

Elettrostatica

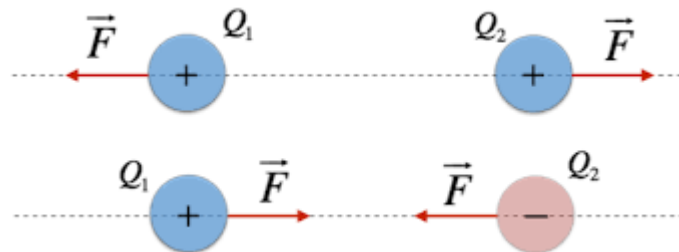
Cariche elettriche nel vuoto

- La carica elettrica è una proprietà della materia che è responsabile di fenomeni elettrici
- Gli elementi chimici sono formati da un nucleo con protoni e neutroni e, gli elettroni esterni negativi
- Per convenzione i protoni hanno carica positiva e gli elettroni carica negativa
- In natura, gli elementi sono neutri quindi, il numero di elettroni sono uguali al numero di protoni.
- Il numero di protoni non può essere cambiato ma quello degli elettroni si: si possono strappare elettroni all'atomo oppure se ne possono aggiungere. Nel primo caso, otteniamo un atomo carico positivamente, nel secondo, un atomo carico negativamente.
- La carica elettrica si misura in Coulomb (C)
- Un elettrone ha carica elettrica $= -1.6022 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Legge di Coulomb

- È una legge sperimentale formulata da Coulomb (1736-1806) nel 1785: due cariche elettriche q_1 e q_2 separate da una distanza d , subiscono una forza direttamente proporzionale al prodotto delle cariche ed inversamente proporzionale al quadrato della loro reciproca distanza
- $|\vec{F}| = k \frac{|q_1||q_2|}{d^2}$
- Se le cariche elettriche hanno lo stesso segno, la forza sarà repulsiva e quindi di segno positivo, se, hanno segno opposto, la forza sarà attrattiva e quindi, di segno negativo
- Dal punto di vista vettoriale, la forza si scrive come:

- $\vec{F} = k \frac{q_1 q_2}{d^2} \hat{d}$



Costante k

- La costante k dipende dal mezzo in cui viene effettuato l'esperimento tra le cariche elettriche
- Nel caso in cui ci troviamo nel vuoto $k=k_0= 9 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 / \text{C}^2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ dove ϵ_0 è la costante dielettrica del vuoto ed è una proprietà del vuoto calcolata sperimentalmente pari a: $9 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 / \text{N m}^2$
- Nel caso in cui ci troviamo in un mezzo differente dal vuoto allora: $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_r\epsilon_0}$ dove ϵ_r è la costante dielettrica relativa del mezzo, cioè la costante dielettrica calcolata in relazione a quella del vuoto. La costante dielettrica relativa è adimensionale.

Densità di carica

- La carica elettrica nei conduttori è distribuita superficialmente
- In questo caso, basta definire la densità di carica superficiale $\sigma = \frac{Q}{S}$

Dove Q è la carica totale ed S la superficie

- Un isolante può essere carico per polarizzazione. In questo caso la densità di carica può essere di volume perché esse, si possono distribuire su tutto il volume del corpo $\rho = \frac{Q}{V}$

Campo elettrico

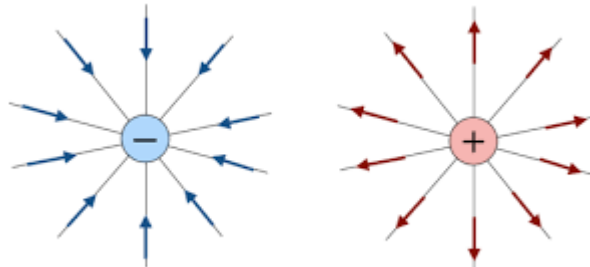
- Il campo è in generale una proprietà vettoriale dello spazio che dipende dal tipo di corpo che si trova in esso. Es.
 - Se c'è una massa neutra, avremo solo un campo gravitazionale
 - Se è presente una carica priva di massa, il campo è elettrico
 - Se c'è un semplice magnete, avremo un campo magnetico
- I tre campi possono sussistere insieme oppure a due a due e si possono prendere in considerazione uno alla volta.

Campo elettrico.

- Una carica elettrica Q è sorgente di un campo elettrico
- Una carica di prova q molto piccola tale da non modificare tale campo, posta a distanza d dalla sorgente, misurerà il seguente campo elettrico: $\vec{E} = \frac{Q}{d^2} k \hat{d} = \frac{Qq}{d^2} k \hat{d}$
- Se la sorgente del campo è una semplice carica elettrica, allora si parla di campo puntiforme
- Il campo può essere generato anche da una superficie carica o da un oggetto filiforme
- Se gli oggetti carichi sono dei conduttori, allora il campo è perpendicolare alle loro superfici

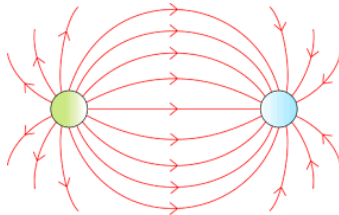
Linee di campo

- Le linee di forza del campo elettrico puntiforme sono gli infiniti vettori radiali che hanno origine nella carica elettrica e verso:
 - uscente se la carica è positiva
 - entrante se la carica è negativa.
- Nel primo caso si parlerà di sorgente del campo, nel secondo caso di pozzo

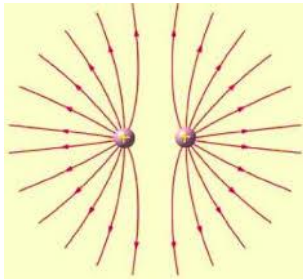


Linee di campo

- Se il campo elettrico è dovuto a due cariche elettriche allora avremo i seguenti casi :

