

# ELETTROSTATICA

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

Lucidi del Prof. D. Scannicchio

# 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

*caratteristiche:*

- positiva (+), negativa (-)
- Q multipla intera carica elettrica elementare

$$e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

- conservazione della carica elettrica

- azioni di forza tra cariche elettriche:

**forza di Coulomb (da legge di Coulomb)** 



# 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

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

$\epsilon_0$  = 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

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



# CARICA ELETTRICA e FORZA di COULOMB

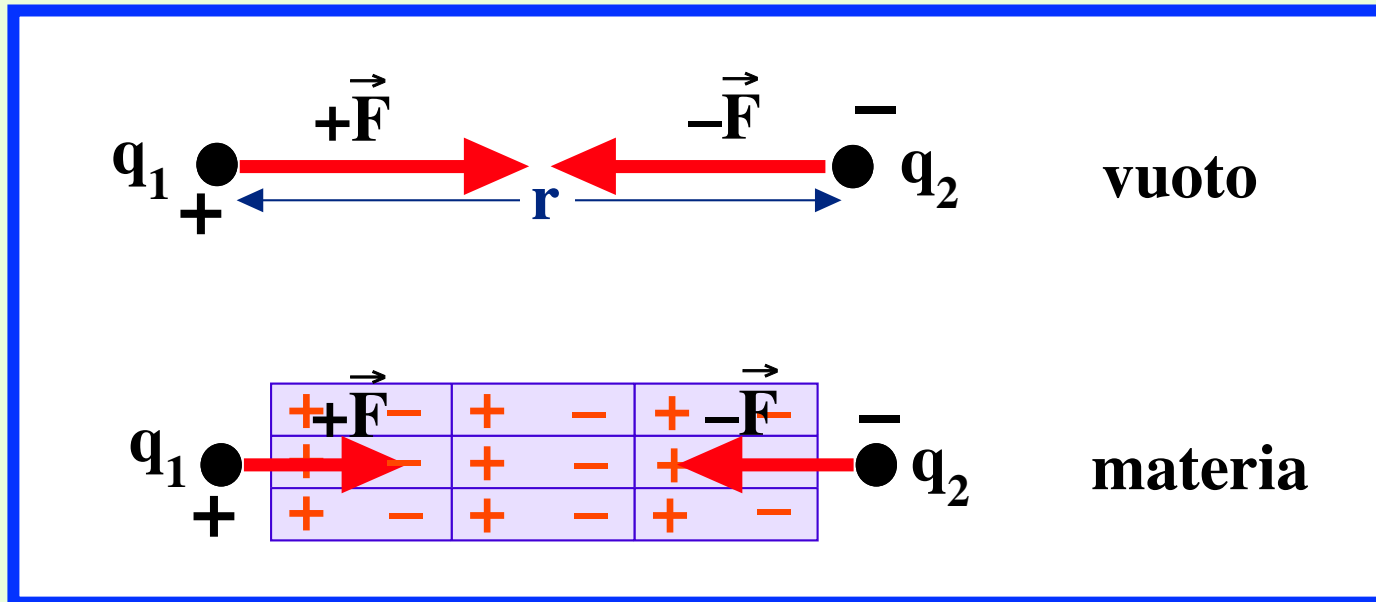
## • legge di Coulomb

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

$\epsilon_r = 1$  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**

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

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

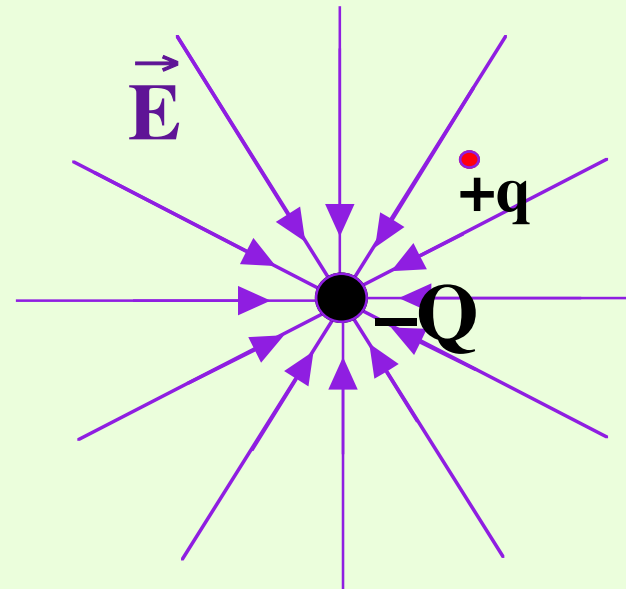
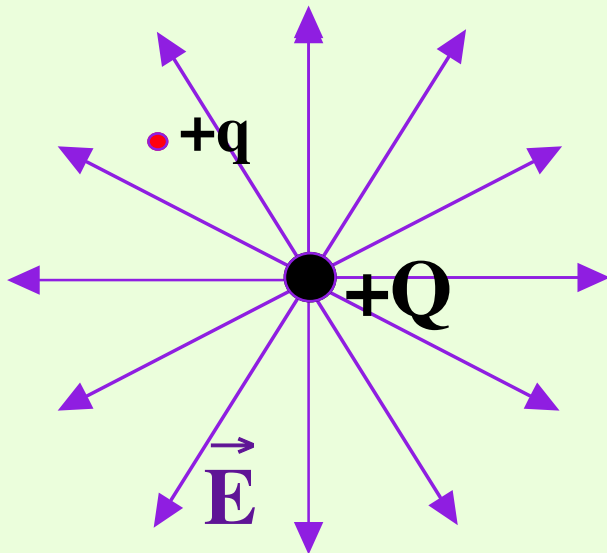
- unità di misura: S.I. newton coulomb<sup>-1</sup> (N C<sup>-1</sup>)

# CAMPO ELETTROSTATICO

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

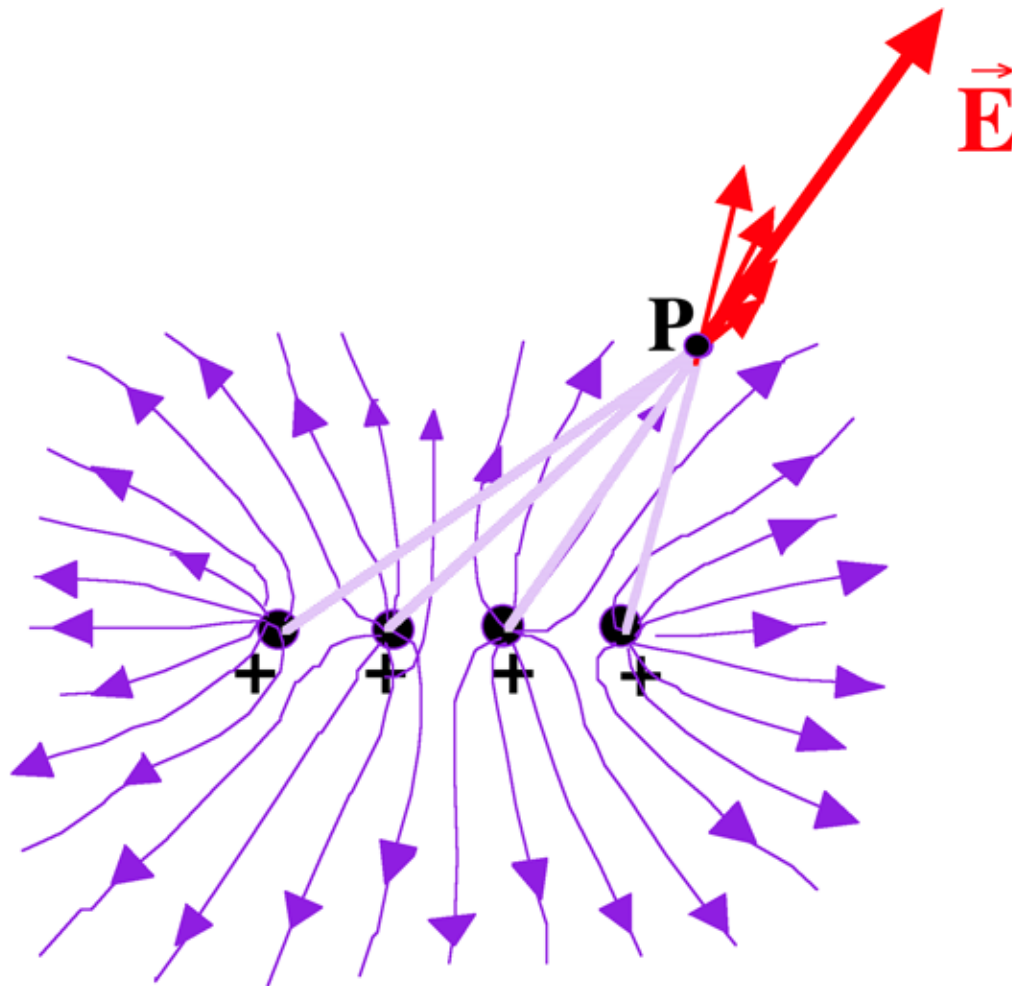
$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi \epsilon_0 \epsilon_r} \frac{Q}{r^2} \frac{\vec{r}}{r}$$

