Lezione #12

17/01/2025

ELETTROMAGNETISMO

La presenza di una carica elettrica

$\downarrow$

propr. intrinseca della materia

$\downarrow$

la presenza di particelle cariche elementari

q = carica elettrica

$$\begin{cases} e^- & q < 0 \\ p & q > 0 \end{cases}$$

$[q]$ = Coulomb = C

La q è quantizzata $\Rightarrow$ non può assumere valori qualsiasi ma solamente multipli interi di un valore iniziale

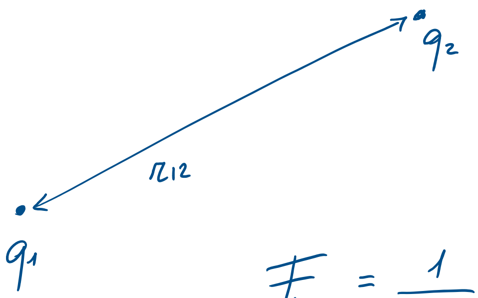
$$q = \underset{\substack{\uparrow \\ \#\text{intero}}}{n} \cdot |e^-|$$

$\hookrightarrow$ carica elettrica di un elettrone

$$|e^-| = 1,9 \; 10^{-19} \; C$$

FORZA DI COULOMB

q_1, q_2 due cariche puntiformi



$$F_{12} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\,\frac{|q_1||q_2|}{r_{12}^2}$$

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

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

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$$

↳ dielettrica del vuoto

il mezzo in cui sono immerse le cariche

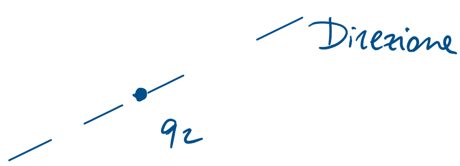
In un mezzo diverso dal vuoto ↳ $\varepsilon_0 \to \varepsilon_0 \varepsilon_r$

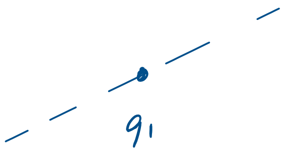
↑ cost. dielettrica relativa

$$[F_c] = N$$

$\vec{F}_c$

- Modulo $F_c = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\,\frac{q_1 q_2}{r_{12}^2}$
- Direzione e verso?

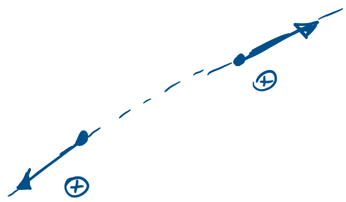




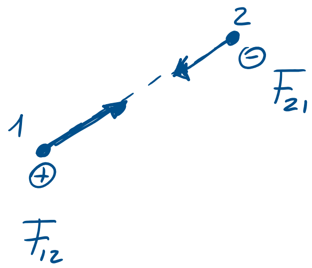
Verso?

Dipende dal segno delle cariche

a) q_1 e q_2 hanno lo stesso segno



b) q_1 e q_2 hanno segno diverso



In generale $Q_{TOT} = \sum_{1}^{n} q_i = q_1 + q_2 + \dots + q_n$

Esempio

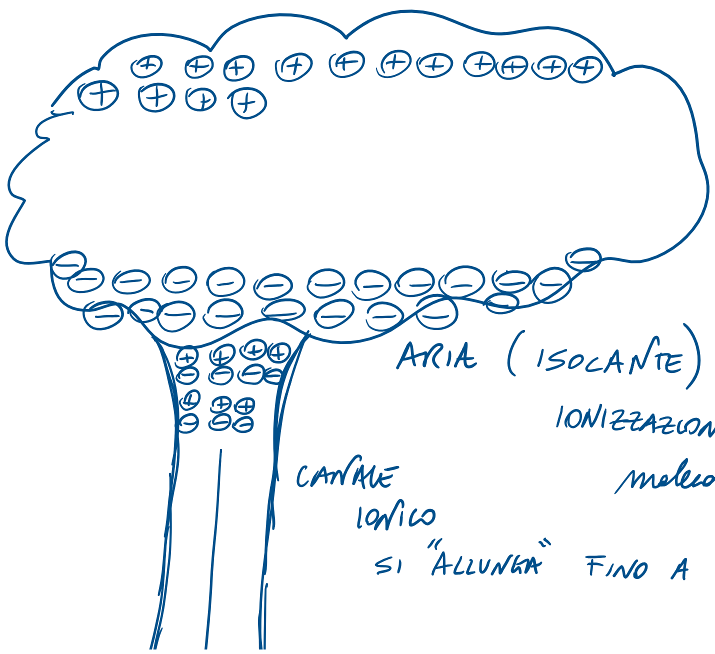
accumulo di cariche

Fulmine

H_2O

↓

e^-



ARIA (ISOLANTE)

