

## CARICA ELETTRICA

I corpi che manifestano la proprietà di attirare i corpuscoli si dicono elettrizzati o elettricamente carichi

**Carica elettrica** nuova grandezza fisica che misura lo stato di elettrizzazione dei corpi, responsabile delle **forze elettriche** che si manifestano tra corpi elettrizzati

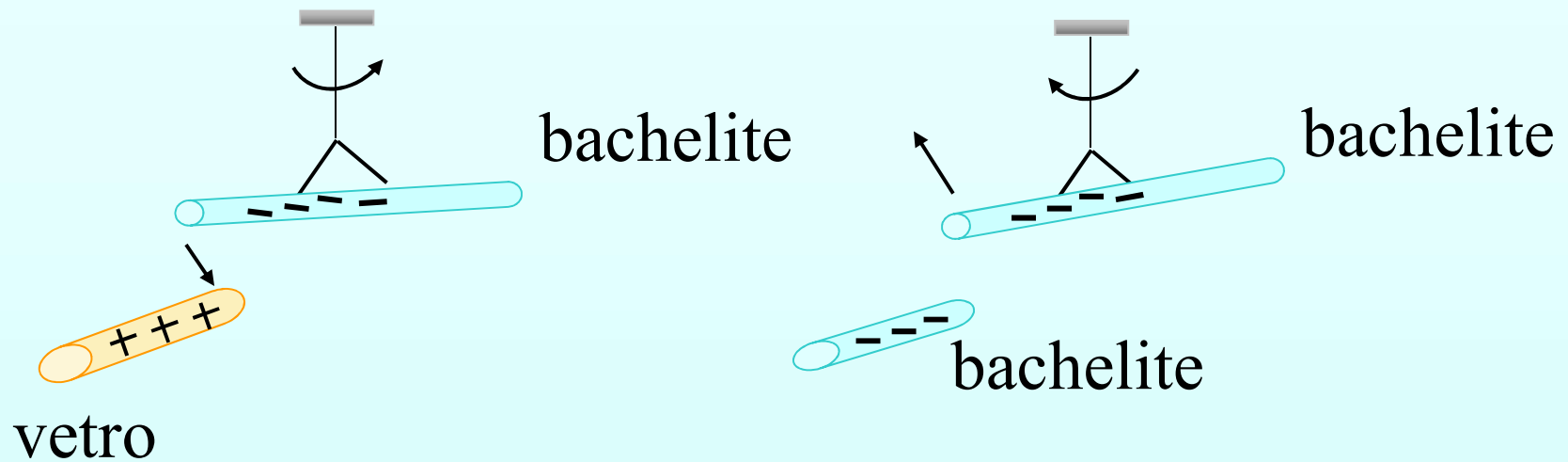
In base al loro comportamento elettrico i materiali si suddividono in

**Isolanti:** si caricano per strofinio e sono in grado di trattenere la carica elettrica

**Conduttori:** non si elettrizzano per strofinio, le cariche in essi possono fluire da un punto ad un altro

Elettrizzando per strofinio un isolante con un panno si verifica sperimentalmente che:

**esistono due tipi di carica elettrica**



**Carica positiva** compare sulle sostanze tipo vetro

**Carica negativa** compare sulle sostanze tipo bachelite

**cariche dello stesso segno si respingono  
cariche di segno opposto si attraggono**

## Struttura atomica della materia

I fenomeni di elettrizzazione si possono spiegare considerando che la materia è costituita da atomi, i cui costituenti elementari sono:

**elettrone, protone e neutrone**

Dimensioni	Massa	Carica
$e < 10^{-17} \text{ m}$	$9.1091 \cdot 10^{-31} \text{ Kg}$	$-1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
$p \quad 10^{-15} \text{ m}$	$1.6725 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$	$+1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
$n \quad 10^{-15} \text{ m}$	$1.6748 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$	0

Carica dell'elettrone =  $-e$  = **carica elementare**

Carica del protone =  $+e$

Tutte le particelle hanno cariche multiple della carica dell'elettrone:

**la carica elettrica è quantizzata**

(esperienza di Millikan)

Elettroni e protoni sono presenti nell'atomo in numero uguale  $\Rightarrow$  l'atomo è neutro

