

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^a 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

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

ϵ_0 = costante dielettrica del vuoto = $8.86 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2\text{N}^{-1}\text{m}^{-2}$

ϵ_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

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

ϵ_0 = costante dielettrica del vuoto = $8.86 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2\text{N}^{-1}\text{m}^{-2}$

ϵ_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

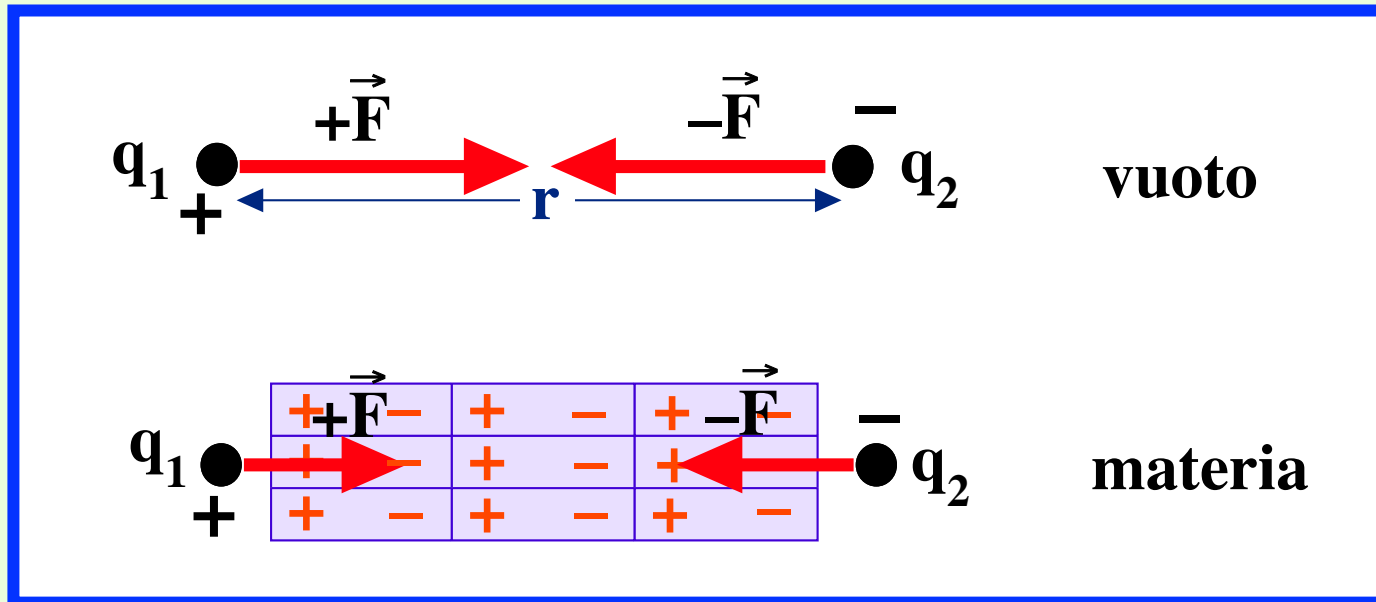
- legge di Coulomb

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

$\epsilon_r = 1$ nel vuoto

$\epsilon_r > 1$ nella materia

esempio ϵ_r (H₂O) ≈ 80



CAMPO ELETTROSTATICO

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

(cariche elettriche puntiformi)
q unitaria positiva

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

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi \varepsilon_0 \varepsilon_r} \frac{Q}{r^2} \frac{\vec{r}}{r}$$

