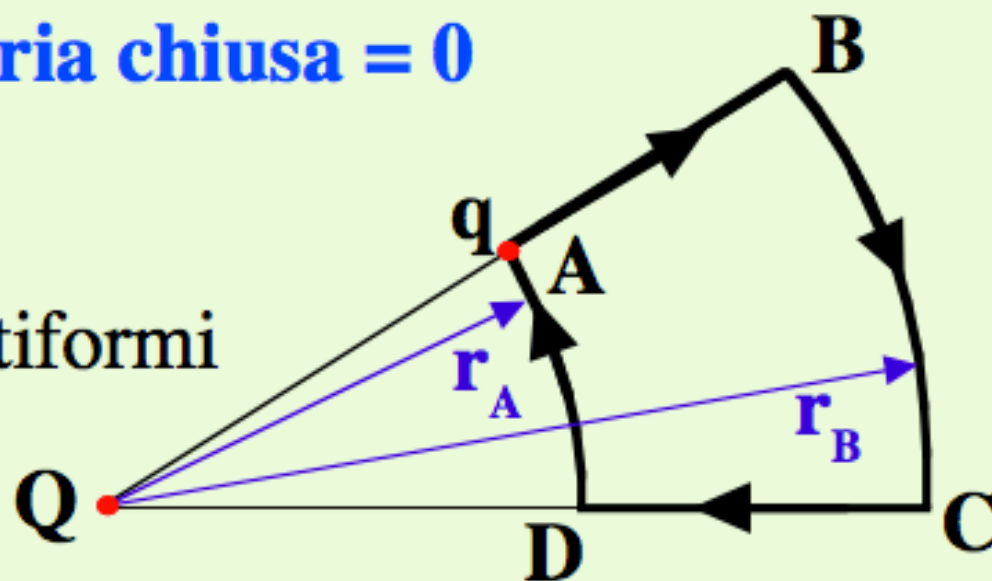


# ENERGIA POTENZIALE ELETTROSTATICA

campo di forze conservativo ?

lavoro  $L$  lungo traiettoria chiusa = 0

- cariche elettriche puntiformi

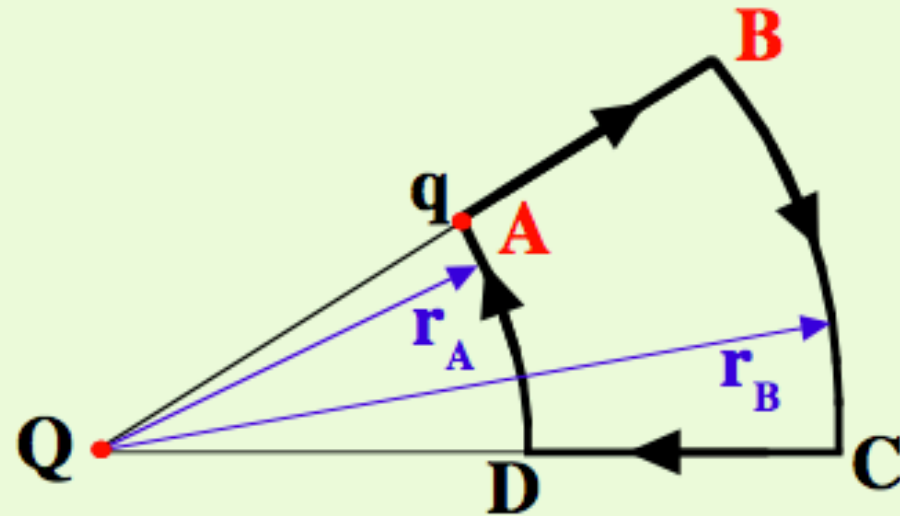


$$L = \sum_{ABCD} \vec{F} \cdot \vec{\Delta s} = L_{ABCD} = L_{AB} + L_{BC} + L_{CD} + L_{DA} = 0$$

forza elettrostatica:

**conservativa**

# ENERGIA POTENZIALE ELETTROSTATICA



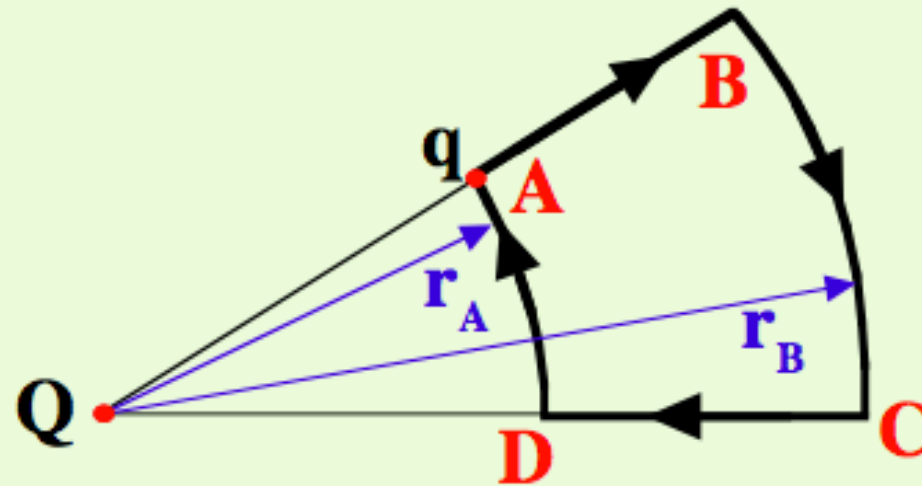
$$L_{AB} = \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r} \left[ \frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} \right]$$



