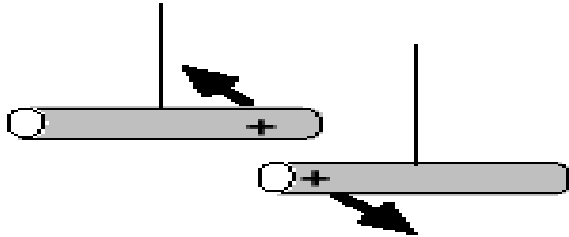


## **PRIMA LEZIONE**

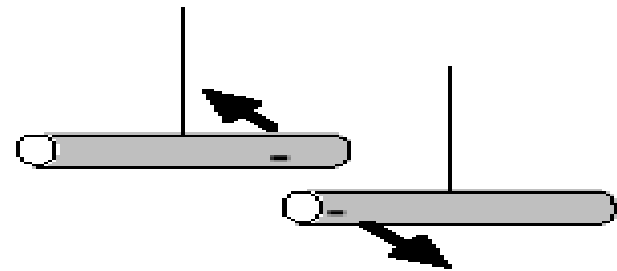
### **INTERAZIONE ELETTROSTATICA: Forza elettrica e Campo elettrico**

- **Evidenza dell' interazione elettrica;**
- **Interazione fra cariche elettriche;**
- **Forza di Coulomb;**
- **Unità di misura della carica elettrica;**
- **Principio di conservazione della carica;**
- **Confronto tra interazione gravitazionale e interazione elettrica;**
- **Il campo elettrico;**
- **Le linee di forza del campo elettrico;**
- **Il campo elettrico di una carica puntiforme;**
- **Campo elettrico di una distribuzione di carica puntiformi;**
- **Campo di una distribuzione continua di carica;**

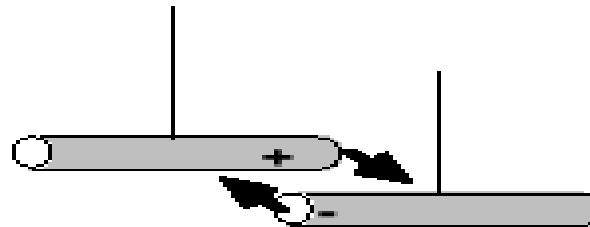
# INTERAZIONE ELETTRICA



*Bacchette di vetro strofinato con seta si respingono*



*Bacchette di gomma strofinate con pelle si respingono*



*Una bacchetta di vetro ed una di gomma, se strofinate, si attraggono*

Si è costretti ad introdurre due tipi di carica per convenzione:

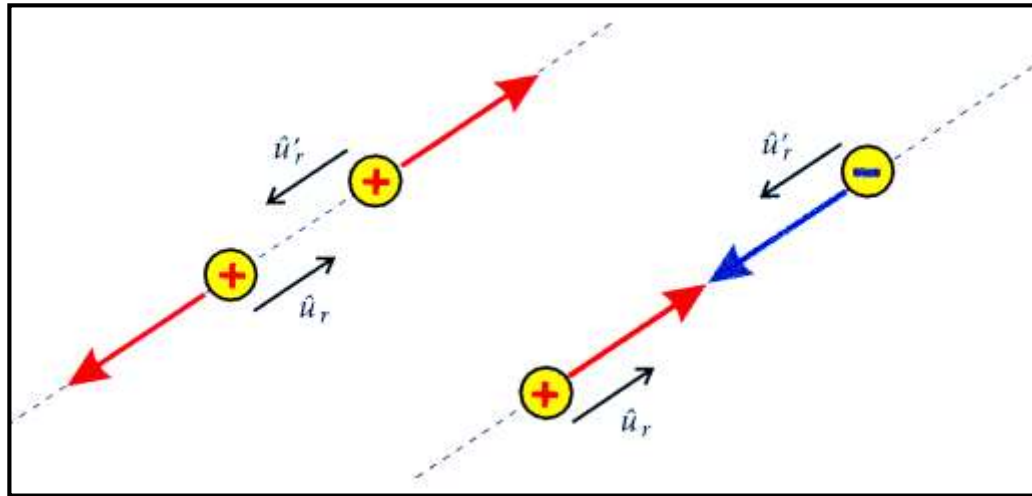
**CARICA ELETTRICA POSITIVA**

(vetro strofinato su seta)

