

Lezione # 11

29/01/2026

Prossime lezioni:

→ 3/02/2026 } ore 14:00 - 16:30
LEZIONE DI RECUPERO
IN REMOTO AL CINQUE ...

→ 5/02/2026 } SIMULAZIONE SECONDA PROVA
IN ITINERE
IN PRESENZA aula 14

SECONDA PROVA IN ITINERE: 26/02/2026
ORE 14:00

- ELETTROMAGNETISMO -

Nuova forza di interazione



è presente una carica elettrica $\neq 0$

→ una proprietà intrinseca della materia

che dipende dalle presenze di particelle elementari

cariche $\rightarrow e^- ; p^+$

1) La carica elettrica Q è quantizzata:

$$Q = n |e|$$

$\uparrow$
intero di elettroni

multiplo di una carica elementare $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

$$[Q] = \text{Coulomb} = \text{C}$$

- Q è una grandezza scalare

- $Q_{\text{tot}} = \text{carica totale} = \text{somma algebrica delle cariche presenti}$

$$Q_{\text{tot}} = \sum_{i=1}^n Q_i = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n$$

$$Q \begin{cases} > 0 \\ < 0 \end{cases}$$

- A seconda del segno una coppia di cariche

scelte una attrazione o repulsione

$\downarrow$ $\hookrightarrow$

Q sono di Q sono dello
segno opposto stesso segno

Elettrostatica ($Q \Rightarrow \vec{v} = \vec{0}$)

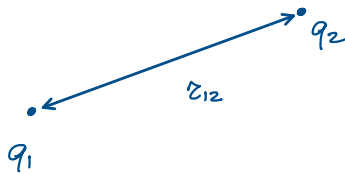
- Forza elettrostatica

Una carica deforma l'universo generando un campo elettrostatico in modo tale da indurre cariche risante di questa deformazione

pendenze canoniche risente di queste deformazioni

↳ forze attrattive o repulsive a seconda
del segno delle cariche

↳ Forza?



$$F_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_1||q_2|}{r_{12}^2}$$

costante dielettrica del vuoto
dipende dal mezzo in cui sono immerse le
cariche

se siamo nel vuoto $\rightarrow \epsilon_0$

ma se siamo in un mezzo differente $\rightarrow \epsilon_0 \epsilon_r$
costante dielettrica relativa

$$F_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_1||q_2|}{r_{12}^2}$$

$\downarrow$ mezzo $\downarrow$ Moduli delle cariche
 $\downarrow$ distanza di quadrato

$$F_{12} \propto |q_1||q_2|$$

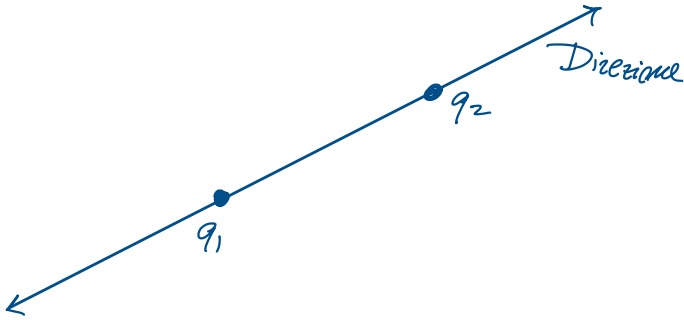
$$F_{12} \propto \frac{1}{r_{12}^2}$$

La Forza di Coulomb è $\vec{F}_{12}$!

Se il modulo $F_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_1| |q_2|}{r_{12}^2}$

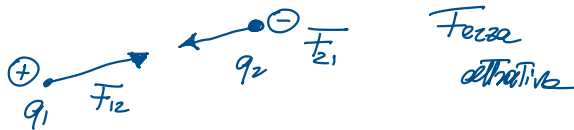
la direzione e verso?

Direzione: lungo la retta congiungente le due cariche



Verso:

a) q_1 e q_2 segno opposto



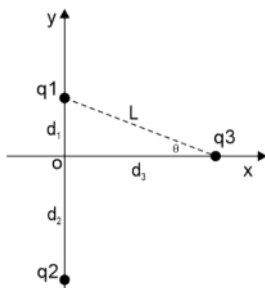
b) q_1 e q_2 stesso segno



$[F_{\text{compone}}] = \sqrt{!!!}$

Esercizio:

1. La Forza di Coulomb esercitata dalla carica q_2 sulla carica q_1 .
2. Disegnare le linee di forza dei campi elettrici generati dalle 3 cariche.
3. Il modulo del campo elettrico totale generato da q_1 e q_2 solamente (trascurare la presenza della carica q_3) nel punto O.
4. La distanza lungo l'asse y in cui il campo elettrico calcolato al pto 3 sia nullo.
5. Il modulo del campo elettrico nell'origine degli assi quando si considera anche q_3 .