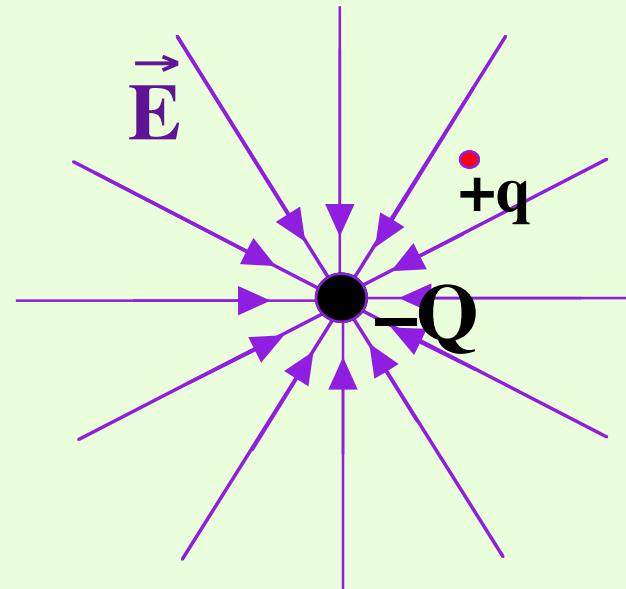
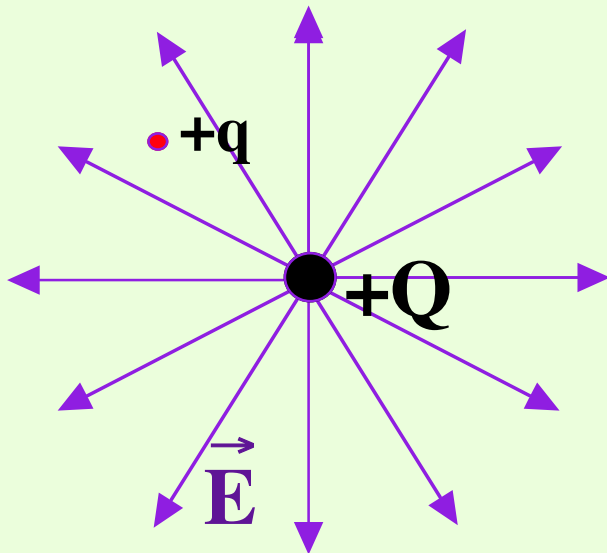
- unità di misura: S.I. newton coulomb⁻¹ (N C⁻¹)

CAMPO ELETTROSTATICO

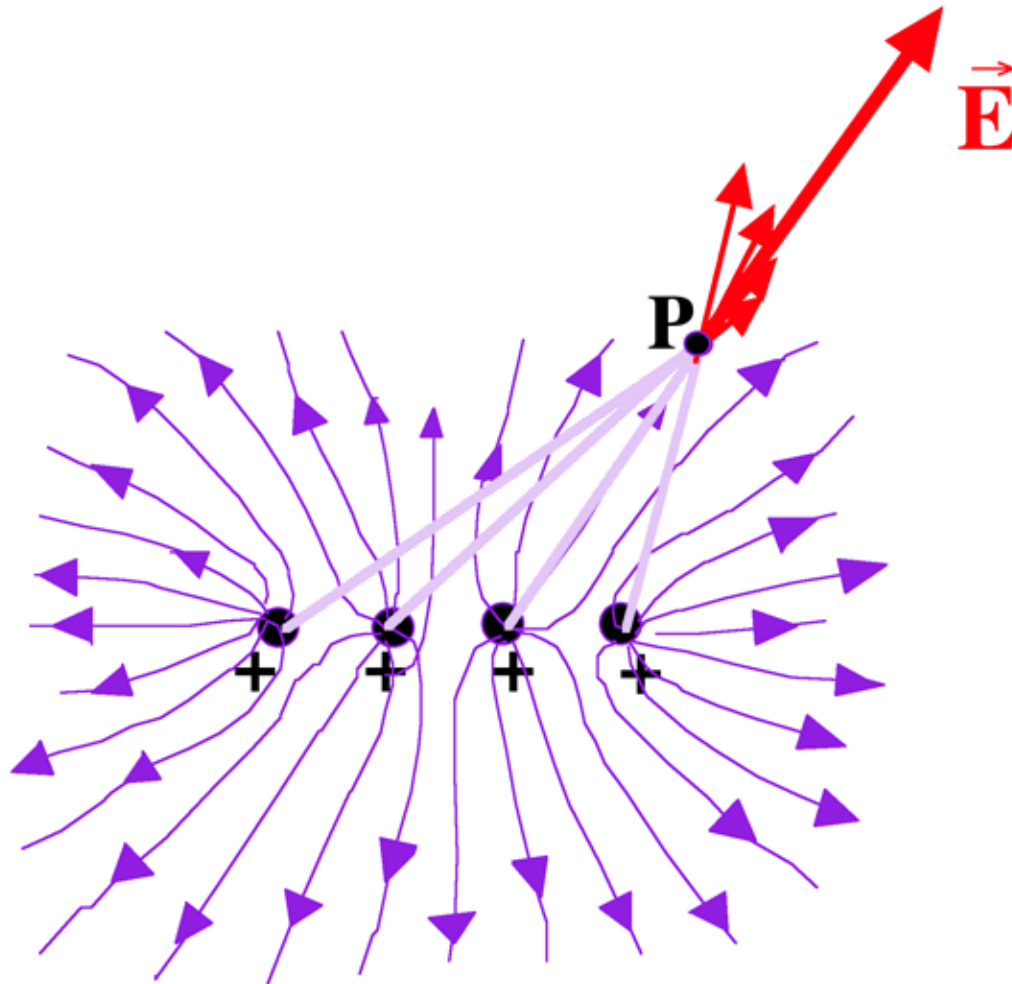
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

