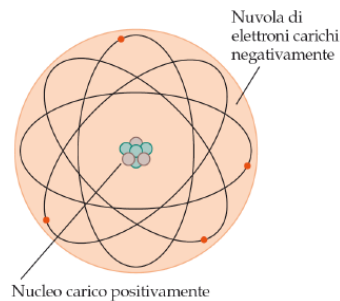


LA CARICA ELETTRICA

Tutta la materia a noi nota è costituita da atomi. Un atomo è costituito da un nucleo molto denso in massa, e con carica positiva, e circondato da una nube di particelle cariche negativamente, gli elettroni.

Gli elettroni sono particelle elementari: fino ad oggi non è nota una struttura interna dell'elettrone. Il nucleo, invece, è costituito da protoni (carichi) e neutroni (neutri), che non sono particelle elementari, ma costituiti a loro volta da "quarks". Tutti gli elettroni hanno esattamente la stessa



carica elettrica; la carica di un protone ha lo stesso modulo ma segno opposto. Il valore della carica di un elettrone, in modulo, è: $|qe| = |qe| = e = 1,6022 * 10^{-19} C$

Nel SI si misura in Coulomb, (C) in onore di Charles A. de Coulomb.

La carica elettrica totale dell'universo è una costante:

- L'atomo che perde un elettrone si carica positivamente (ione positivo).
- L'atomo che acquista un elettrone si carica negativamente (ione negativo).

CONDUTTORI, ISOLANTI E SEMICONDUCTORI

I materiali e le sostanze si classificano in base alle loro proprietà elettriche. Si distinguono 3 categorie principali:

- Conduttori : Sistemi fisici in cui le cariche libere (elettroni) si muovono quasi liberamente, spesso sono anche ottimi conduttori termici. Molti metalli sono conduttori (es. Cu, Au, Fe, Ag, ...), ma anche alcuni liquidi (es. H₂O non distillata)
- Isolanti: Sistemi fisici in cui le cariche libere non sono libere di muoversi, spesso sono anche isolanti termici (es. vetro, gomma, plastica). Quasi tutti gli isolanti sono non-metalli.
- Semiconduttori : Hanno proprietà intermedie tra isolanti e conduttori, ma possono variare il proprio grado di conducibilità in base alla concentrazione di elementi aggiuntivi nella loro composizione chimica, il che li rende estremamente interessanti per le applicazioni tecnologiche (es. Si, Ge).

LEGGE DI COULOMB

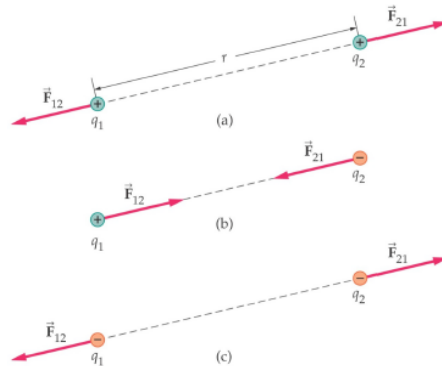
La legge di Coulomb definisce l'intensità della forza che agisce tra due cariche puntiformi come:

$$F = k * \frac{|q1||q2|}{r^2}$$

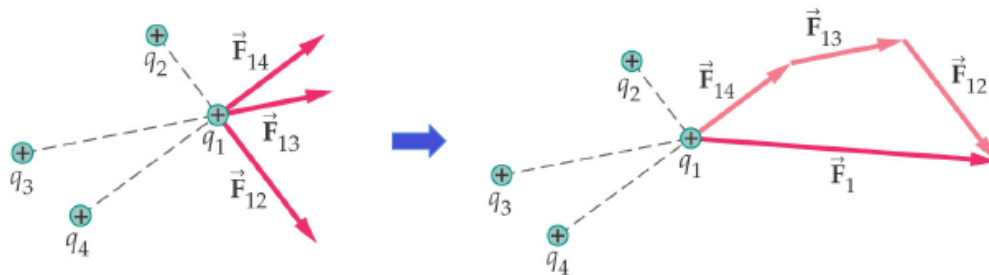
Nel SI si misura un newton, N, e la costante vale:

$$k = 8,98755 * 10^9 N \frac{m^2}{C^2}$$

La forza è diretta lungo la linea che congiunge le due cariche: è attrattiva per cariche di segno opposto e repulsiva per cariche con lo stesso segno. Le forze esercitate sulle due cariche costituiscono una coppia azione-reazione. La forza di Coulomb, come tutte le forze, è una grandezza



vettoriale. Nel caso di una carica soggetta alla forza esercitata da più di una carica puntiforme, la forza risultante si ottiene per somma vettoriale:



IL CAMPO ELETTROSTATICO

La forza elettrica agente su una carica di prova in un dato punto dello spazio, diviso per il valore della carica di prova stessa, definisce una grandezza fisica vettoriale nota come campo elettrico

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$$

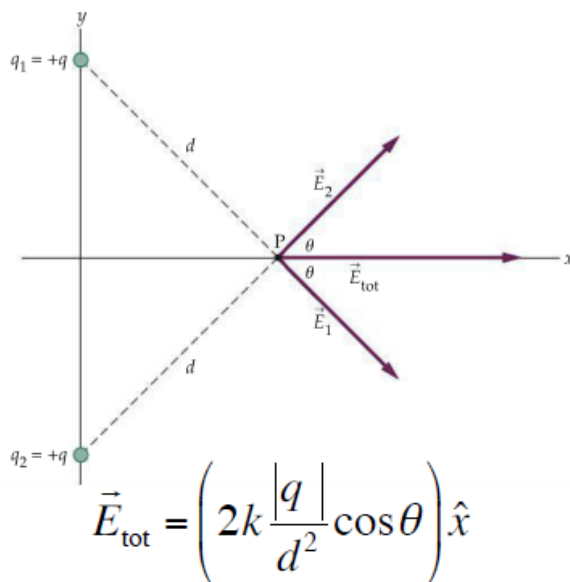
La carica q_0 è una “carica di prova”: serve a misurare la forza elettrica ma è abbastanza piccola da non perturbare la distribuzione delle altre cariche del sistema.

Il campo elettrico generato da una carica puntiforme è diretto radialmente verso l'esterno nel caso di una carica positiva, e verso l'interno nel caso di una carica negativa. Se la carica $\pm q$ è posta nell'origine, in ogni punto dello spazio a distanza r dall'origine l'intensità del campo elettrico è:

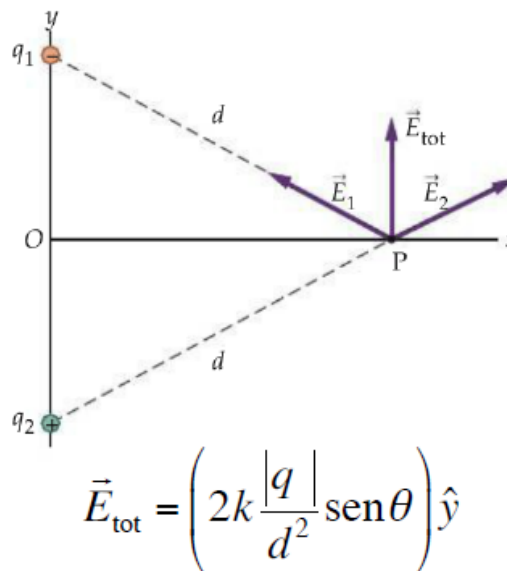
$$\vec{E} = \frac{k * q}{r^2}$$

In presenza di due o più cariche, il campo elettrico totale (risultante) deve essere determinato come sovrapposizione vettoriale.

Esempio 1



Esempio 2



LINEE DI CAMPO ELETTROSTATICO

Le linee del campo elettrico sono un modo pratico per visualizzare il campo, sia uniforme che non. Si applicano poche regole per disegnare le linee di campo:

- 1. Sono dirette in ogni punto come il vettore campo elettrico;
- 2. Partono dalle cariche positive o dall'infinito;
- 3. Terminano sulle cariche negative o all'infinito;
- 4. Sono più dense dove il campo è più intenso.

FLUSSO DEL CAMPO ELETTRICO

Consideriamo un campo elettrico uniforme che attraversa una superficie di area A , se le linee di campo elettrico e la superficie sono ortogonali in ogni punto, si può definire un "flusso del campo elettrico" come la grandezza (scalare) $E \cdot A$. Se la superficie è parallela alle linee di campo, il flusso è nullo.

Si può dunque definire in modo del tutto generale il flusso di campo elettrico uniforme come:

$$\phi = E \cdot A \cos(\theta)$$

Nel SI si misura in $[\phi] = \frac{N \cdot m^2}{C}$

- Il flusso di campo elettrico è positivo se le linee di campo lasciano il volume racchiuso dalla superficie;
- Il flusso di campo elettrico è negativo se le linee di campo entrano nel volume racchiuso dalla superficie.

