

Forze elettriche

l'evidenza dell' esistenza di un nuovo tipo di forza nasce dall' osservazione di fenomeni naturali

le forze elettriche non possono essere connesse alla massa dei corpi perche'

→ la forza elettrica puo' essere sia attrattiva che repulsiva,
al contrario della forza gravitazionale che e' sempre attrattiva

→ l'intensita' delle forze elettriche a parita' di distanza tra i corpi,
e' molto maggiore della forza gravitazionale

quindi deve essere in gioco una nuova entita' fisica la "carica elettrica"

la carica elettrica

- esiste in due tipi diversi, arbitrariamente denominati *positivo* e *negativo*
- e' una grandezza conservata in senso stretto: in un sistema isolato la carica totale netta non si crea ne' si distrugge
- e' sempre posseduta da particelle dotate anche di massa
- e' una grandezza quantizzata: la quantita' minima di carica elettrica *libera* e' quella dell' elettrone $q_e = e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- e' un invariante relativistico

Legge di Coulomb (1795)

misure effettuate con una bilancia di torsione mostrarono che tra due cariche elettriche puntiformi, poste nel vuoto ed in quiete nel sistema di riferimento in cui si effettuano le misure, si esercita una forza

- di intensità proporzionale al prodotto delle due cariche ed inversamente proporzionale al quadrato della distanza tra le due cariche
- di direzione lungo la congiungente le due cariche
- di tipo attrattivo se le cariche hanno segno opposto, repulsivo se le cariche hanno segno uguale

in modulo :
$$\left| \vec{F} \right| = k_e \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

l'unita' di carica elettrica e' il Coulomb (C) *ma attenzione :*

in realta' nel S.I. l'unita' di corrente elettrica e' l'Ampere (A)

nel S.I. la costante k_e assume il valore $k_e = 8.98 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2 \text{ C}^{-2}$

si usa porre $k_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$

ϵ_0 e' la *costante dielettrica*, o *permittivita' dielettrica*, del vuoto

$$\epsilon_0 = 8.8 \cdot 10^{-12} \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ C}^2$$

Esercizio : stimare l'intensita' relativa della forza elettrica rispetto a quella gravitazionale che si esercita tra due protoni nell'atomo di elio assumendo che i protoni siano puntiformi, che siano fermi e che l'interazione con gli elettroni sia trascurabile. Come stima della distanza tra i protoni assumere che il raggio del nucleo dell'atomo di elio siano $\sim 5 \cdot 10^{-15}$ m

$$q_p = +1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \qquad m_p = 1.673 \cdot 10^{-24} \text{ grammi}$$

$$\epsilon_0 = 8.8 \cdot 10^{-12} \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ C}^2$$

$$\gamma = 6.672 \cdot 10^{-11} \text{ NmKg}^{-2}$$

$$\left| \vec{F}_g \right| = F_g = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2} = \gamma \frac{m_p^2}{r^2} \Rightarrow F_g = 7.4 \cdot 10^{-36} \text{ N}$$

$$\left| \vec{F}_e \right| = F_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_p^2}{r^2} \Rightarrow F_e = 9.2 \text{ N}$$

$$\Rightarrow \frac{F_e}{F_g} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 \gamma} \frac{q_p^2}{m_p^2} \Rightarrow \frac{F_e}{F_g} \simeq 1.2 \cdot 10^{36}$$

vettorialmente la forza di Coulomb assume l'espressione

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

per determinare la forza che una carica elettrica esercita sull'altra, operando in coordinate cartesiane, si sceglie un sistema di riferimento fisso nel tempo

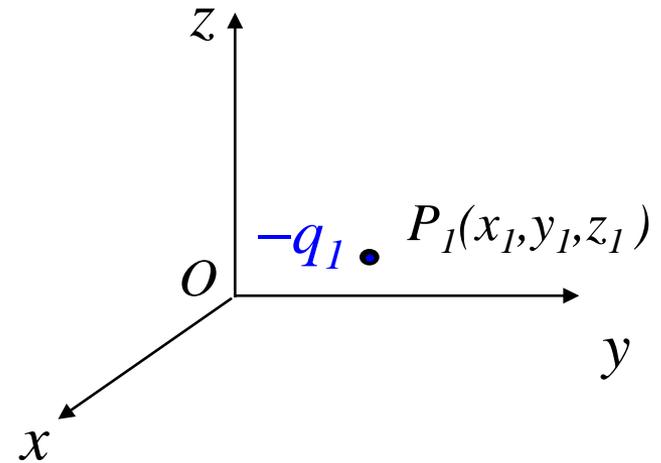
$P_1(x_1, y_1, z_1)$ e' il punto dove e' collocata la carica

che esercita la forza, detta "*carica sorgente*"

(spesso P_1 e' fatto coincidere con l'origine O)

supponiamo che la carica sorgente sia negativa

e pari a $-q_1$

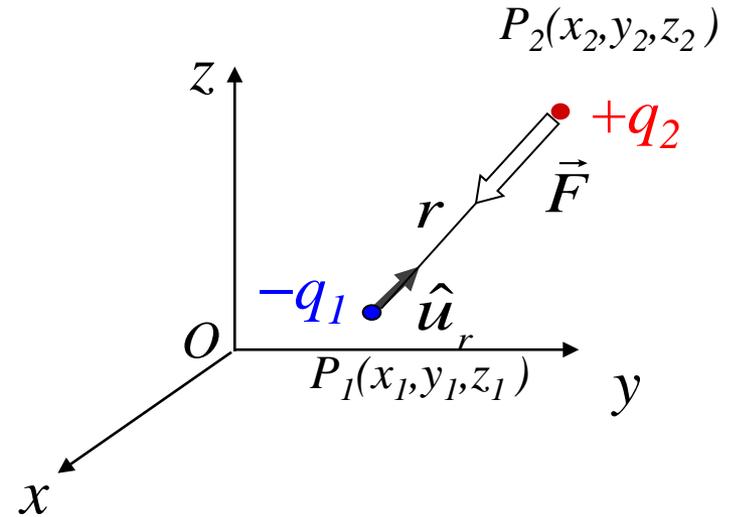


si pone la seconda carica pari per esempio a $+q_2$ nel punto $P_2(x_2, y_2, z_2)$

a distanza r dalla prima

la direzione della forza e' lungo

la congiungente le due cariche quindi



➤ si determina il vettore unitario \hat{u}_r partendo *dalla carica sorgente* e *puntando verso il punto dello spazio in cui si trova la seconda carica elettrica*

➤ la forza si esercita sulla *seconda carica* e va applicata *nel punto in cui si trova la seconda carica*

le cariche elettriche vanno considerate tenendo conto del segno,
dunque la forza puo' risultare *attrattiva* o *repulsiva*

$$r = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}$$

le componenti del vettore unitario, ossia i coseni direttori del versore \hat{u}_r

sono $\frac{x_2 - x_1}{r}$ $\frac{y_2 - y_1}{r}$ e $\frac{z_2 - z_1}{r}$

la componente x della forza e' $F_x = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \frac{x_2 - x_1}{r}$

ossia $F_x = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0} \frac{x_2 - x_1}{r^3}$

quindi :

$$\vec{F}_x = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0} \frac{x_2 - x_1}{\left[(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2 \right]^{\frac{3}{2}}} \hat{i}$$

e analogamente per le componenti y e z