IONIZZAZIONE delle molecole aria

CANALE IONICO

SI "ALLUNGA" FINO A TERRA

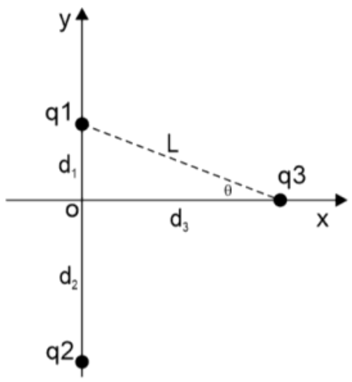
FULMINE

SECONDA PROVA IN ITINERE:

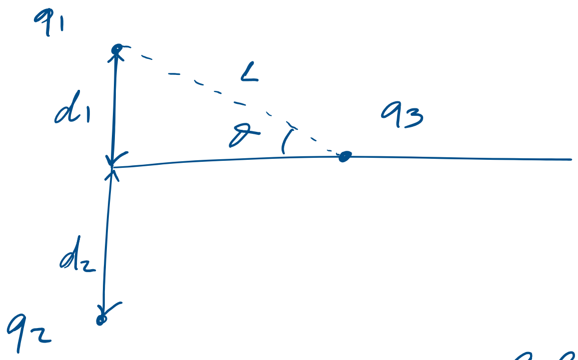
6/2/2025 ore 14-17

Tre cariche puntiformi q1, q2 e q3, sono tenute ferme nella configurazione riportata in figura. Le cariche valgono: q1 = q2 = 3.20 10^{-19} C e q3 = -2q1. Le cariche q1, q2 e q3 sono distanti d1, d2 e d3 dall'origine degli assi O. La lunghezza L = 3 cm, l'angolo θ = 30° e d2 = 2.5 cm. [Si ricorda che $1/(4\pi\varepsilon_0)$ = 8.99 10^9 N m^2/C^2].
Calcolare:

1. La Forza di Coulomb esercitata dalla carica q2 sulla carica q1.
2. Disegnare le linee di forza dei campi elettrici generati dalle 3 cariche.
3. Il modulo del campo elettrico totale generato da q1 e q2 solamente (trascurare la presenza della carica q3) 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 q3.

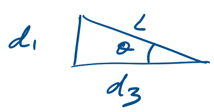


1)



$$F_{12} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2}$$

$r_{12} = d_1 + d_2$ $\qquad d_1 = ?$



$d_1 = L \sin\theta$ $\qquad d_3 = L\cos\theta$

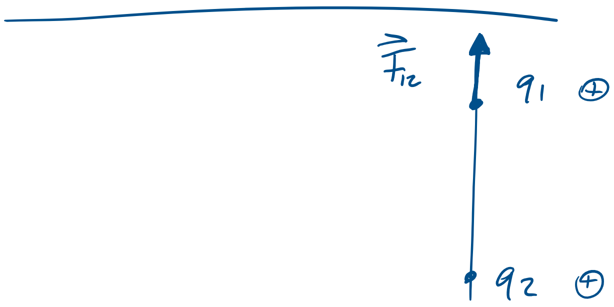
$$= (d_2 + l \sin\theta) = 0{,}04\ m = 4\ 10^{-2}\ m$$

$$F_{12} = (8{,}99\ 10^{9}) \frac{(3{,}2\ 10^{-19})^2}{(4\ 10^{-2})^2} =$$

$$= 8{,}99 \frac{(3{,}2)^2}{4^2}\ \cancel{10^{9}}\ \cancel{10^{-38}}\ \cancel{10^{4}}\ 10^{-25}$$