Protoni e neutroni costituiscono il nucleo, attorno al quale si muovono gli elettroni

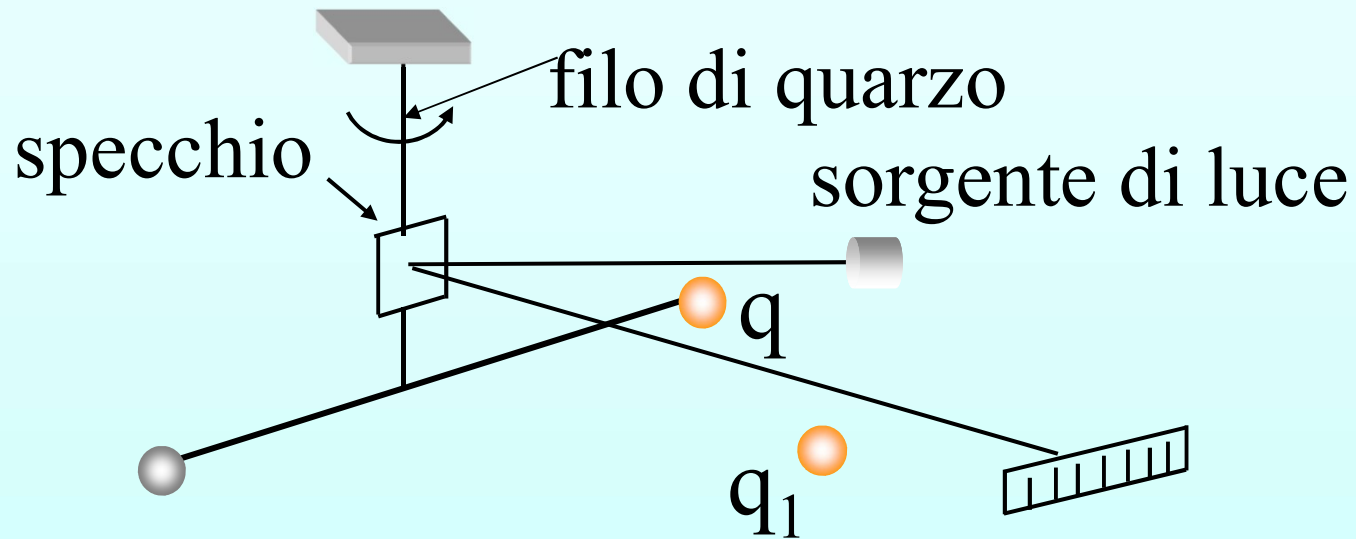
Nei materiali **isolanti**  
gli elettroni sono ben vincolati al nucleo

Nei materiali **conduttori**  
gli elettroni sono liberi di muoversi

Negli isolanti il processo di strofinio  
separa le cariche del corpo e le trasferisce ad un altro:  
**i due corpi inizialmente neutri**  
**acquistano cariche uguali ed opposte**

**Carica iniziale** dei due corpi = 0 = **carica finale**

# La legge di Coulomb



Per misurare l'intensità della forza che agisce tra due sferette elettrizzate  $q$  e  $q_1$ , Coulomb utilizzò una bilancia di torsione, analoga a quella utilizzata successivamente da Cavendish, ottenendo i seguenti risultati:

$$F \propto \frac{1}{r^2}$$

**F**  $\propto$  allo stato di elettrizzazione delle sferette

**F** diretta lungo la congiungente le due cariche



## Definizione operativa della carica elettrica, mediante la misura di forze elettriche

$F_1$  forza esercitata da  $q$  su  $q_1$  a distanza  $r$

$F_2$  forza esercitata da  $q$  su  $q_2$  a distanza  $r$

Si osserva che

$$\frac{F_1}{F_2}$$

dipende solo dallo stato di elettrizzazione di  $q_1$  e  $q_2$

Si può quindi esprimere tale rapporto come

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{q_1}{q_2}$$

Fissata una carica campione  $q_0$  si può misurare qualunque altra carica mediante la relazione

$$q_1 = q_0 \frac{F_1}{F_0}$$

Unità di misura della carica elettrica nel S.I.:  
**Coulomb** = carica trasportata da una corrente di 1 Ampère in un secondo