# ENERGIA POTENZIALE ELETTROSTATICA

- $L_{BC} = 0$

- $L_{DA} = 0$



- $L_{CD} = \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r} \left[ \frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A} \right] = -L_{AB}$

$$\begin{aligned} L_{ABCD} &= L_{AB} + L_{BC} + L_{CD} + L_{DA} = \\ &= L_{AB} + 0 - L_{AB} + 0 = 0 \end{aligned}$$

forza elettrostatica : **conservativa**

# ENERGIA POTENZIALE ELETTROSTATICA

$$L_{AB} = \frac{q Q}{4\pi \varepsilon_0 \varepsilon_r} \frac{1}{r_A} - \frac{q Q}{4\pi \varepsilon_0 \varepsilon_r} \frac{1}{r_B} = U(r_A) - U(r_B)$$

$$U(r) = \frac{q Q}{4\pi \varepsilon_0 \varepsilon_r} \frac{1}{r}$$

**funzione energia potenziale elettrostatica**  
(cariche elettriche puntiformi)

$$\vec{F} = - \text{grad } U(r)$$

# POTENZIALE ELETTRICO

$$V = \frac{U}{q}$$

carica puntiforme:

$$V(\mathbf{r}) = \frac{U(\mathbf{r})}{q} = \frac{Q}{4\pi \varepsilon_0 \varepsilon_r} \frac{1}{r}$$

differenza di potenziale elettrico (d.d.p.)

$$\Delta V = V_B - V_A = -\frac{L_{AB}}{q}$$

$$B \rightarrow \infty \rightarrow V_B = 0$$

$$V_A = -\frac{L_{A\infty}}{q}$$

# POTENZIALE ELETTRICO

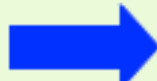
$$V = \frac{U}{q}$$

**carica puntiforme:**

$$V(\mathbf{r}) = \frac{U(\mathbf{r})}{q} = \frac{Q}{4\pi \epsilon_0 \epsilon_r} \frac{1}{r}$$

dimensioni  $[M][L]^2[t]^{-2}[Q]^{-1} = [M][L]^2[t]^{-1}[i]$

- unità di misura S.I. volt (V) =  $\frac{\text{joule}}{\text{coulomb}}$

legame fra campo elettrico e potenziale elettrico: 

# CAMPO ELETTRICO e POTENZIALE ELETTRICO

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

$$\Delta U = q \mathbf{E} \Delta x = q \Delta V$$



- ◆ modulo :  $\mathbf{E} = \frac{\Delta V(\mathbf{r})}{\Delta r}$
- ◆ direzione : **moto +q**
- ◆ verso : **V decrescenti**





# CAMPO ELETTRICO e POTENZIALE ELETTRICO

modulo :  $\mathbf{E} = \frac{\Delta V(\mathbf{r})}{\Delta r}$

- unità di misura del campo elettrico S.I. :

$$\frac{\text{newton}}{\text{coulomb}} (\text{N C}^{-1}) = \frac{\text{volt}}{\text{metro}} (\text{V m}^{-1})$$

- unità di misura pratica di energia  
(scala atomica)

$$\text{elettron Volt (eV)} = \underbrace{1.6 \cdot 10^{-19} \text{C}}_e \quad 1 \text{ V} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$



# ElettronVolt

$$\text{Volt} = \frac{\text{Joule}}{\text{Coulomb}}$$



$$\text{Joule} = \text{Coulomb} \cdot \text{Volt}$$



Lavoro = Energia = Carica elettrica • Potenziale elettrico

Unità di misura pratica di energia su scala atomica:  
energia di 1 elettrone in una d.d.p. di 1 V

$$\text{elettronVolt (eV)} = \underbrace{(1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C})}_{e} \cdot (1 \text{ V}) = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$e \rightarrow$  carica elettrone

$$1 \text{ eV} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J} \quad \rightarrow \quad 1 \text{ J} = 1 / (1.6 \cdot 10^{-19}) \text{ eV} = 6.25 \cdot 10^{18} \text{ eV}$$