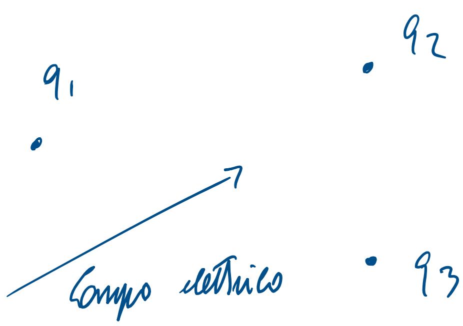
$$= 5{,}7536\ 10^{-25}\ N$$

$$\boxed{F_{12} \simeq 6\ 10^{-25}\ N}$$

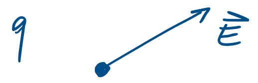


CAMPO ELETTRICO

F_c → Campo elettrico



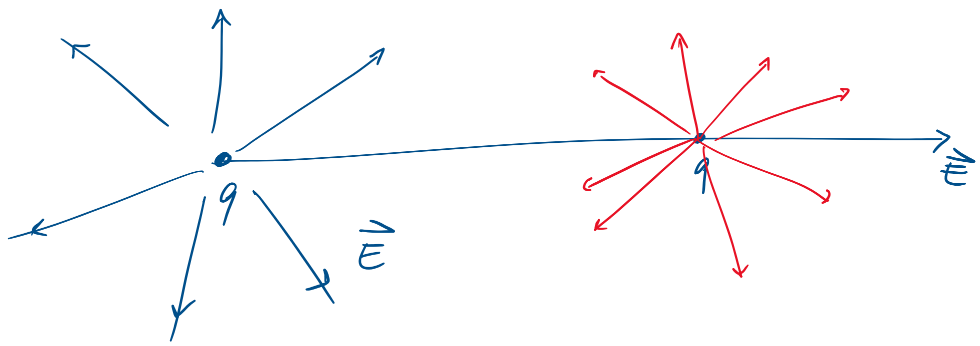
Campo elettrico $\boxed{\vec{E} = \frac{\vec{F}_c}{q}}$



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

Come faccio a stimare il campo elettrico in un sito?

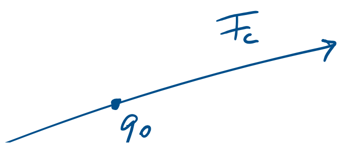
Ogni carica elettrica genera un campo $\vec{E}$

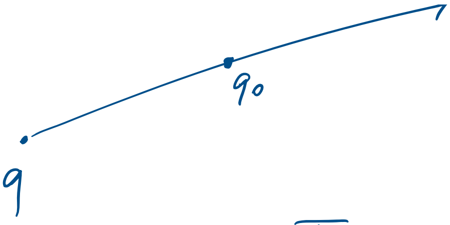


L'unica possibilità è scegliere una carica molto piccola

$\Rightarrow$ E piccolo che perturba poco

$\rightarrow$ q_0 (carica spia)

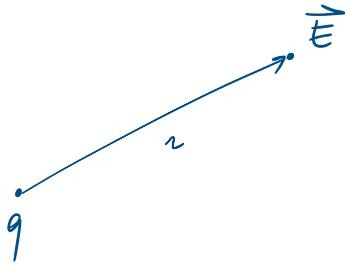




$$E = \frac{F_c}{q_0} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q\cancel{q_0}}{r^2}\frac{1}{\cancel{q_0}}$$

$$\boxed{E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r^2}}$$

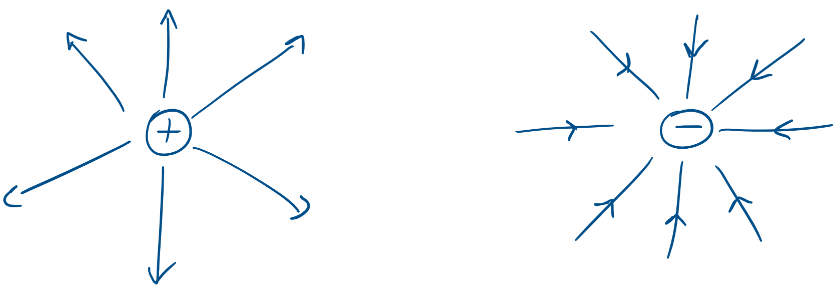
Campo elettrico generato da una carica puntiforme a distanza r



Come rappresento il campo elettrico?