$q$  unitaria positiva





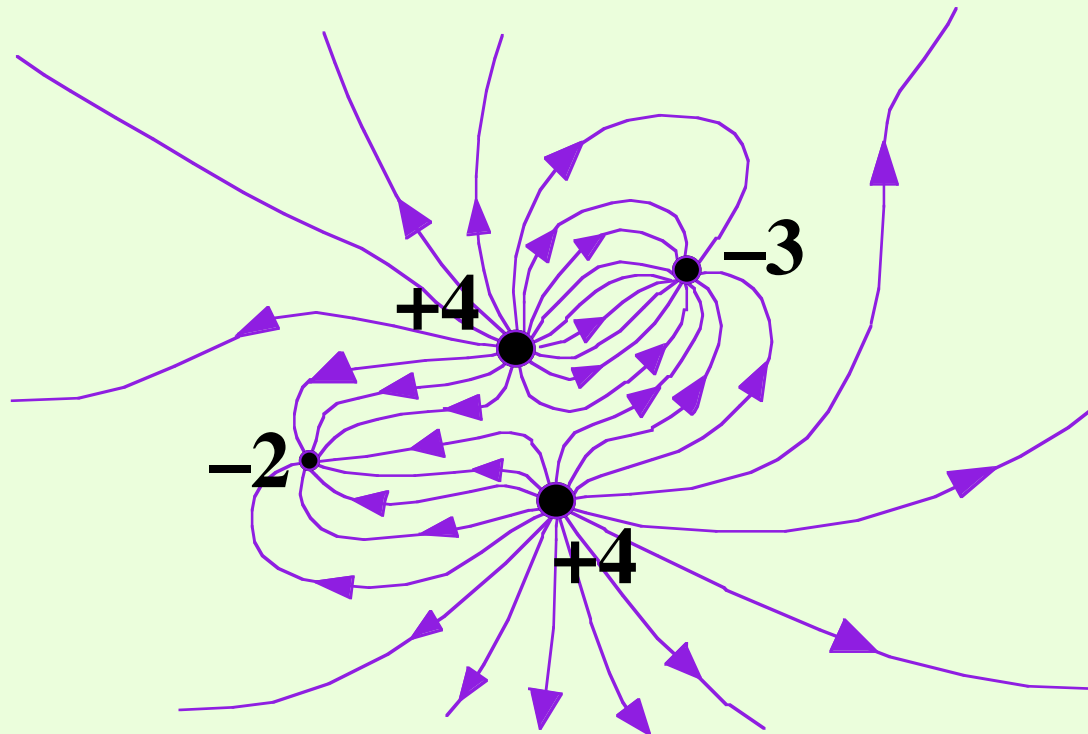
# CAMPO ELETTROSTATICO



Principio di sovrapposizione del campo elettrico  
(somma vettoriale dei contributi di ciascuna carica)



# CAMPO ELETTROSTATICO



Principio di sovrapposizione del campo elettrico  
(somma vettoriale dei contributi di ciascuna carica)

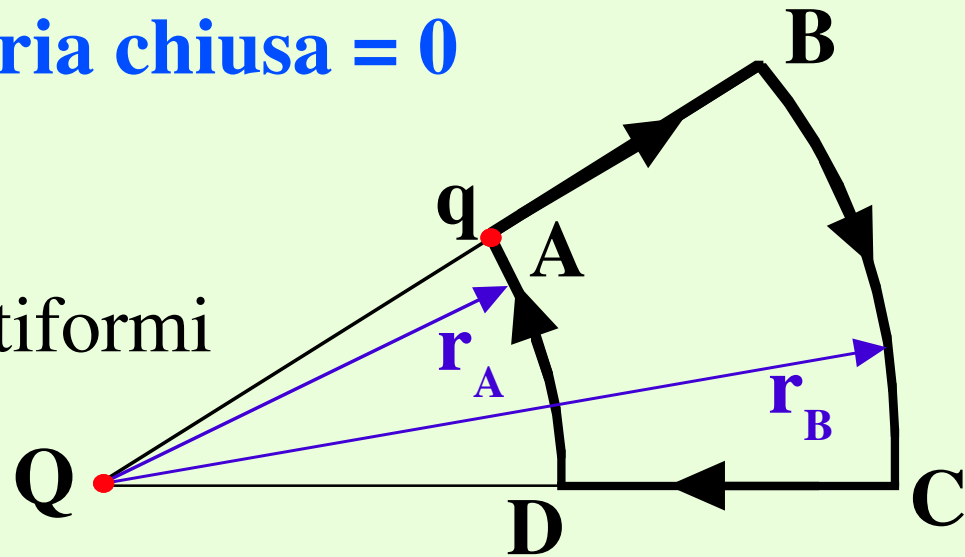


# ENERGIA POTENZIALE ELETTROSTATICA

campo di forze conservativo ?