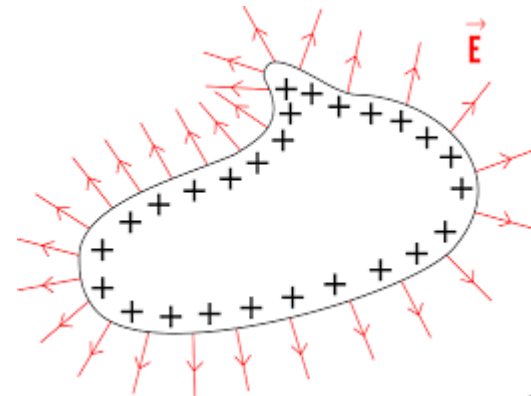


Le cariche hanno segni opposti



Le cariche hanno lo stesso segno

Se il campo è generato da una superficie carica, le linee di campo sono le seguenti:

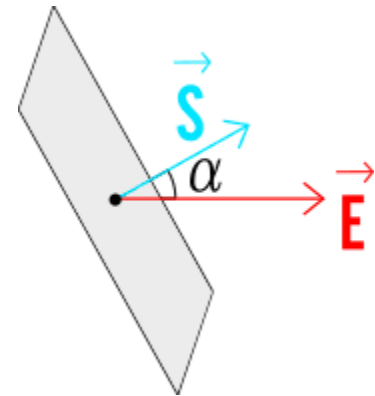
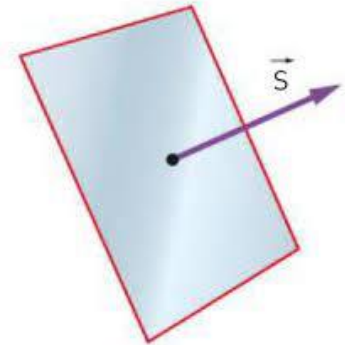


Principio di sovrapposizione degli effetti

- Se una carica elettrica è soggetta alla presenza di più cariche, allora si utilizza il principio di sovrapposizione degli effetti:
 - L'effetto totale dovuto alla presenza di più cariche è dato dalla somma dei singoli effetti come se ciascuna carica agisse singolarmente

Flusso di campo

- Il vettore superficie ha direzione perpendicolare ad una superficie e verso uscente da essa.
- Definizione di flusso di campo: grandezza scalare data dal prodotto scalare di un vettore campo per il vettore superficie.



Flusso di campo elettrico e teorema di Gauss

- Flusso del campo elettrico $\Phi = \vec{E} * \vec{S}$
- Il teorema di Gauss afferma che il flusso del campo elettrico attraverso una superficie S è dovuto solo a cariche elettriche Q interne alla superficie e non cariche esterne ed è dato da

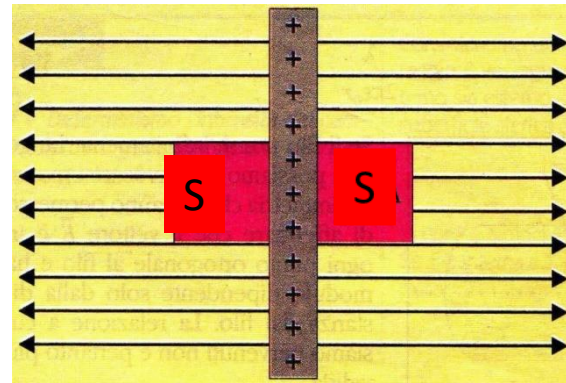
$$\Phi = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

Campo elettrico di una superficie piana carica

- Il campo elettrico di una superficie elettrica carica con densità di carica σ è dato da

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

- Secondo il teorema di Gauss, il flusso del



campo attraverso il cilindro di base S sarà:

$$E * 2 * S = \frac{\sigma * S}{\epsilon_0} \quad \longrightarrow \quad E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

Le superfici laterali non concorrono al flusso perché la direzione di superficie è ortogonale alla direzione del campo

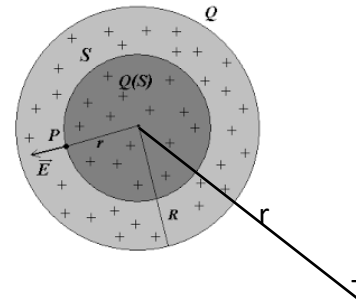
Campo elettrico per una superficie sferica carica elettricamente

- Se una sfera è dotata di una distribuzione di cariche uniformi su tutto il volume V , allora, per misurare il campo elettrico E bisogna distinguere due casi:
 - Il caso: la misura del campo elettrico viene effettuata ad una distanza r dal centro maggiore del raggio R della sfera $r > R$

Per il teorema di Gauss

$$E * S = \frac{Q}{\epsilon_0} \quad E = \frac{Q}{\epsilon_0 S} = \frac{Q}{4\pi r^2 \epsilon_0}$$

- Il caso: la misura del campo elettrico viene fatta all'interno della sfera cioè $r < R$. In questo caso, solo le cariche interne alla sfera di raggio r contribuiscono al campo elettrico



Per il teorema di Gauss $E * S = \frac{Q}{\epsilon_0}$ $E * 4\pi r^2 = \rho \frac{4\pi r^3}{3\epsilon_0}$ $E = \rho \frac{r}{3\epsilon_0} = \frac{Q * r}{\frac{4}{3}\pi R^3 3\epsilon_0} = \frac{Q * r}{4\pi \epsilon_0 R^3}$