Per due cariche puntiformi  $q_1$  e  $q_2$

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$k = 8.9875 \cdot 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$$

k si esprime come  $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$

$$\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N} \cdot \text{m}^2}$$

costante dielettrica  
del vuoto

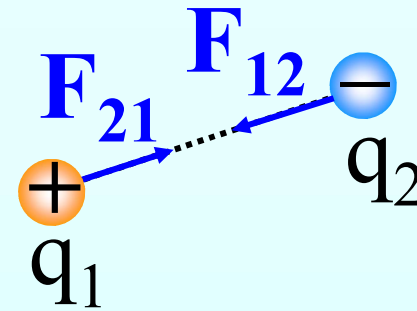
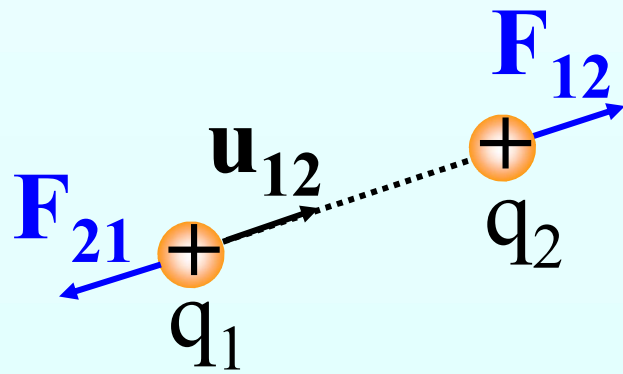
### Legge di Coulomb in forma vettoriale

$\mathbf{u}_{12}$  versore della direzione che va da  $q_1$  a  $q_2$

$\mathbf{u}_{21}$  versore della direzione che va da  $q_2$  a  $q_1$

$\mathbf{F}_{12}$  forza esercitata da  $q_1$  su  $q_2$  a distanza  $r$

$\mathbf{F}_{21}$  forza esercitata da  $q_2$  su  $q_1$  a distanza  $r$



$$\mathbf{F}_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \mathbf{u}_{12} =$$

$$= -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \mathbf{u}_{21} = -\mathbf{F}_{21}$$

## Principio di sovrapposizione

$q_1, q_2, q_0$  cariche puntiformi

$q_0$  interagisce con  $q_1$ :  $\mathbf{F}_{10}$  forza agente su  $q_0$

$q_0$  interagisce con  $q_2$ :  $\mathbf{F}_{20}$  forza agente su  $q_0$

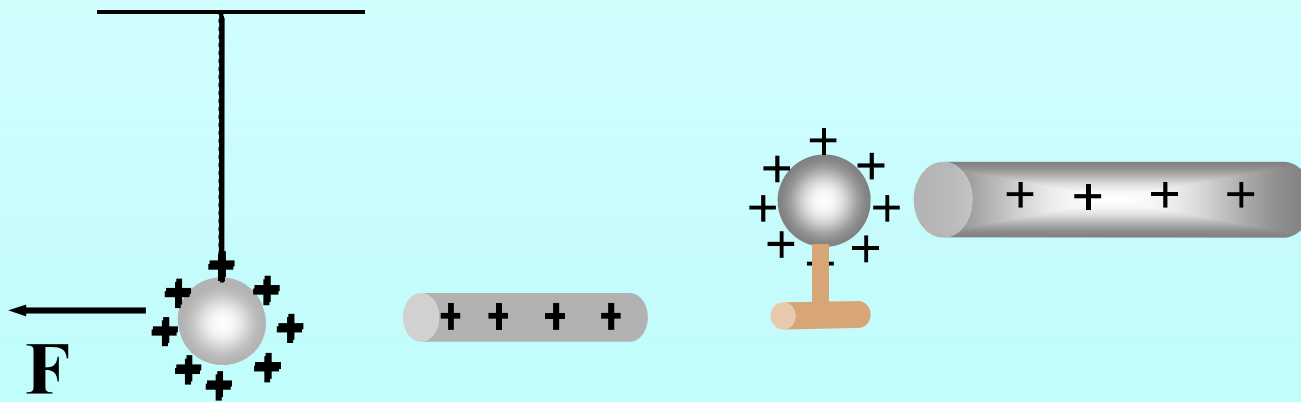
$q_0$  interagisce simultaneamente con  $q_1$  e  $q_2$ :

