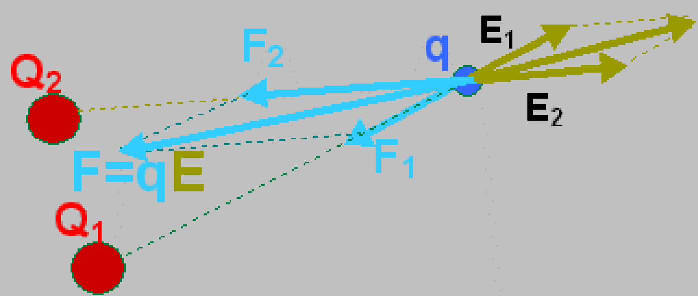
Principio di sovrapposizione



Forza totale su *q*:

$$\mathbf{F} = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{qQ_1}{r_1^2}\hat{\mathbf{r}}_1 + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{qQ_2}{r_2^2}\hat{\mathbf{r}}_2$$

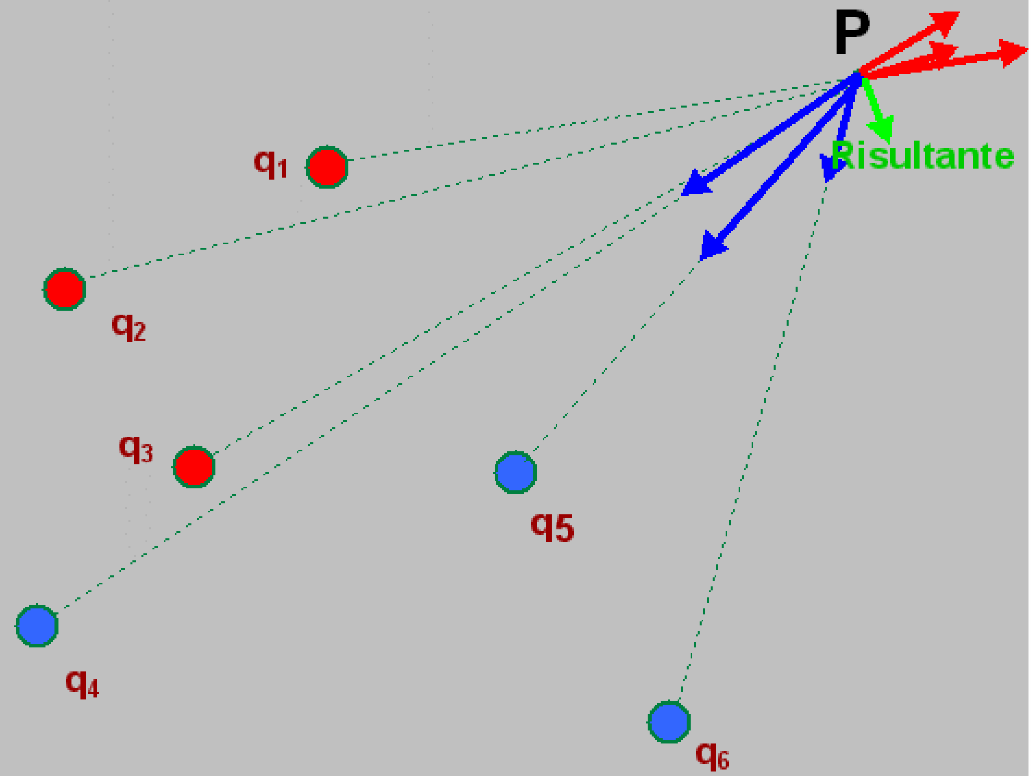
$$\mathbf{F} = \left(\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q_1}{r_1^2}\hat{\mathbf{r}}_1 + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q_2}{r_2^2}\hat{\mathbf{r}}_2\right)\cdot q$$

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

$$\mathbf{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q_1}{r_1^2}\hat{\mathbf{r}}_1 + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q_2}{r_2^2}\hat{\mathbf{r}}_2 = \mathbf{E}_1 + \mathbf{E}_2$$

(Relazione non ovvia in se', conseguenza della *linearita'* delle equazioni fondamentali dell'elettromagnetismo)