1)

Diagram showing two positive point charges, q_1 and q_2 , on a vertical line. q_1 is above q_2 . Distances d_1 and d_2 are marked from a central point. A downward arrow labeled F_{21} is at the bottom.

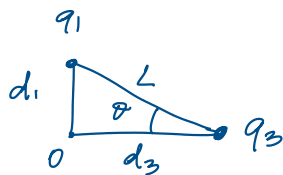
$$F_{21} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{|q_1||q_2|}{z_{12}^2}$$

$\uparrow$ $\hookrightarrow ?$

$$d_2 = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$d_2 = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$d_1 = ?$$



$$\angle \cos \theta = d_3$$

$$\begin{array}{ccc} \angle & \sin \theta & = d_1 \\ \uparrow & \uparrow & \\ \text{Angle} & \text{Sine} & \end{array}$$

$$d_1 = 3 \cdot 10^{-2} \cdot \sin(30^\circ) = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$(d_1 + d_2) = 1,5 \cdot 10^{-2} + 2,5 \cdot 10^{-2} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$F_{21} = (8,98 \cdot 10^9) \cdot \frac{3,2 \cdot 10^{-18} \cdot 3,2 \cdot 10^{-18}}{(4 \cdot 10^{-2})^2}$$

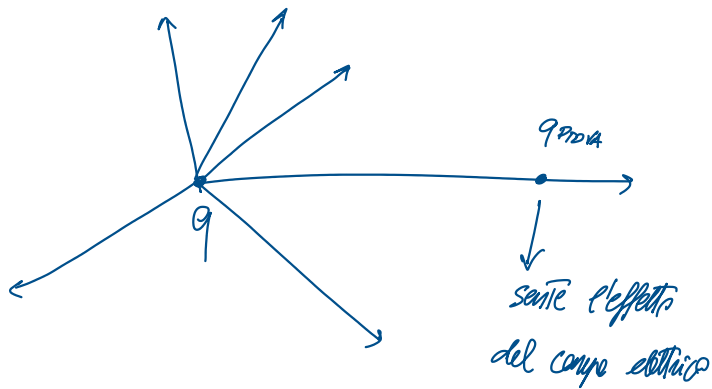
$$= (8,99) (3,2) \frac{10^9 10^{28} 10^4}{4^2 10^4} 10^{-25}$$

$$= \frac{8,99 \cdot 3,2}{16} 10^{-25} =$$

$$F_{21} = 5,7536 \cdot 10^{-25} \text{ N} \approx 6 \cdot 10^{-25} \text{ N} \quad \checkmark$$



- CAMPO ELETTRICO

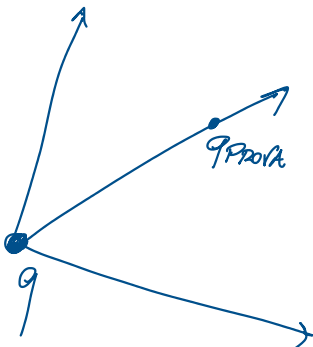


$$E = \frac{F}{q}$$

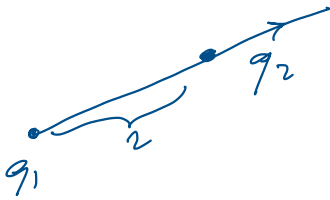
Una forza per unità di carica

$$[E] = \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

Come faccio a calcolare il campo elettrico in un punto?



Se scegliamo una carica $q_{\text{prova}} \ll q \Rightarrow$ il suo $\vec{E}$ sarà trascurabile, se applichiamo questo a q_1, q_2 carica pifome:



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

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2}$$

Modulo del campo elettrico generato da una carica pifome a distanza r

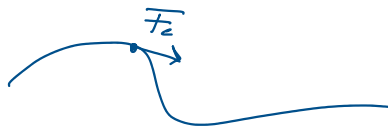
$\vec{E} \rightarrow$ direzione e verso?