lavoro  $L$  lungo traiettoria chiusa = 0

- cariche elettriche puntiformi

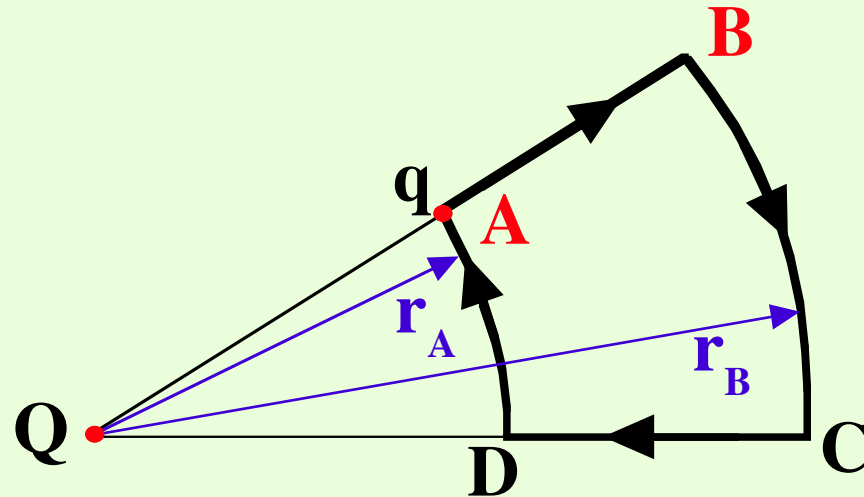


$$L = \sum_{ABCD} \vec{F} \cdot \vec{\Delta s} = L_{ABCD} = L_{AB} + L_{BC} + L_{CD} + L_{DA} = 0$$

forza elettrostatica:

**conservativa**

# ENERGIA POTENZIALE ELETTROSTATICA



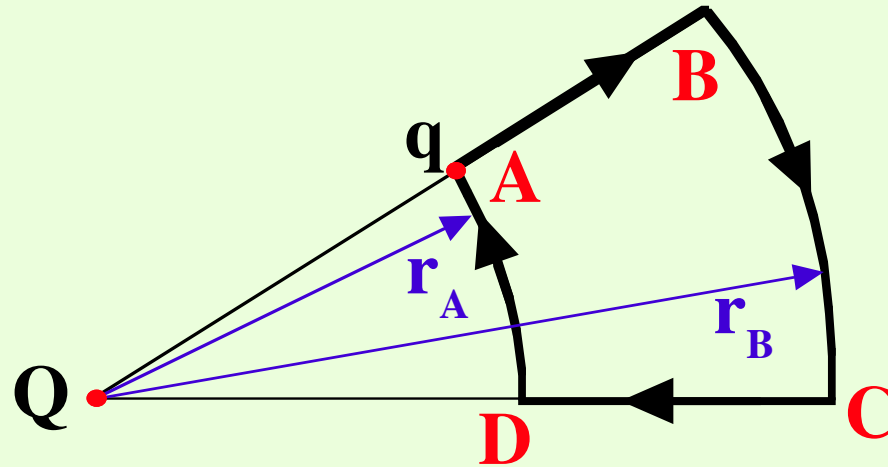
$$L_{AB} = \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r} \left[ \frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} \right]$$



# 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)

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

$$F = - \frac{\Delta U}{\Delta r} \rightarrow - \frac{dU}{dr}$$



# 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.)

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

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

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

d.d.p. tra A e B = lavoro cambiato di segno compiuto dal campo elettrico per portare una carica unitaria positiva da A a B.

# POTENZIALE ELETTRICO

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

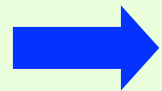
**carica puntiforme:**

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

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

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

legame fra campo elettrico e potenziale elettrostatico:





# CAMPO ELETTRICO e POTENZIALE ELETTRICO

campo di forza conservativo

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

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

$$\vec{E} = -grad V(r)$$

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



# CAMPO ELETTRICO e POTENZIALE ELETTRICO

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

- 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)

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