**CARICA ELETTRICA NEGATIVA**

(gomma strofinata su pelle)

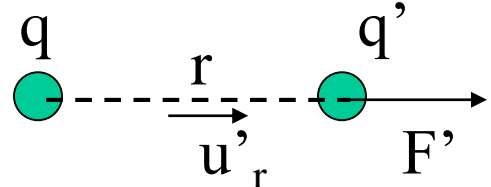
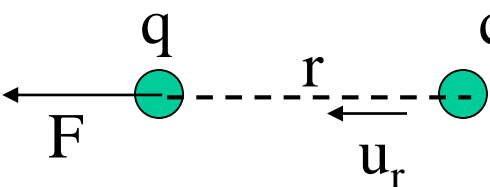
**Due cariche di ugual segno si respingono.**  
**Due cariche di segno opposto si attraggono.**



$\vec{u}_r$  e  $\vec{u}'_r$  sono versori

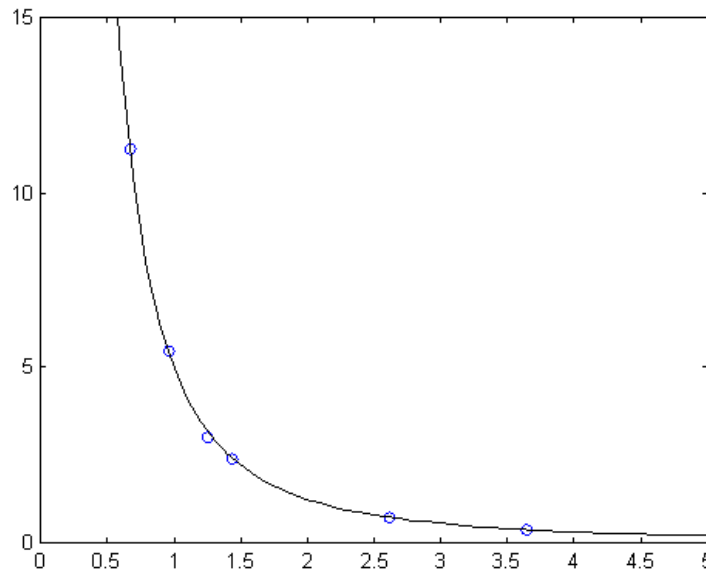
# La forza di Coulomb

descrive la forza che si scambiano due cariche puntiformi poste alla distanza  $r$

$$\vec{F} = k_e \frac{qq'}{r^2} \vec{u}_r$$


$\vec{u}_r$  è un versore con direzione congiungente le due cariche  
 $k_e$  è una costante

**FORZA**  
tra 2 cariche



distanza  $r$  tra 2 cariche

**Andamento  
sperimentale della forza  
che si scambiano 2  
cariche puntiformi in  
funzione della distanza**

# UNITA' DI MISURA DELLA CARICA

fissato il valore della costante  $k_e$  nel S.I.

$$k_e = 10^{-7} \text{ c}^2 = 8.9874 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$$

(c velocità della luce nel vuoto)

$$\vec{F} = k_e \frac{qq'}{r^2} \vec{u}_r$$

resta fissata l'unità di carica che prende il nome di **Coulomb**, con il simbolo **C**.

Un coulomb è quella carica che, posta alla distanza di un metro da una carica uguale nel vuoto, la respinge con una forza pari a


$$10^{-7} \text{ c}^2 \text{ N} = 8.9874 \cdot 10^9 \text{ N}$$

Per motivi di calcolo si esprime  $k_e$  come:

$$k_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

per cui nel vuoto:

$$\vec{F} = \frac{qq'}{4\pi\epsilon_0 r^2} \vec{u}_r$$

 Legge di Coulomb

$$\epsilon_0 = 10^7 / (4\pi \text{ c}^2) = 8.854 \cdot 10^{-12} \text{ N}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ C}^2$$