LINEE DI FORZA DEL CAMPO ELETTRICO

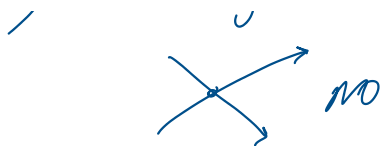
3 proprietà:

1) La tangente ad ogni linea di forza $\Rightarrow F_c$ in quel punto



2) Linee di forza non si intersecano MAI

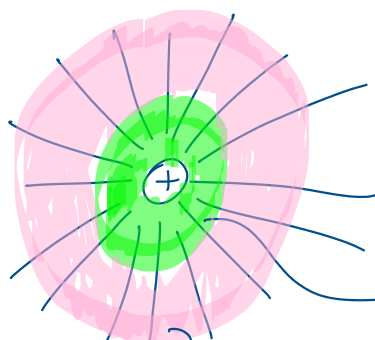
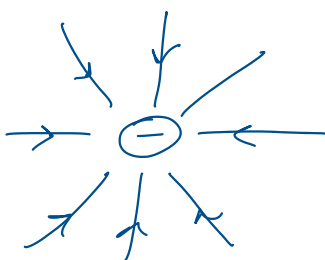
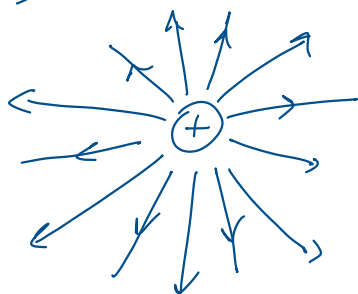




e la densità delle linee è proporzionale all'intensità del campo

3) Linee di forza escono sempre da $\oplus$

ed entrano sempre in $\ominus$



Densità è alto

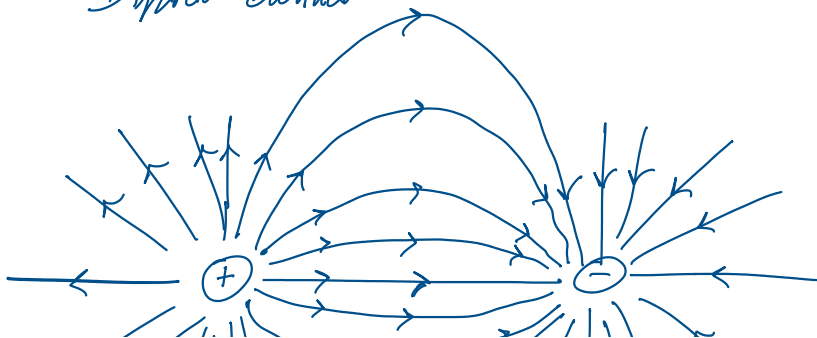


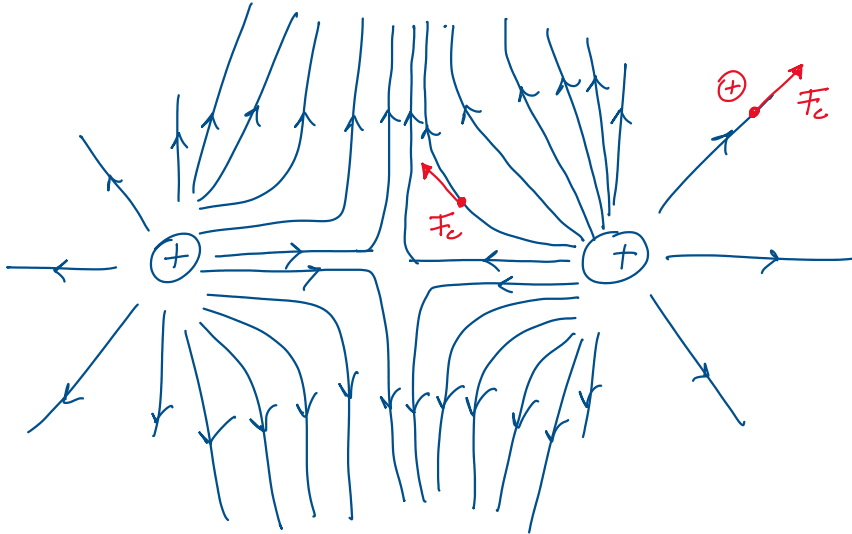
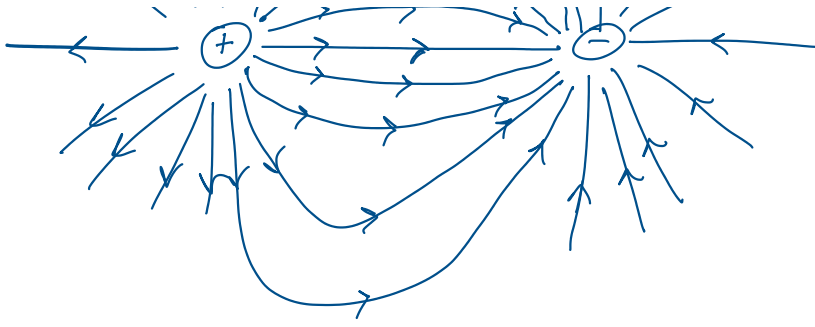
E è alto