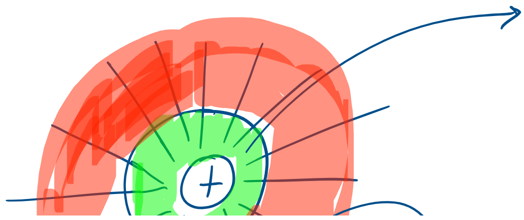
LINEE DI FORZA DEL CAMPO ELETTRICO

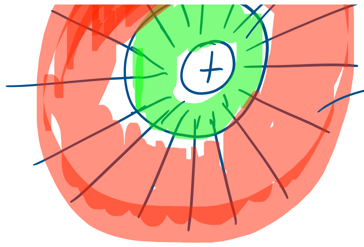
1) Ogni linea esce da una $q\oplus$ ed entra in una $q\ominus$



2) La densità delle linee deve essere proporzionale all'intensità del campo $\vec{E}$

densità alta $\Rightarrow \vec{E}$ alto

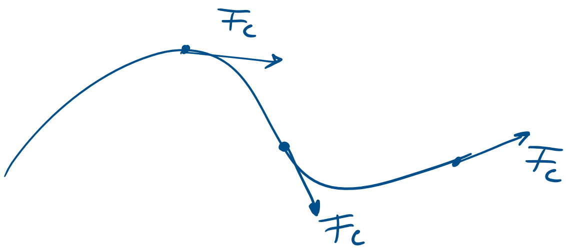




densità + basso

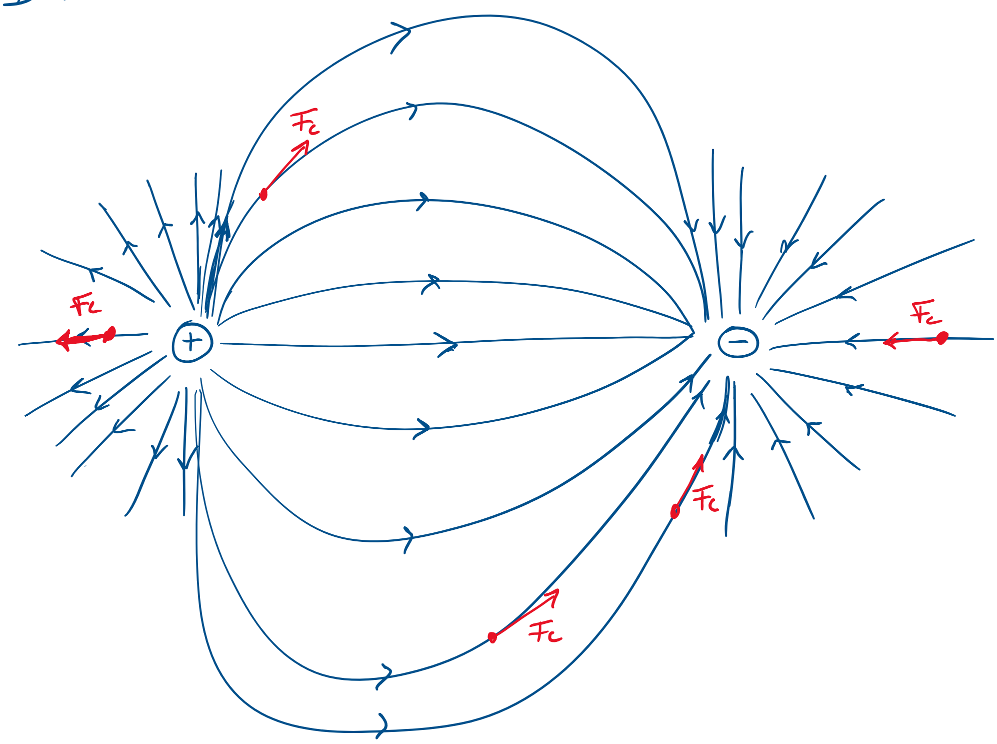
↳ $\vec{E}$ + basso

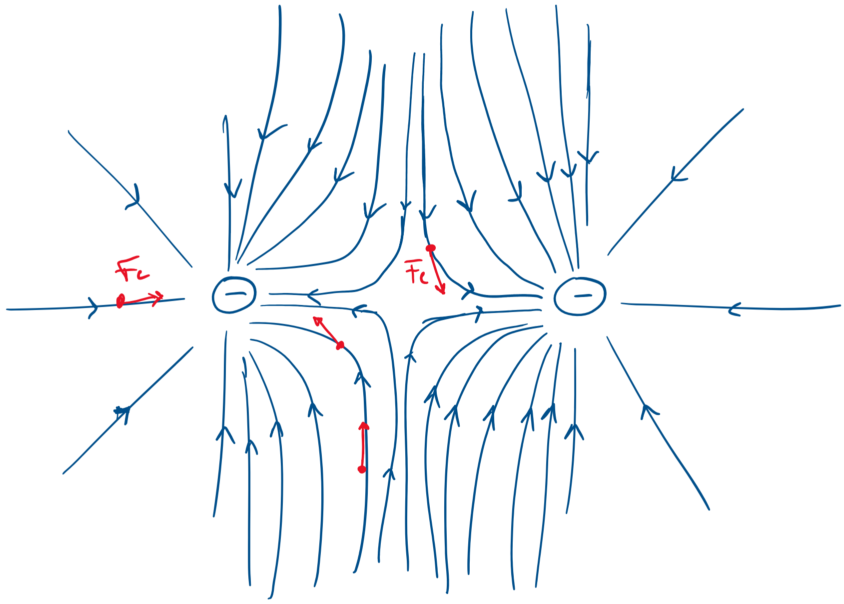
3) La curvatura delle linee di forza è tale che la tangente rappresenta la F_c in quel pto:



Esempi:

DIPOLO ELETTRICO

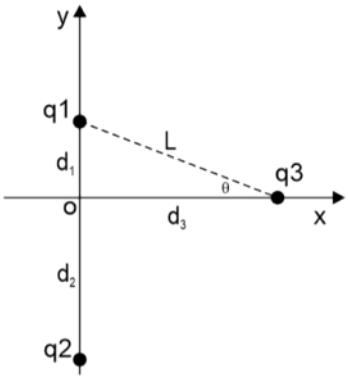




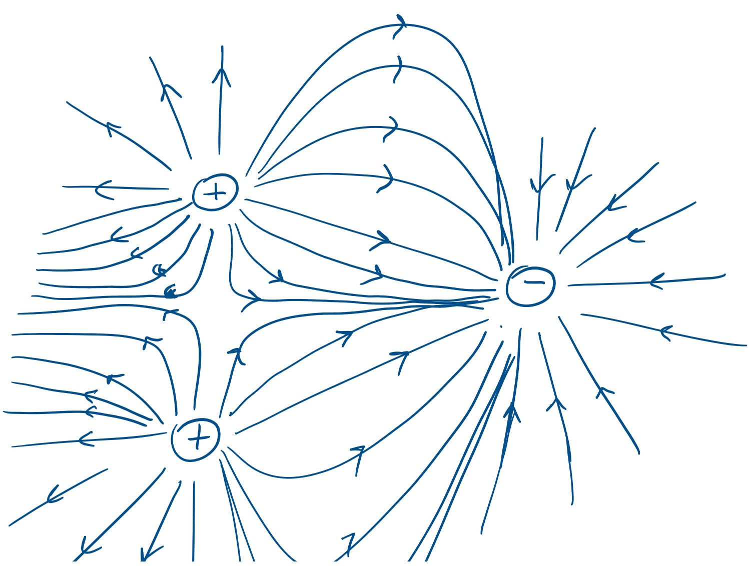
Continuiamo esercizio precedente:

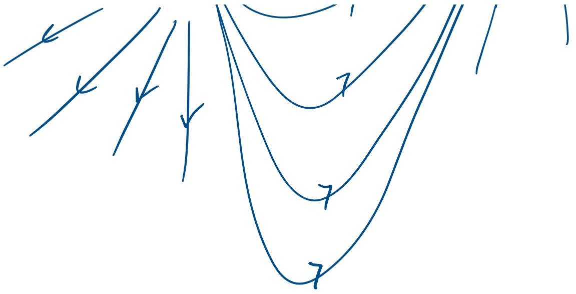
Tre cariche puntiformi q1, q2 e q3, sono tenute ferme nella configurazione riportata in figura. Le cariche valgono: q1 = q2 = 3.20 10^{-19} C e q3 = -2q1. Le cariche q1, q2 e q3 sono distanti d1, d2 e d3 dall'origine degli assi O. La lunghezza L = 3 cm, l'angolo $\theta = 30°$ e d2 = 2.5 cm. [Si ricorda che $1/(4\pi\varepsilon_0) = 8.99\ 10^9$ N m^2/C^2]. Calcolare:

1. La Forza di Coulomb esercitata dalla carica q2 sulla carica q1.
2. Disegnare le linee di forza dei campi elettrici generati dalle 3 cariche.
3. Il modulo del campo elettrico totale ~~generato da q1 e q2 solamente (trascurare la presenza della carica q3) nel~~ IN 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 q3.