# **PRINCIPIO DI CONSERVAZIONE DELLA QUANTITA' DI CARICA**

Si è sperimentalmente verificato che in tutti i processi osservati

LA CARICA NETTA O TOTALE DI UN  
SISTEMA ISOLATO NON CAMBIA

# CONFRONTO TRA INTERAZIONE GRAVITAZIONALE E INTERAZIONE ELETTRICA

di due corpi con massa  $m_1$  e carica  $q_1$   
e con massa  $m_2$  e carica  $q_2$

Forza gravitazionale

$$F_g = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Forza elettrica

$$F_E = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

Confrontiamo l'entità dell'interazione gravitazionale

e di quella elettrica per due protoni  $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27}$  Kg   carica  $e = 1.6 \cdot 10^{-19}$  C

di massa  $m_p$  e carica  $e$ :

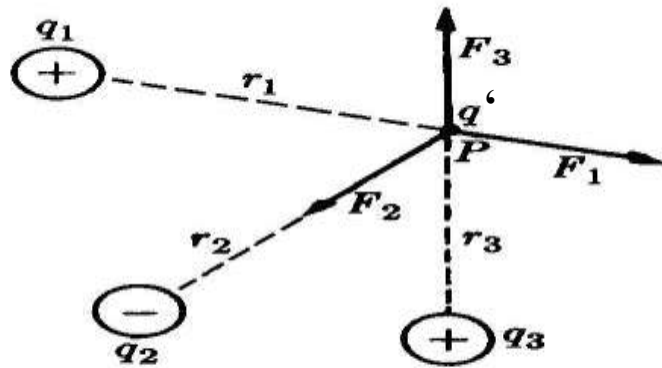
$$\frac{\text{int. elettrica}}{\text{int. gravit.}} = \frac{F_E}{F_G} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 G m_p^2} = 1.24 \cdot 10^{36}$$

Per un protone ed un elettrone abbiamo:  $\frac{\text{int. elettrica}}{\text{int. gravit.}} = 2.27 \cdot 10^{39}$

**Quindi nella struttura della materia a livello  
atomico l'interazione gravitazionale  
non gioca alcun ruolo**

Per le forze elettriche vale il **principio di sovrapposizione degli effetti**.

Cioè la forza che agisce sulla carica di prova  $q'$  è la somma vettoriale delle forze dovute a  $q_1$ ,  $q_2$  e  $q_3$  prese separatamente



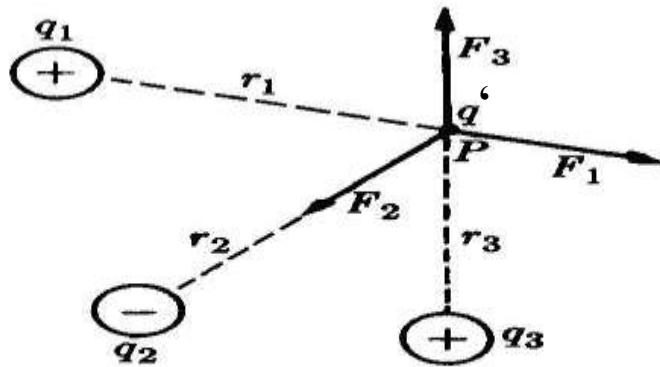
**Figura 21.7** Forza elettrica risultante su  $q$  prodotta da diverse cariche.

$$\vec{F} = \left( \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 \right)$$



## IL CAMPO ELETTRICO $\vec{E}$

è definito come la forza che agisce su una carica unitaria “di sonda” per via di una qualsiasi distribuzione di cariche.