$\mathbf{F}_{10} + \mathbf{F}_{20}$  forza risultante su  $q_0$

# INDUZIONE ELETTROSTATICA

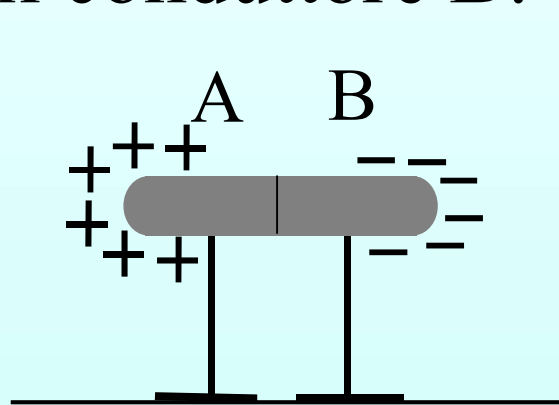
Conduttore caricato per contatto

Se con una bacchetta carica si tocca un pendolino elettrico (sferetta leggerissima coperta da un sottile strato metallico), esso viene respinto: durante il contatto una parte della carica della bacchetta viene ceduta al conduttore



## Conduttore caricato per induzione

Il conduttore A è inizialmente in contatto con il conduttore B:



A + B conduttore unico

Avviciniamo a questo un corpo carico:

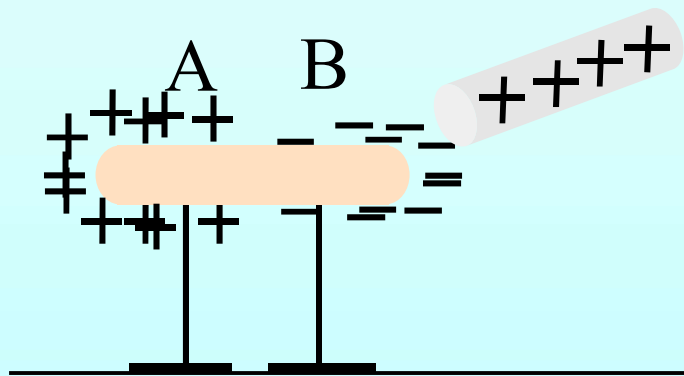
cariche di segno contrario si affacciano su B

(parte più vicina alla carica inducente)

cariche dello stesso segno su A

(parte più lontana)

Separiamo A e B e allontaniamo la bacchetta:  
ciascuno dei due conduttori rimane carico  
con carica di un solo segno



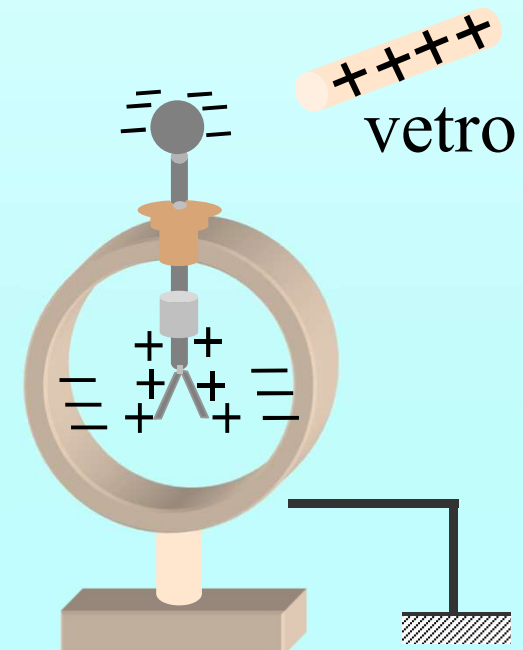


## Elettroscopio a foglie:

rivela lo stato di carica relativo

Un corpo carico positivamente  
viene avvicinato all'elettroscopio

A causa dell'induzione elettrostatica  
cariche negative si affacciano sulla sferetta,  
lasciando un eccesso di cariche positive sulle foglie  
che si respingono e quindi divergono