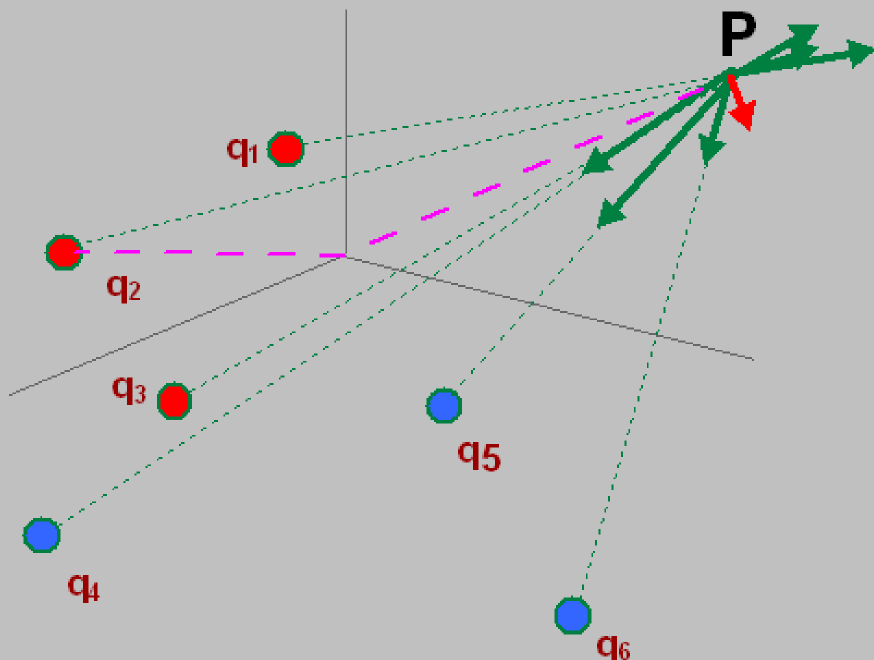
Insieme di cariche puntiformi



Campo nel punto P:
somma *vettoriale* dei contributi di tutte le cariche

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{q_1}{r_1^2}\hat{\boldsymbol{r}}_1 + \frac{q_2}{r_2^2}\hat{\boldsymbol{r}}_2 + \frac{q_3}{r_3^2}\hat{\boldsymbol{r}}_3 + \ldots\right] = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\sum_{i=1}^{N}\frac{q_i}{r_i^2}\hat{\boldsymbol{r}}_i$$

Insieme di cariche puntiformi



Campo nel punto P:
somma *vettoriale* dei contributi di tutte le cariche

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{q_1}{r_1^2}\hat{\mathbf{r}}_1 + \frac{q_2}{r_2^2}\hat{\mathbf{r}}_2 + \frac{q_3}{r_3^2}\hat{\mathbf{r}}_3 + \ldots\right] = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\sum_{i=1}^{N}\frac{q_i}{r_i^2}\hat{\mathbf{r}}_i$$

$$r_i^2 = (x_i - x_P)^2 + (y_i - y_P)^2 + (z_i - z_P)^2$$

$$\hat{\mathbf{r}}_i = \frac{(x_i - x_P)\hat{\mathbf{i}} + (y_i - y_P)\hat{\mathbf{j}} + (z_i - z_P)\hat{\mathbf{k}}}{\sqrt{(x_i - x_P)^2 + (y_i - y_P)^2 + (z_i - z_P)^2}}$$

$$\mathbf{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\sum_{i=1}^{N} q_i \frac{\left[(x_i - x_P)\hat{\mathbf{i}} + (y_i - y_P)\hat{\mathbf{j}} + (z_i - z_P)\hat{\mathbf{k}}\right]}{\left[(x_i - x_P)^2 + (y_i - y_P)^2 + (z_i - z_P)^2\right]^{3/2}}$$

Cosa e' un campo?