LEGGE DI GAUSS

il flusso del campo elettrico attraverso una superficie chiusa arbitraria è proporzionale alla carica racchiusa al suo interno e vale :

$$\phi = \frac{q}{\epsilon_0}$$

Si è definita la permittività dielettrica del vuoto

$$\epsilon_0 = 8,85419 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{(N \cdot m^2)}$$

La legge di Gauss può essere utilizzata per calcolare il campo elettrico di sistemi fisici con geometrie semplici, nota la distribuzione di carica.

- Guscio sferico :

In un guscio sferico fatto di materiale conduttore con una carica positiva $+Q$ al centro, si può ricavare (applicando la legge di Gauss in gusci radiali) la dipendenza del campo elettrico dalla distanza dal centro:

1. All'interno della regione cava ($r_1 < R_A$):

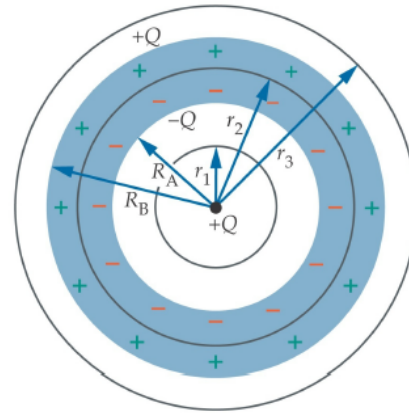
$$E = \frac{kQ}{r_1^2} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r_1^2}$$

2. All'interno del conduttore ($R_A < r_2 < R_B$):

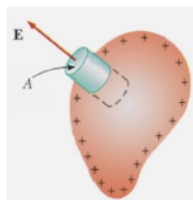
$$E = 0$$

3. All'esterno del guscio ($r_3 > R_B$):

$$E = \frac{kQ}{r_3^2} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r_3^2}$$



- Distribuzioni continue di carica

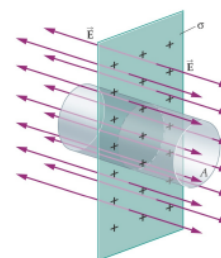


1. Campo elettrico nelle vicinanze della superficie di un conduttore uniformemente carico con densità superficiale di carica $\sigma = Q/A$ (in C/m^2):

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

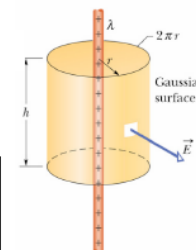
2. Campo elettrico generato da una lastra piana e uniformemente carica con densità superficiale σ :

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



3. Campo elettrico generato da un filo infinitamente lungo con densità lineare di carica $\lambda = Q/L$, a distanza r dal filo:

$$E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r}$$



ENERGIA POTENZIALE ELETTRICA E POTENZIALE ELETTRICO

Si può dunque definire una variazione di energia potenziale associata alla forza (conservativa) elettrica, data da:

$$\Delta U = -L = q_0 * E * d$$

Risulta utile la definizione del "potenziale elettrico" come la variazione di energia potenziale per unità di carica:

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q_0}$$

Il potenziale elettrico si misura in $[V] = \frac{Joule}{Coulomb} = Volt(V)$.

CONSERVAZIONE DELL' ENERGIA

Per una particella carica in un campo elettrico valgono le stesse considerazioni svolte per un oggetto di massa m in un campo di forze conservativo, dato che la forza elettrica è conservativa. Trascurando altre forze, vale la conservazione dell'energia meccanica totale:

$$\frac{1}{2}mv_A^2 + U_A = \frac{1}{2}mv_B^2 + U_B$$

dove $U=q*V$ rappresenta l'energia potenziale elettrica del sistema con carica q e massa m . La forza cui è soggetta una carica negativa è opposta alla direzione del campo, e dunque:

- le cariche positive accelerano nella direzione in cui il potenziale elettrico diminuisce;
- le cariche negative accelerano nella direzione in cui il potenziale elettrico aumenta.

POTENZIALE GENERATO DA UNA CARICA PUNTIFORME

Consideriamo una carica di prova $+q_0$ lasciata partire da ferma nel punto A e soggetta al campo elettrico di una carica $q=+Q$ posta nell'origine. La differenza di energia potenziale tra i punti B e A è:

$$U_B - U_A = k * q_0 * Q * \left(\frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A} \right)$$

La corrispondente variazione di potenziale è:

$$V_B - V_A = k * Q * \left(\frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A} \right)$$