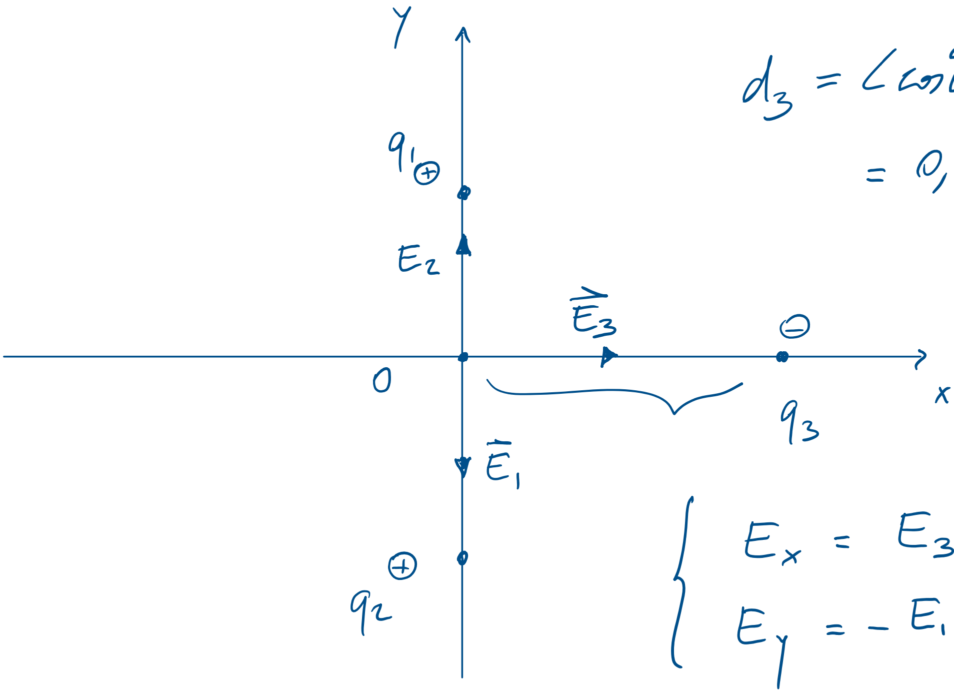


2)





3)



$$d_3 = L\cos\vartheta$$
$$= 0{,}02598\ m$$

$$\begin{cases} E_x = E_3 \\ E_y = -E_1 + E_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} E_x = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{q_3}{d_3^2} = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{2q}{d_3^2} \\ E_y = -\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{q_1}{d_1^2} + \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{q_2}{d_2^2} = \dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left(-\dfrac{1}{d_1^2} + \dfrac{1}{d_2^2}\right) \end{cases}$$

$$|q_1| = |q_2| = q$$

$$\begin{cases} E_x = (8{,}99\ 10^{9}) \cdot \left[\dfrac{2 \cdot 3{,}2\ 10^{-19}}{(0{,}02598)^2}\right] \\ E_y = (8{,}99\ 10^{9}) \cdot (3{,}2\ 10^{-19}) \left[-\dfrac{1}{(0{,}015)^2} + \dfrac{1}{(0{,}025)^2}\right] \end{cases}$$