Un elettroscopio a contatto con un corpo carico si carica permanentemente

Avvicinando ad un elettroscopio carico un corpo carico si può determinare il segno della carica:

carica dello stesso segno  $\Rightarrow$   
aumento della divergenza delle foglie

carica di segno opposto  $\Rightarrow$   
diminuzione della divergenza

Per scaricare l'elettroscopio basta toccare con la mano il conduttore centrale, collegandolo a *terra*

Nell' induzione, come nell'elettrizzazione per strofinio, non si ha creazione di carica elettrica, ma solo separazione di cariche

Evidenza sperimentale del

**principio di conservazione della carica**

**la carica elettrica di un sistema isolato non varia**

È solo possibile

**un trasferimento di  $n$  elettroni**

da un corpo ad un altro (per contatto)

**o una separazione di carica**

(per induzione o per strofinio)

# CAMPO ELETTROSTATICO

In un punto dello spazio è presente un campo elettrico se una carica posta in quel punto è soggetta ad una forza elettrica

## Definizione operativa di campo elettrico

Esploriamo i punti dello spazio circostante con un corpo carico con  $q_0$  carica **positiva**, "**carica di prova**", di piccolo valore localizzata su un corpo di dimensioni tali da poterlo considerare puntiforme

Sperimentalmente si osserva che

**F** forza elettrica agente su  $q_0$  posta in P è  $\propto q_0$

$$\mathbf{F} = q_0 \mathbf{E}$$

Misurando **F** per ogni punto P(x,y,z), possiamo associare a P, indipendentemente da  $q_0$ , un campo elettrico **E** mediante la relazione

$$\mathbf{E}(x, y, z) = \frac{\mathbf{F}(x, y, z)}{q_0}$$

**E** = forza per unità di carica =  
forza agente su una carica unitaria

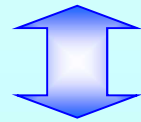
**E** "campo elettrostatico"

**E** "campo vettoriale"

Direzione e verso di **E**  $\equiv$  direzione e verso di **F**

Modulo di **E** = rapporto tra  $|\mathbf{F}|$  e  $q_0$

In un riferimento cartesiano conoscere **E**



associare a  $P(x, y, z)$

$E_X(x, y, z), E_Y(x, y, z), E_Z(x, y, z)$

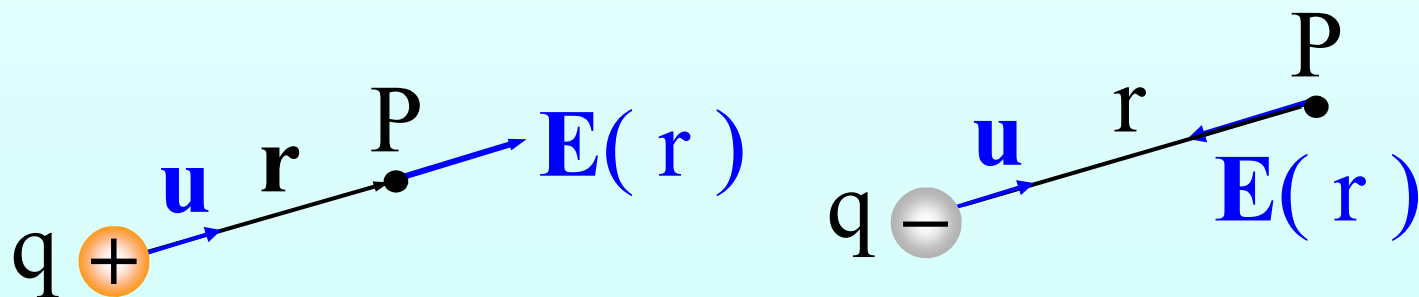
$$\mathbf{E}(x, y, z) = E_X(x, y, z)\mathbf{i} + E_Y(x, y, z)\mathbf{j} + E_Z(x, y, z)\mathbf{k}$$

In generale, mediante il vettore posizione  $\mathbf{r}$  rispetto ad una origine  $O$

$$\mathbf{E} = \mathbf{E}(\mathbf{r})$$

Unità di misura per il campo elettrico:  
Newton/Coulomb (N/C)  
o equivalentemente  
Volt/metro (V/m)