**Figura 21.7** Forza elettrica risultante su  $q$  prodotta da diverse cariche.

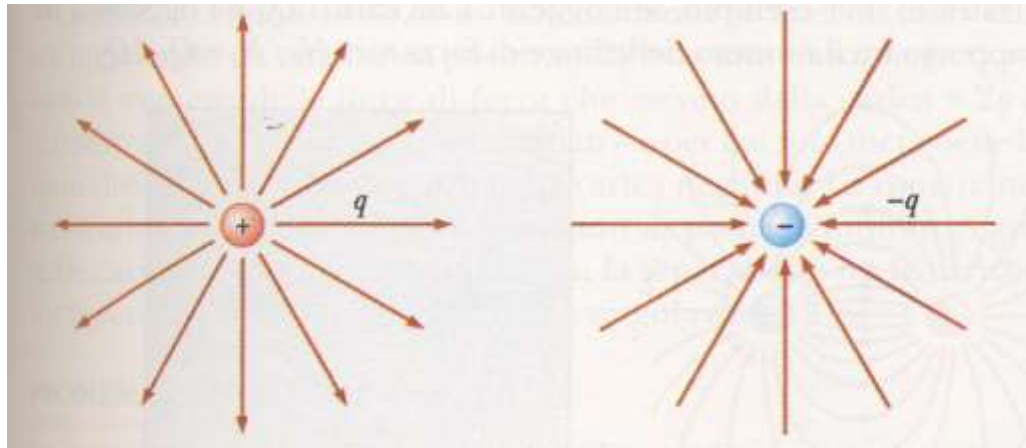
$$\vec{E} = \frac{(\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3)}{q'} = \frac{\vec{F}}{q'}$$

L'unità di misura del campo elettrico  
nel S.I. è  $[\mathbf{E}] = \text{N/C}$

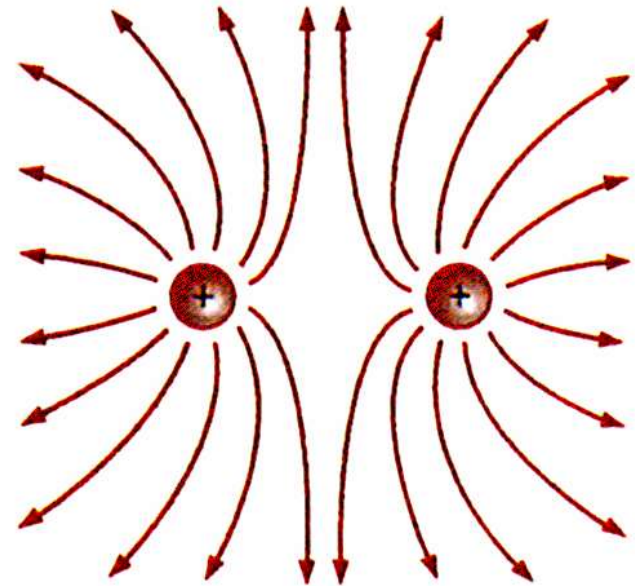
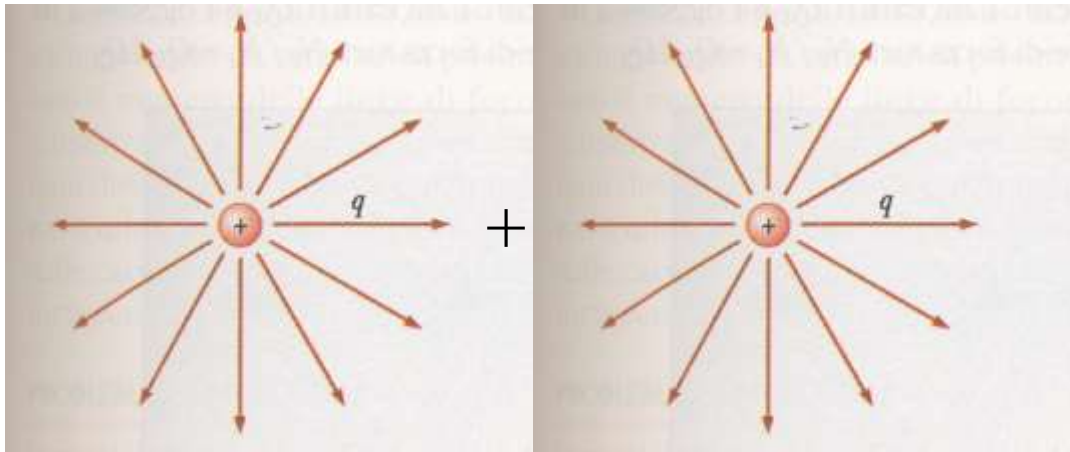
# Le linee di forza del campo elettrico

sono una rappresentazione del campo  
in cui si disegnano linee tangenti ad  $\vec{E}$   
in ogni punto dello spazio.