Varie definizioni; in ordine di astrazione crescente:

zona dello spazio nella quale agisce un tipo di forza

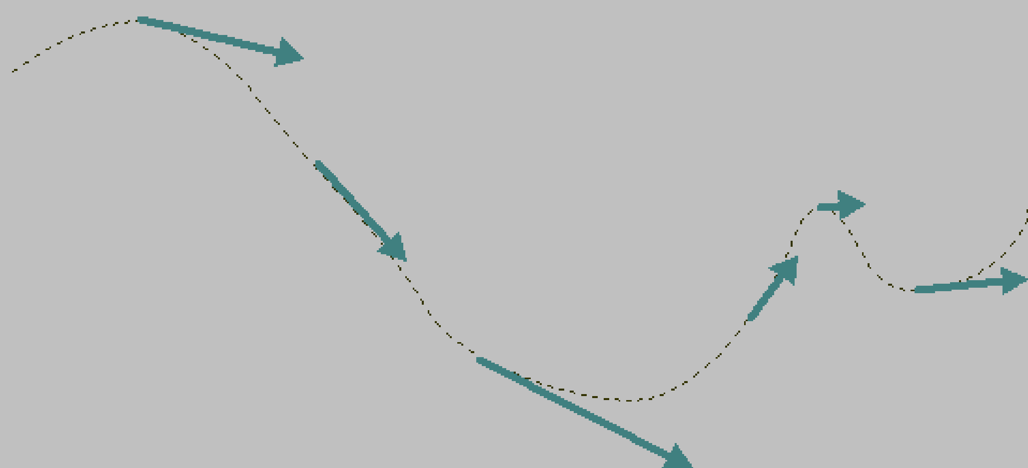
insieme dei valori di una grandezza fisica in una data regione spaziale

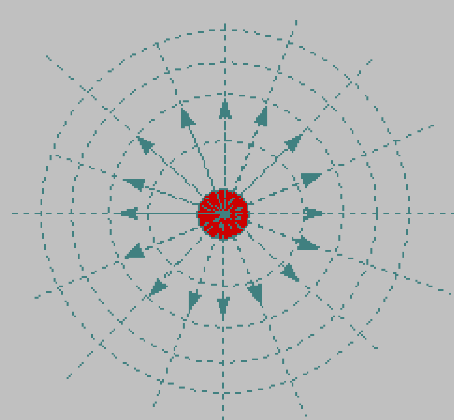
sistema fisico (<u>di nuovo tipo</u>) con notevoli analogie rispetto a quelli gia' noti (p.es. insiemi di punti):

descritto da un insieme di coordinate
contiene energia interna
scambia energia con altri sistemi
il suo stato evolve nel tempo

Linee di forza

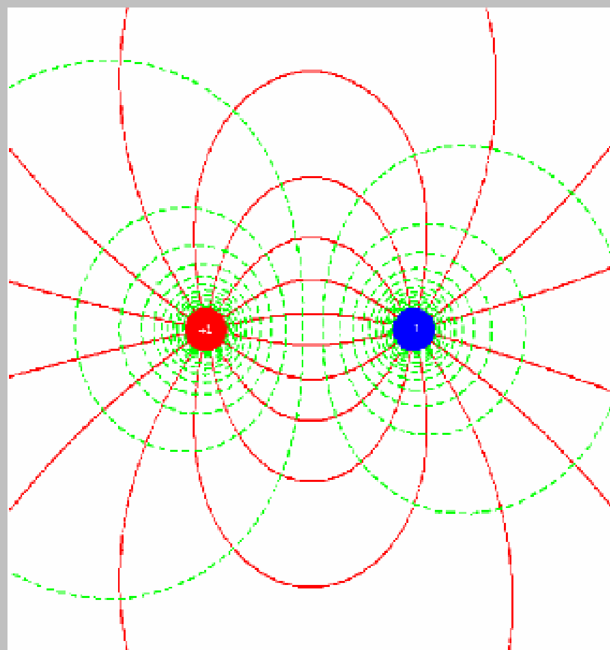
Linea parallela alla direzione del campo punto per punto



