Nella fisica classica un oggetto lasciato a sé stesso permane nel suo stato originario di quiete o di moto. Possiamo ricondurre ogni variazione di questo stato osservata in natura all'azione di una o più forze fondamentali sulle particelle di cui è costituito l'oggetto.
Alle particelle elementari interessate da una data forza fondamentale viene attribuita una proprietà intrinseca, o carica.
Le quattro forze fondamentali ad oggi osservate in natura sono:

- forza gravitazionale — massa gravitazionale
- forza elettromagnetica — carica elettrica
- forza nucleare debole } osservate nei processi
- forza nucleare forte } nucleari.

La forza elettromagnetica agente su una particella è descritta dalla legge di Lorentz:

$$\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B}$$

dove q è la carica elettrica della particella, $\vec{v}$ la sua velocità, e $\vec{E}$ e $\vec{B}$ sono i campi elettrico e magnetico, rappresentati come campi vettoriali, ossia funzioni che associano a ogni punto di una data regione di spazio un vettore. Questi vettori possono dipendere dal tempo.

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

Esempi di particelle cariche sono l'elettrone (carica negativa) e il protone (carica positiva). Entrambe queste particelle si trovano negli atomi. Il neutrone è elettricamente neutro.
Tutte le cariche osservate finora risultano essere multipli interi della carica dell'elettrone (esperimento di Millikan) e si parla di discretizzazione della carica. Il modulo della carica dell'elettrone è quindi adottato come carica elementare (è indicato col simbolo 'e').
La carica dell'elettrone è quindi: $q_e = -e$.
La carica del protone è: $q_p = +e$.
Nelle applicazioni di uso quotidiano, le cariche coinvolte sono pari a un numero molto elevato di cariche elementari (miliardi!). 'e' è la carica più piccola che possiamo ottenere.

La legge di Coulomb ci fornisce un metodo per misurare i campi $\vec{E}$ e $\vec{B}$ in un dato punto a un dato istante, ponendo in quel punto una carica sufficientemente piccola da non perturbare in modo apprezzabile il sistema dato. Chiamiamo questa carica 'carica di test' (q_t).
Misurando la forza agente su una carica a riposo ($\vec{v} = 0$) siamo in grado di ricavare $\vec{E}$:

$$\vec{F} = q_t \vec{E} \quad \rightarrow \quad \vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_t}$$

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

Noto il campo elettrico, possiamo procedere a misurare il campo magnetico:

$$\vec{F}_{mag} = \vec{F} - q_t \vec{E} \longrightarrow \vec{F}_{mag} = q_t \vec{v} \times \vec{B}$$

Per misurare il campo magnetico è necessario effettuare due misure, con la carica di test posta nello stesso punto a velocità (diverse e ortogonali fra loro) $\vec{v}_1$ e $\vec{v}_2$. Occorre notare che, per la presenza del prodotto vettoriale, la componente del vettore $\vec{B}$ parallela al vettore $\vec{v}_1$ non può essere misurata, ed è quindi ignota. La indichiamo con $C_1 \vec{v}_1$

$$\vec{B} = \frac{\vec{F}_{mag\,1} \times \vec{v}_1}{q_t v_1^2} + C_1 \vec{v}_1 \quad (1)$$

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

E ripetendo la misura con velocità $\vec{v}_2$ otteniamo:

$$\vec{B} = \frac{\vec{F}_{mag\,2} \times \vec{v}_2}{q_t v_2^2} + C_2 \vec{v}_2 \quad (2)$$

di $\vec{B}$

Si noti che la componente parallela a $\vec{v}_1$ (e comunque non misurabile nel primo caso) è ortogonale a $\vec{v}_2$ (e quindi misurabile nel secondo caso).
Calcolando il prodotto scalare di (1) e (2) per $\vec{v}_1$ siamo in grado di determinare C_1:

$$\left(\frac{\vec{F}_{mag\,2} \times \vec{v}_2}{q_t v_2^2}\right) \cdot \vec{v}_1 + C_2 \cancel{\vec{v}_2 \cdot \vec{v}_1} = \left(\frac{\vec{F}_{mag\,1} \times \vec{v}_1}{q_t v_1^2}\right) \cdot \vec{v}_1 + C_1 v_1^2$$

$\vec{v}_2 \perp \vec{v}_1$ (0) ; $\vec{v}_1 \times \vec{v}_1 = 0$

$$C_1 = \frac{\left(\vec{F}_{mag\,2} \times \vec{v}_2\right) \cdot \vec{v}_1}{q_t v_2^2 v_1^2}$$

Sostituendo, si trova infine

$$\vec{B} = \frac{1}{q_t}\left[\frac{\vec{F}_{mag1} \times \vec{v}_1}{v_1^2} + \frac{1}{r_1^2}\left(\frac{\vec{F}_{mag2} \times \vec{v}_2}{r_2^2} \cdot \vec{v}_1\right)\vec{r}_1\right]$$

In linea di principio potremmo prendere come carica di test un elettrone. Le forze misurate (a parità di velocità) sarebbero quindi le forze più piccole osservabili per un dato campo magnetico o elettrico, e la forza misurata con una qualsiasi altra particella (o oggetto) sarebbe un multiplo intero di quella agente sull'elettrone.

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

La legge di Lorentz ci ha permesso di dare una definizione operativa dei campi elettrico e magnetico. Si è osservato sperimentalmente che questi campi soddisfano alcune relazioni molto importanti, note come equazioni di Maxwell, che rappresentano una formulazione molto concisa delle leggi dell'elettromagnetismo.

Dall'analisi delle Equazioni di Maxwell si può osservare che il campo elettromagnetico è generato localmente da qualunque distribuzione elettrica (costante o variabile nel tempo) e che può manifestarsi anche in assenza di cariche (nel vuoto) sotto forma di onda elettromagnetica.

Le leggi di Maxwell, in forma integrale, sono:

1) $\oint \vec{E} \cdot \hat{n}\, da = \frac{q_{in}}{\varepsilon_0}$ legge di Gauss per il campo elettrico

2) $\oint \vec{B} \cdot \hat{n}\, da = 0$ legge di Gauss per il campo magnetico

3) $\oint_{\gamma(S)} \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot \hat{n}\, da$ legge di Faraday

4) $\oint_{\gamma(S)} \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \left[i_{enc} + \varepsilon_0 \int_S \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \cdot \hat{n}\, da \right]$ legge di Ampère-Maxwell

Le costanti ε_0 e μ_0 sono dette, rispettivamente, permittività elettrica del vuoto e permeabilità

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745