Le linee di forza del campo  
elettrico di una carica puntiforme  
sono radiali



**Le linee di forza del campo di più cariche si deformano e si incurvano per seguire l'andamento del campo risultante**



Il campo elettrico di una  
carica puntiforme  
è espresso dalla formula

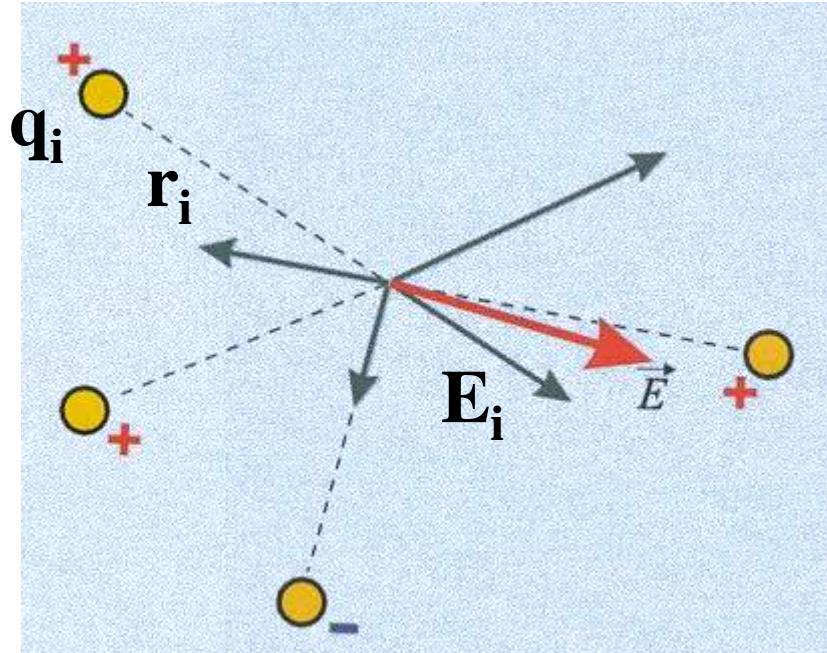
$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q'} = \frac{q}{4\pi\epsilon_o r^2} \vec{u}_r$$

$q$  carica sorgente

$\vec{u}_r$  versore

$r$  distanza tra carica sorgente  
e carica di prova  $q'$

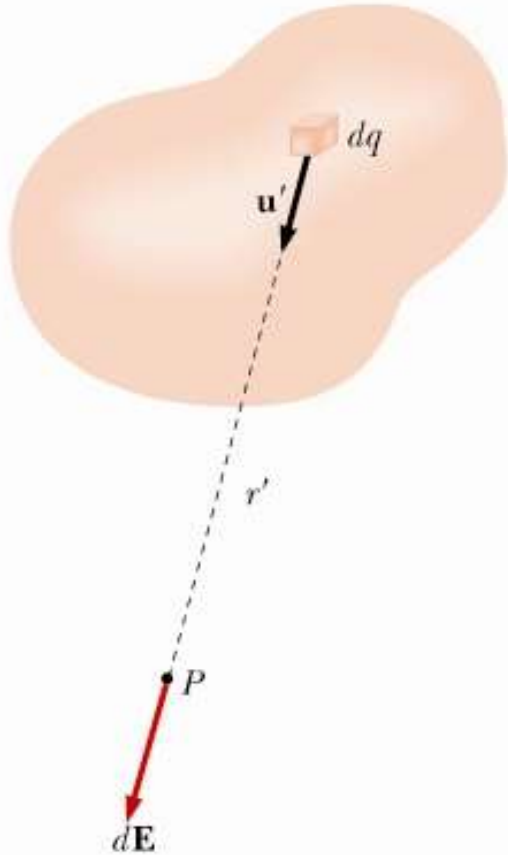
Per i campi elettrici vale il principio di sovrapposizione degli effetti



$$\vec{E}(\vec{r}) = \sum_i \vec{E}_i(\vec{r}) = \sum_i \frac{q_i}{4\pi\epsilon_o r_i^2} \vec{u}_{\vec{r},i}$$

$\vec{E}_i$  campo elettrico generato dalla i-esima carica,  $\vec{r}_i$  vettore posizione della carica di prova unitaria,  $\vec{u}_{\vec{r},i}$  versore con la direzione della congiungente carica sorgente - carica di prova.