Densità + linee $\Rightarrow E$ + linee

Esempio:

Dipolo elettrico

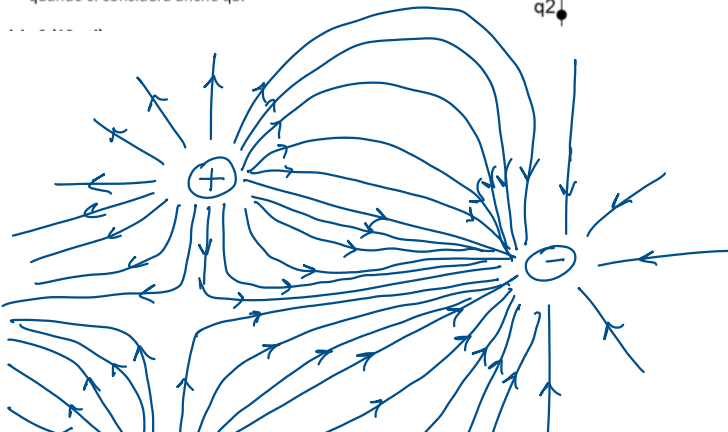
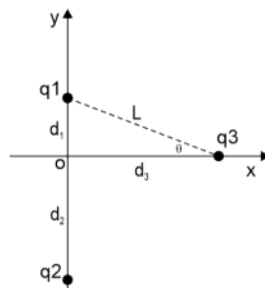


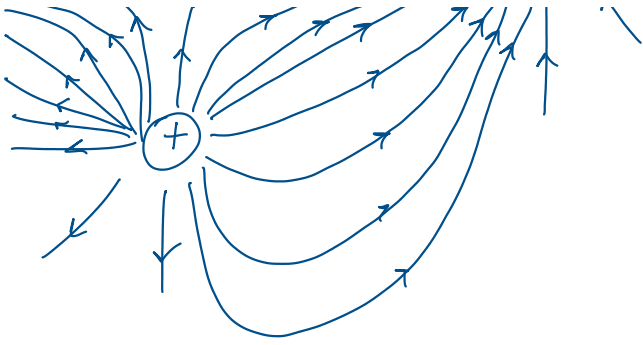


Terminiamo quindi all'esercizio precedente e risolviamo il pto #2

Tre cariche puntiformi q_1 , q_2 e q_3 , sono tenute ferme nella configurazione riportata in figura. Le cariche valgono: $q_1 = q_2 = 3.20 \cdot 10^{-10} \text{ C}$ e $q_3 = -2q_1$. Le cariche q_1 , q_2 e q_3 sono distanti d_1 , d_2 e d_3 dall'origine degli assi O. La lunghezza $L = 3 \text{ cm}$, l'angolo $\theta = 30^\circ$ e $d_2 = 2.5 \text{ cm}$. [Si ricorda che $1/(4\pi\epsilon_0) = 8.99 \cdot 10^9 \text{ N m}^2/\text{C}^2$]. Calcolare:

1. La Forza di Coulomb esercitata dalla carica q_2 sulla carica q_1 .
2. Disegnare le linee di forza dei campi elettrici generati dalle 3 cariche.
3. Il modulo del campo elettrico totale generato da q_1 e q_2 solamente (trascurare la presenza della carica q_3) nel punto O.
4. La distanza lungo l'asse y in cui il campo elettrico calcolato al pto 3 sia nullo.
5. Il modulo del campo elettrico nell'origine degli assi quando si considera anche q_3 .