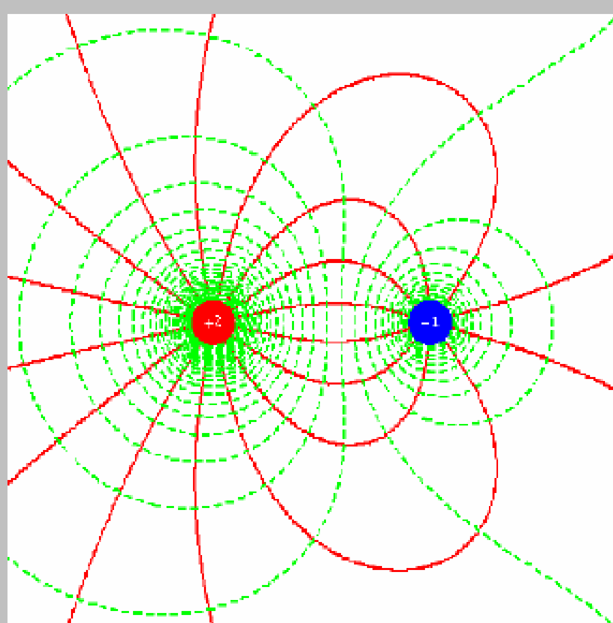


Carica puntiforme

Esempi di campi elettrici



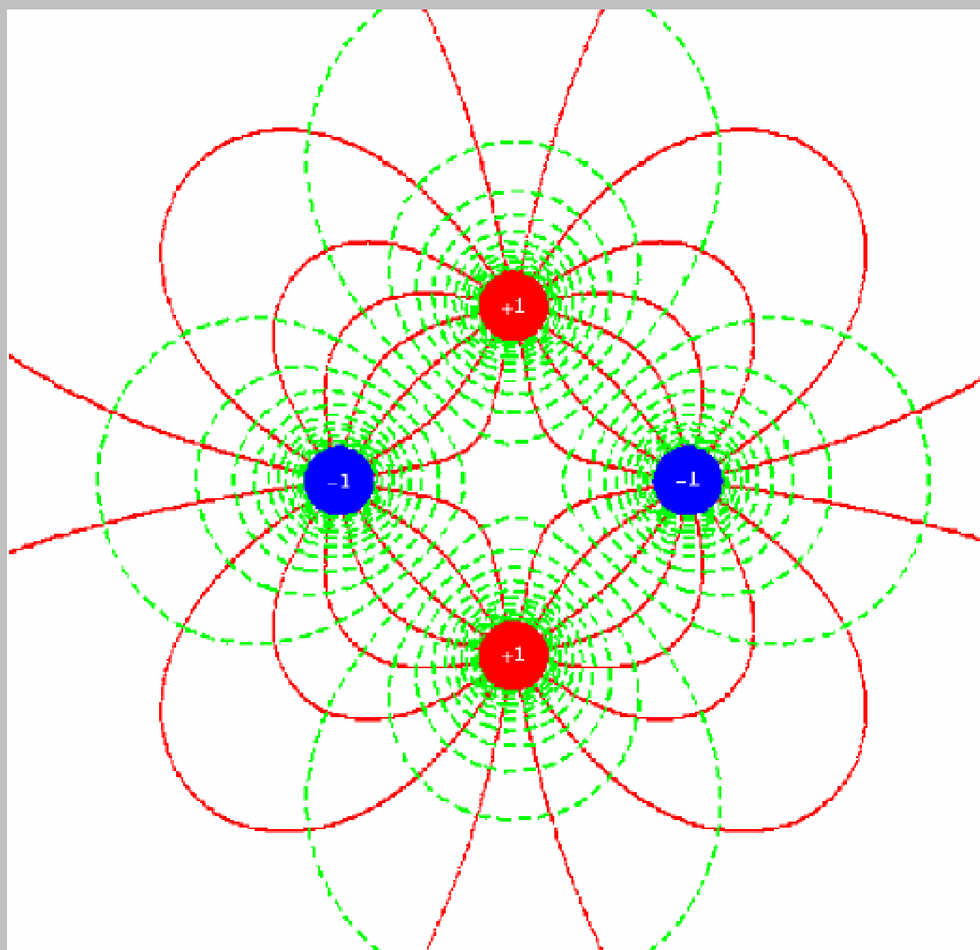
2 cariche uguali e opposte



2 cariche diverse

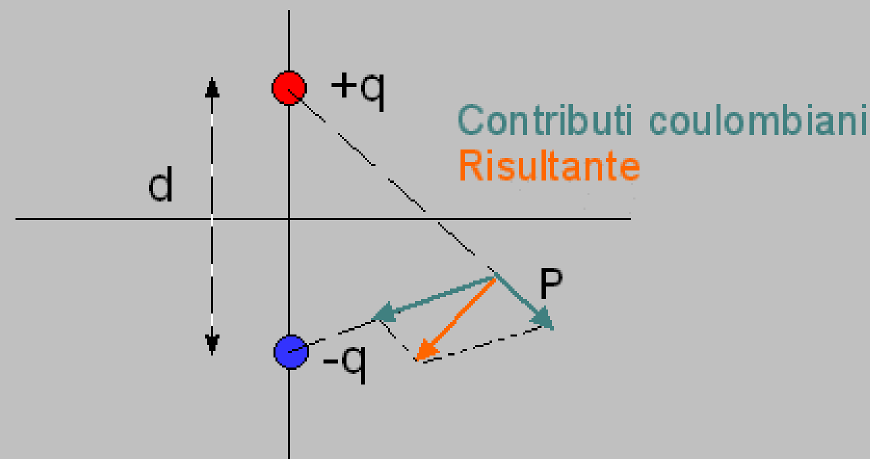
(da V.Gracco, Fisica generale II)

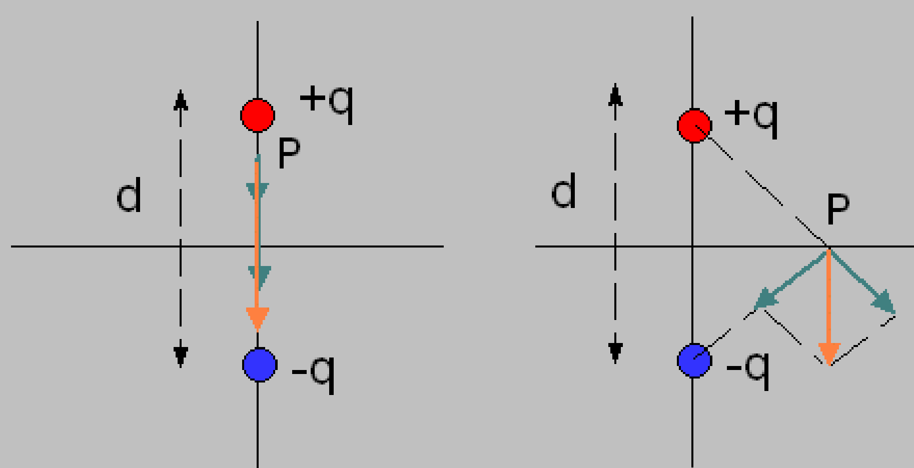
4 cariche uguali a 2 a 2 opposte



(da V.Gracco, Fisica generale II)

Campo di un dipolo





Campo sugli assi

Campi di dipolo

$$\boldsymbol{E} = \boldsymbol{E}^{(+)} + \boldsymbol{E}^{(-)}$$

I caso : Campi collineari per punti sull'asse y

$$E = E^{(+)} + E^{(-)} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{q}{(y-d/2)^2} - \frac{q}{(y+d/2)^2}\right]$$

$$= \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{(y+d/2)^2 - (y-d/2)^2}{(y^2-d^2/4)^2}\right]$$

$$= \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{(y^2+d^2/4+yd) - (y^2+d^2/4-yd)}{(y^2-d^2/4)^2}\right]; p = qd$$

$$E = \frac{2qyd}{4\pi\varepsilon_0(y^2-d^2/4)^2} = \frac{py}{2\pi\varepsilon_0(y^2-d^2/4)^2}$$

$$E = \frac{py}{2\pi\varepsilon_0(y^4+d^4/16-y^2d^2/2)} \underset{y\to\infty}{\longrightarrow} \frac{p}{2\pi\varepsilon_0 y^3}$$

II caso : Campo per punti sull'asse x

Componenti x $(+)$ e $(-)$: uguali e opposte $\rightarrow$ somma $=0$

Componenti y $(+)$ e $(-)$:

$$E \equiv E_y = E_y^{(+)} + E_y^{(-)} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left[\frac{q}{x^2+d^2/4}\cos\theta - \frac{(-q)}{x^2+d^2/4}\cos\theta\right]$$

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{2q}{x^2+d^2/4}\cos\theta$$

$$\cos\theta = \frac{d/2}{(x^2+d^2/4)^{1/2}}, p = qd$$

$$\rightarrow E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{qd}{(x^2+d^2/4)^{3/2}} \underset{x\to\infty}{\longrightarrow} \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{p}{x^3}$$