$$\begin{cases} E_x = 8{,}57\ 10^{-6}\ N/C \end{cases}$$

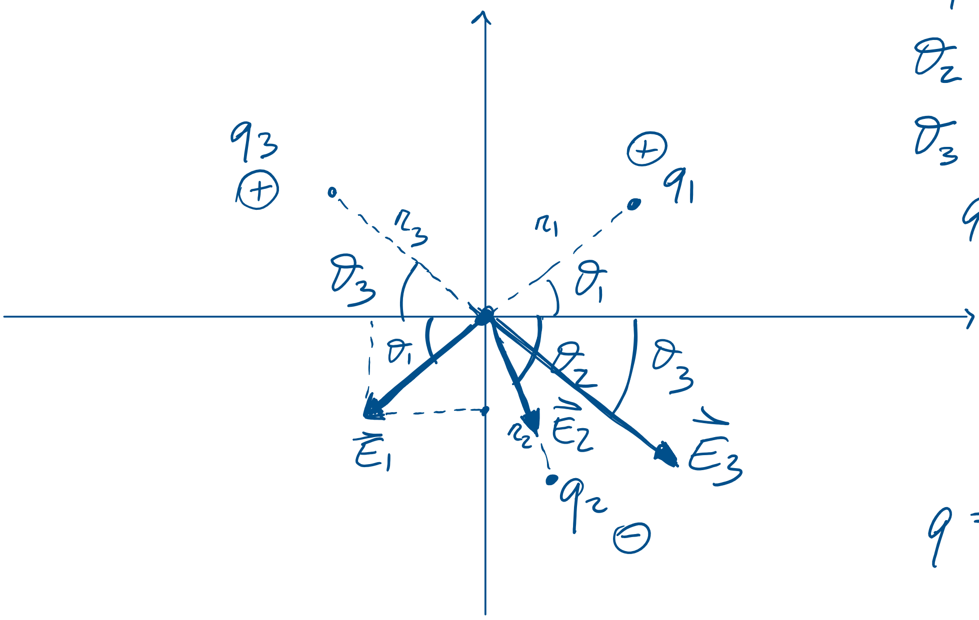
$$\begin{cases} E_x = 8{,}57\ 10^{-6}\ N/C \\ E_y = -8{,}18\ 10^{-6}\ N/C \end{cases}$$

$$|\vec{E}| = \sqrt{E_x^2 + E_y^2} = 11{,}84\ 10^{-6}\ N/C$$

$10\ 10^{-6}\ N/C$

$$\boxed{|\vec{E}| \simeq 10^{-5}\ N/C}$$

Un altro esempio su scomposizione di campi:



$\vartheta_1 = 30°$

$\vartheta_2 = 60°$

$\vartheta_3 = 40°$

$q_1 = 2q;\quad q_2 = -2q$

$q_3 = q$

$q = 1{,}6\ 10^{-19}\ C$

$r_1 = r_2 = r_3 = 5\ cm$
$\qquad\qquad\quad \| $
$\qquad\qquad\quad r$

$$\begin{cases} E_x = -E_1\cos\vartheta_1 + E_2\cos\vartheta_2 + E_3\cos\vartheta_3 \\ E_y = -E_1\sin\vartheta_1 - E_2\sin\vartheta_2 - E_3\sin\vartheta_3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} E_x = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left[-\frac{2q}{r^2}\cos\vartheta_1 + \frac{2q}{r^2}\cos\vartheta_2 + \frac{q}{r^2}\cos\vartheta_3\right] \end{cases}$$

$$\begin{cases} E_x = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left[-\dfrac{2q}{r^2}\cos\vartheta_1 + \dfrac{q}{r^2}\cos\vartheta_2 + \dfrac{q}{r^2}\cos\vartheta_3\right] \\[2ex] E_y = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left[-\dfrac{2q}{r^2}\sin\vartheta_1 - \dfrac{2q}{r^2}\sin\vartheta_2 - \dfrac{q}{r^2}\sin\vartheta_3\right] \end{cases}$$

$$\begin{cases} E_x = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\,\dfrac{q}{r^2}\left(-2\cos\vartheta_1 + 2\cos\vartheta_2 + \cos\vartheta_3\right) \\[2ex] E_y = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\,\dfrac{q}{r^2}\left(-2\sin\vartheta_1 - 2\sin\vartheta_2 - \sin\vartheta_3\right) \end{cases}$$

$$\begin{cases} E_x = \left(8{,}99\ 10^{9}\right)\dfrac{\left(1{,}6\ 10^{-19}\right)}{(0{,}05)^2}\left(0{,}0340\right) \\[2ex] E_y = \left(8{,}99\ 10^{9}\right)\dfrac{1{,}6\ 10^{-19}}{(0{,}05)^2}\left(-3{,}3748\right) \end{cases}$$

$$\begin{cases} E_x = 1{,}936\ 10^{-8}\ N/C \\ E_y = -1{,}922\ 10^{-6}\ N/C \end{cases}$$

$$\boxed{|\vec{E}| = \sqrt{E_x^2 + E_y^2} = 1{,}922\ 10^{-6}\ N/C}$$