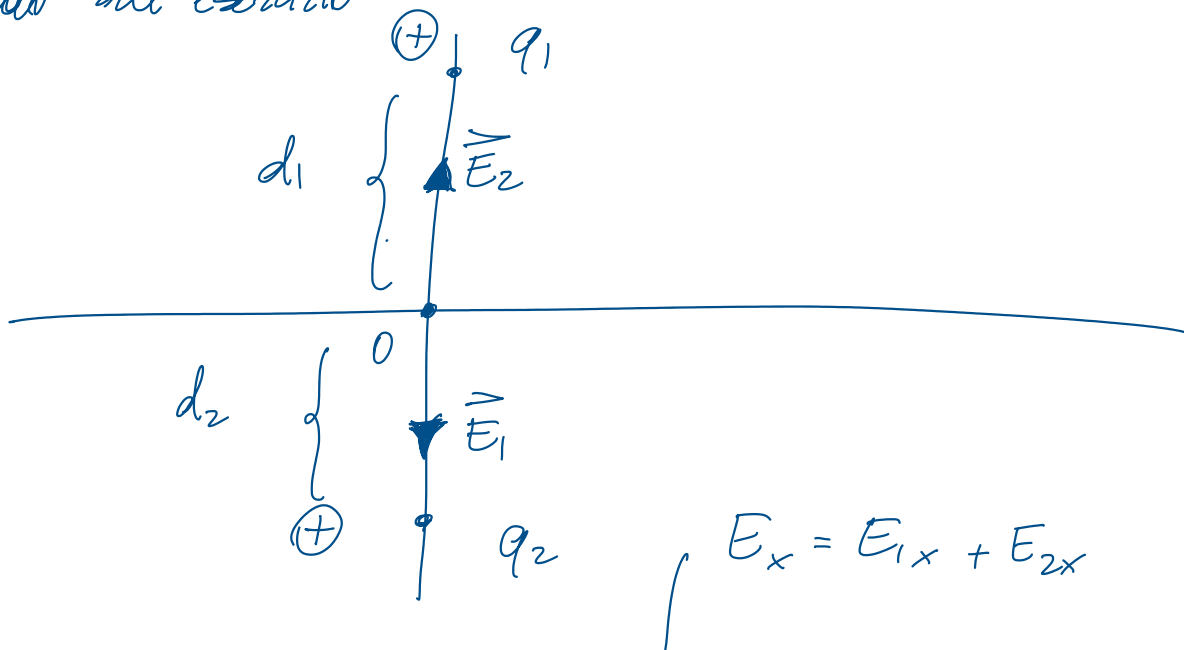
Quando sono presenti diverse cariche come calcolo $\vec{E}_{\text{tot}}$?

$$\vec{E}_{\text{tot}} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n$$

$$\vec{E}_{\text{tot}} = \begin{cases} E_{\text{tot},x} = E_{1x} + E_{2x} + \dots + E_{nx} \\ E_{\text{tot},y} = E_{1y} + E_{2y} + \dots + E_{ny} \end{cases}$$

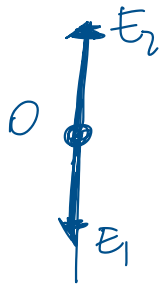
Tomando all'esercizio

3)



$$\vec{E}_{\text{tot}} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 \quad \left\{ \begin{array}{l} E_x = E_{1x} + E_{2x} \\ E_y = E_{1y} + E_{2y} \end{array} \right.$$

$$E_{1x} = 0 ; E_{2x} = 0 \quad \Rightarrow E_x = 0$$



$$E_y = -E_1 + E_2$$

$$E_y = - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{d_1^2} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{d_2^2}$$

$$q_1 = q_2 = q \quad E_y = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left[-\frac{1}{d_1^2} + \frac{1}{d_2^2} \right]$$

$$\left\{ \begin{array}{l} E_x = 0 \\ E_y = 8,99 \cdot 10^9 \cdot 3,2 \cdot 10^{-19} \left[-\frac{1}{(1,5 \cdot 10^{-2})^2} + \right. \end{array} \right.$$

$$+ \frac{1}{(2,5 \cdot 10^{-2})^2} \Big]$$

$$E_x = 0$$

$$E_y = 8,99 \cdot 10^9 \cdot 3,2 \cdot 10^{-19} \cdot 10^4 \left[- \frac{1}{(1,5)^2} + \frac{1}{(2,5)^2} \right]$$

$$= 10^{-6} \cdot 8,99 \cdot 3,2 \left[- \frac{1}{(1,5)^2} + \frac{1}{(2,5)^2} \right]$$

$$E_y = - 8,18 \cdot 10^{-6} \frac{N}{C}$$

$$\begin{cases} E_x = 0 \frac{N}{C} \\ E_y = - 8,18 \cdot 10^{-6} \frac{N}{C} \end{cases}$$

$$|\vec{E}| = \sqrt{E_x^2 + E_y^2} = 8,18 \cdot 10^{-6} \frac{N}{C}$$

$$|\vec{E}| = 8 \cdot 10^{-6} \text{ N/C}$$