# Campo di una continua di carica



Il campo elettrico  $\mathbf{E}$  nel punto  $\mathbf{P}$  si ottiene scomponendo la distribuzione continua di carica di densità volumica  $\rho = dq/dV$  in tanti volumetti  $dV$  contenenti una carica  $dq$ . Ogni carica  $dq$  genera un campo  $d\mathbf{E}$  in direzione del versore  $\mathbf{u}'$ .

**Figura 1.18**

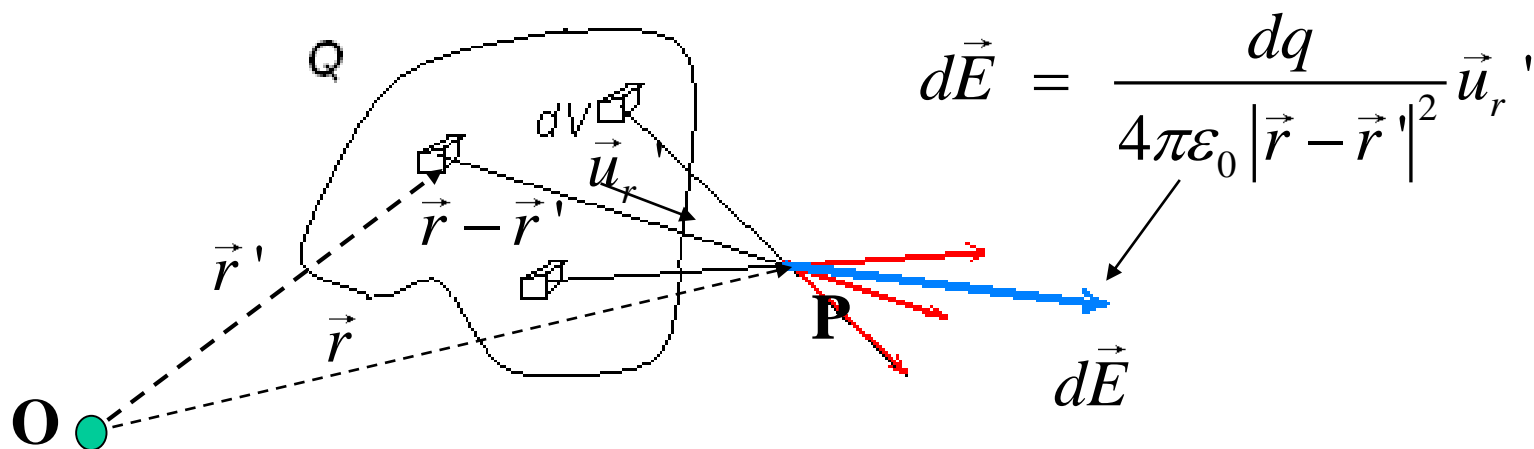
Campo elettrostatico prodotto da un elemento di una distribuzione di carica continua.

# Campo di una distribuzione continua di carica

Il campo elettrico  $\mathbf{E}$  nel punto  $\mathbf{P}$  si ottiene scomponendo la distribuzione continua di carica di densità volumica  $\rho = d\mathbf{q}/dV$  in tanti volumetti  $dV$  contenenti una carica  $d\mathbf{q}$

Ogni carica  $d\mathbf{q}$  genera un campo  $d\mathbf{E}$  in direzione del versore  $\mathbf{u}_r$

$$\vec{E}(P) = \int_Q d\vec{E} = k_e \int_Q \frac{dq}{|\vec{r} - \vec{r}'|^2} \vec{u}_r' = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_Q \frac{\rho}{|\vec{r} - \vec{r}'|^2} dV' \vec{u}_r'$$



# **PRINCIPI DELLA E.S.**

- **Legge di Coulomb → carica, campo elettrico**
- **Conservazione della carica**
- **Sovrapposizione degli effetti**