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

q unitaria positiva



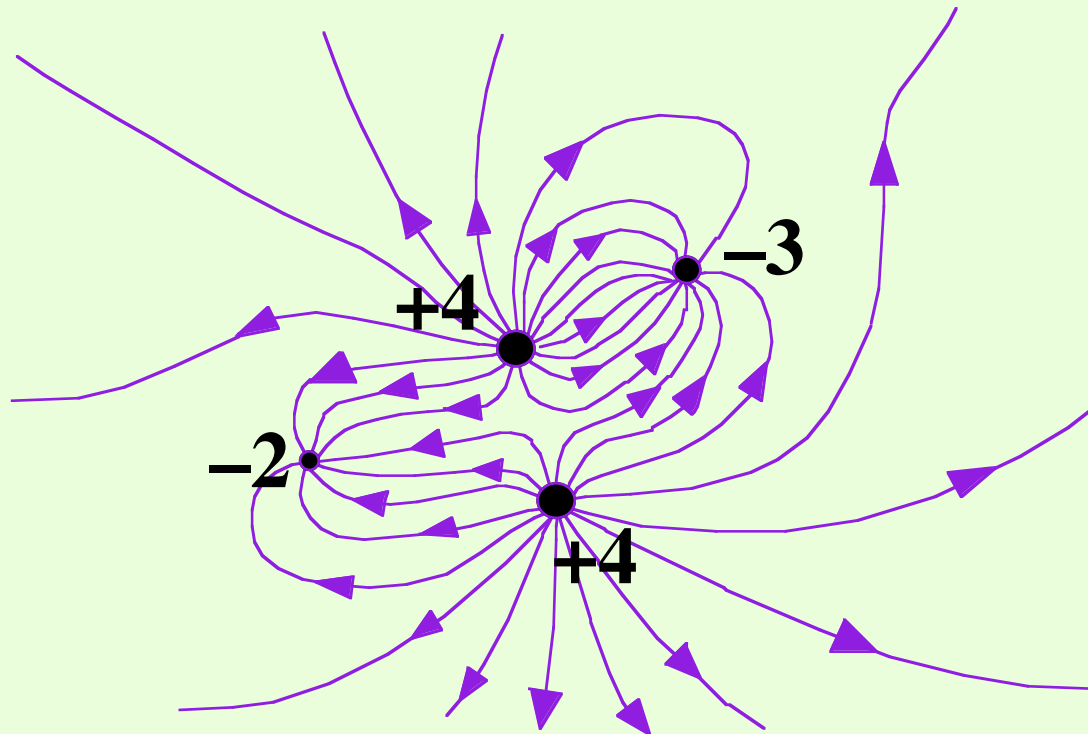
CAMPO ELETTROSTATICO



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)