Campo elettrico generato da una carica puntiforme  $q$  positiva in un punto  $P$



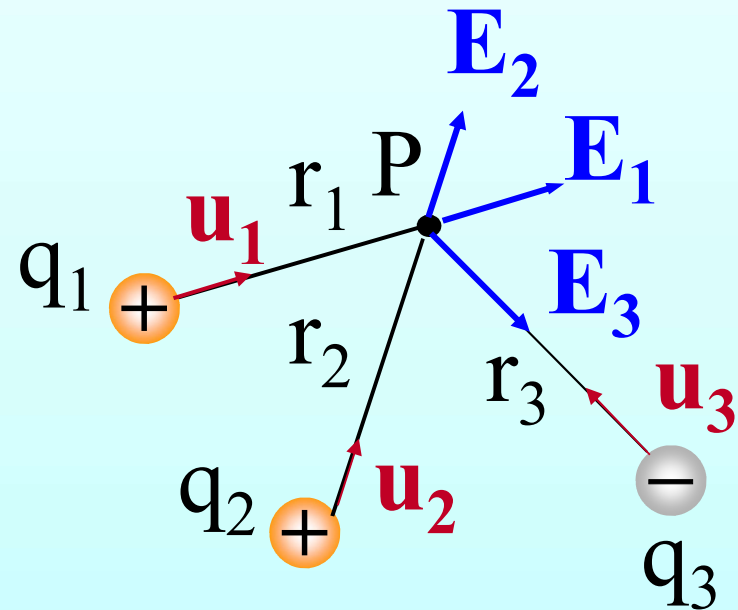
$$\mathbf{E}(r) = \frac{\mathbf{F}}{q_0} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_0 q}{q_0 r^2} \mathbf{u} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \mathbf{u}$$



## Campo $\mathbf{E}$ generato in $P$ da un numero finito di cariche puntiformi $q_i$

$$\mathbf{E}_i = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_i}{r_i^2} \mathbf{u}_i$$

campo generato in  $P$   
dalla carica puntiforme  $q_i$

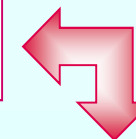


Per il principio di sovrapposizione

$$\mathbf{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^N \frac{q_i}{r_i^2} \mathbf{u}_i$$

# Campo elettrico prodotto da distribuzioni continue

Distribuzioni continue di carica

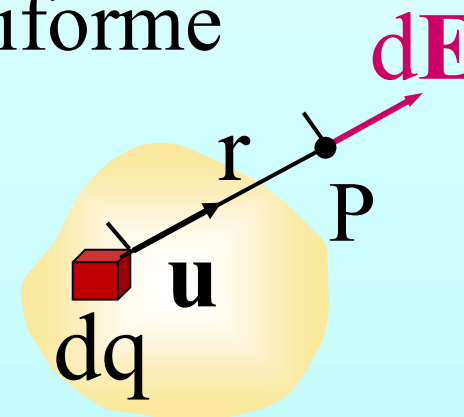


numero molto grande di cariche elementari  $dq$   
distribuite in regioni dello spazio,  
le cui dimensioni non consentono  
l'approssimazione di carica puntiforme

$d\mathbf{E}$  campo prodotto da  $dq$

$$d\mathbf{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{dq}{r^2} \mathbf{u}$$

$$\mathbf{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_C \frac{dq}{r^2} \mathbf{u}$$



## Carica distribuita in un volume

$$\rho = \frac{dq}{dV}$$

densità volumetrica di carica

$$dq = \rho dV$$

Distribuzione uniforme ( $\rho = \text{cost}$ )  $\Rightarrow q = \rho V$

## Carica distribuita sulla superficie dei corpi

$$\sigma = \frac{dq}{dS}$$

densità superficiale di carica

$$dq = \sigma dS$$

Distribuzione uniforme ( $\sigma = \text{cost}$ )  $\Rightarrow q = \sigma S$

Analogamente per

distribuzioni lineari di carica

$$\lambda = \frac{dq}{d\ell}$$

$$dq = \lambda d\ell$$