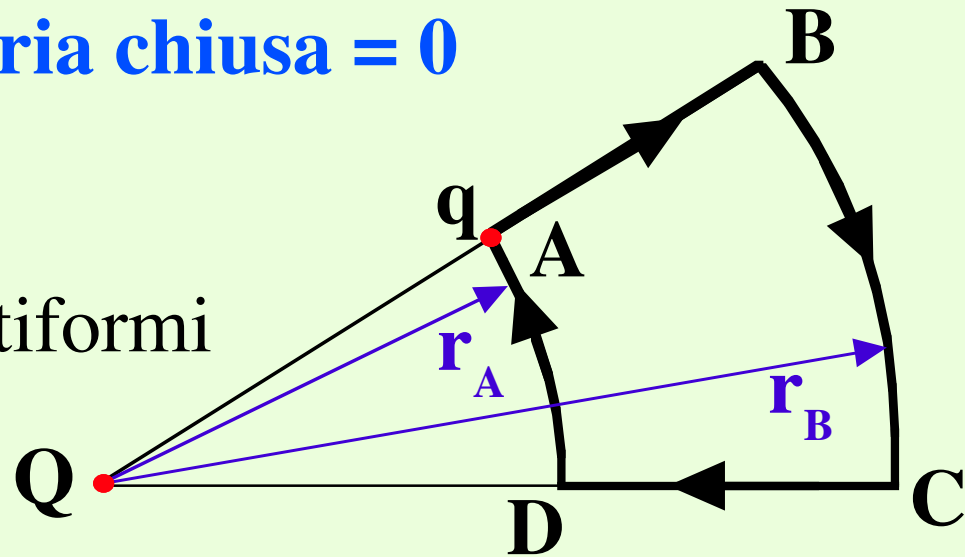


ENERGIA POTENZIALE ELETTROSTATICA

campo di forze conservativo ?

lavoro L lungo traiettoria chiusa = 0

- cariche elettriche puntiformi

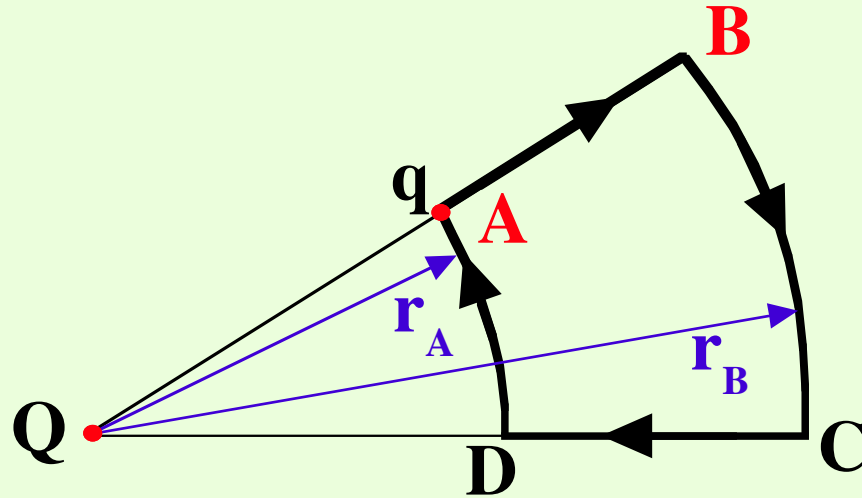


$$L = \sum_{ABCD} \vec{F} \cdot \vec{\Delta s} = L_{ABCD} = L_{AB} + L_{BC} + L_{CD} + L_{DA} = 0$$

forza elettrostatica:

conservativa

ENERGIA POTENZIALE ELETTROSTATICA



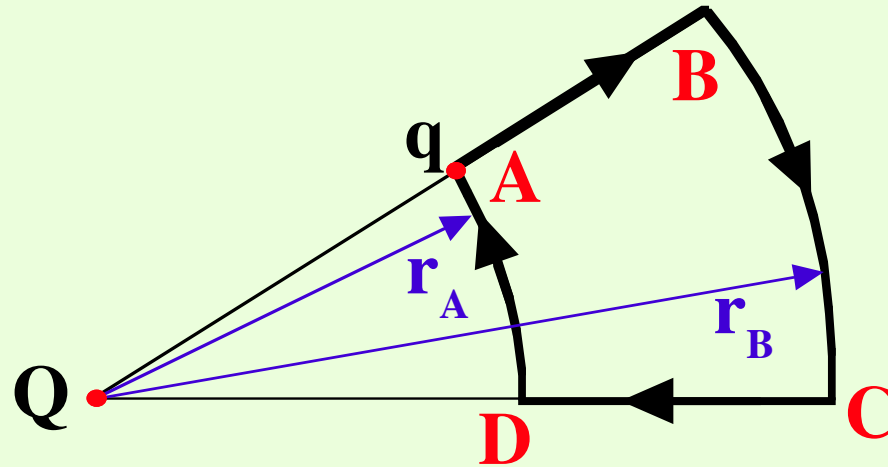
$$L_{AB} = \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r} \left[\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} \right]$$



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. ¹⁴

POTENZIALE ELETTRICO

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

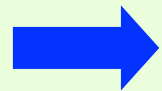
carica puntiforme:

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

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)

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

