



L'ELETTROMAGNETISMO: DALL'AMBRA ALLA STRUTTURA DELLO SPAZIO-TEMPO

PROF. ARMANDO PISANI

LICEO SCIENTIFICO M. BUONARROTI – MONFALCONE

AS 2020-21

t I_n





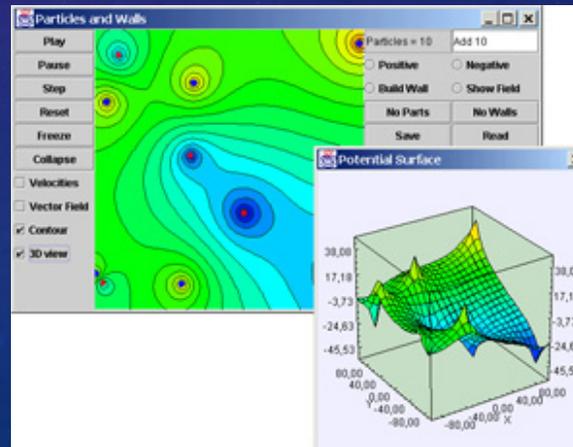
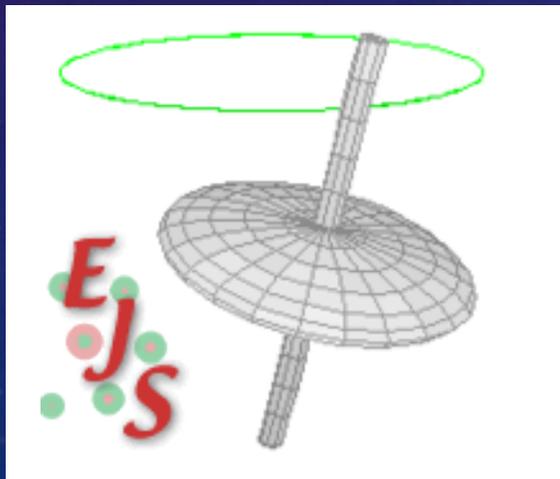
**PARTE PRIMA (A)
L'ELETTRICITÀ:
LA CARICA E LA
FORZA ELETTRICA**

**PROF. ARMANDO PISANI
LICEO SCIENTIFICO E LINGUISTICO M. BUONARROTI – MONFALCONE**

AS 2020-21

N.B.:

- Tutte le immagini non prodotte da me sono prese dal testo di fisica dell'Open Stax College su licenza CC
- Le simulazioni sono prodotte dal Ph.E.T. (University of Colorado, USA), oppure prodotte o modificate da me con E.J.S.



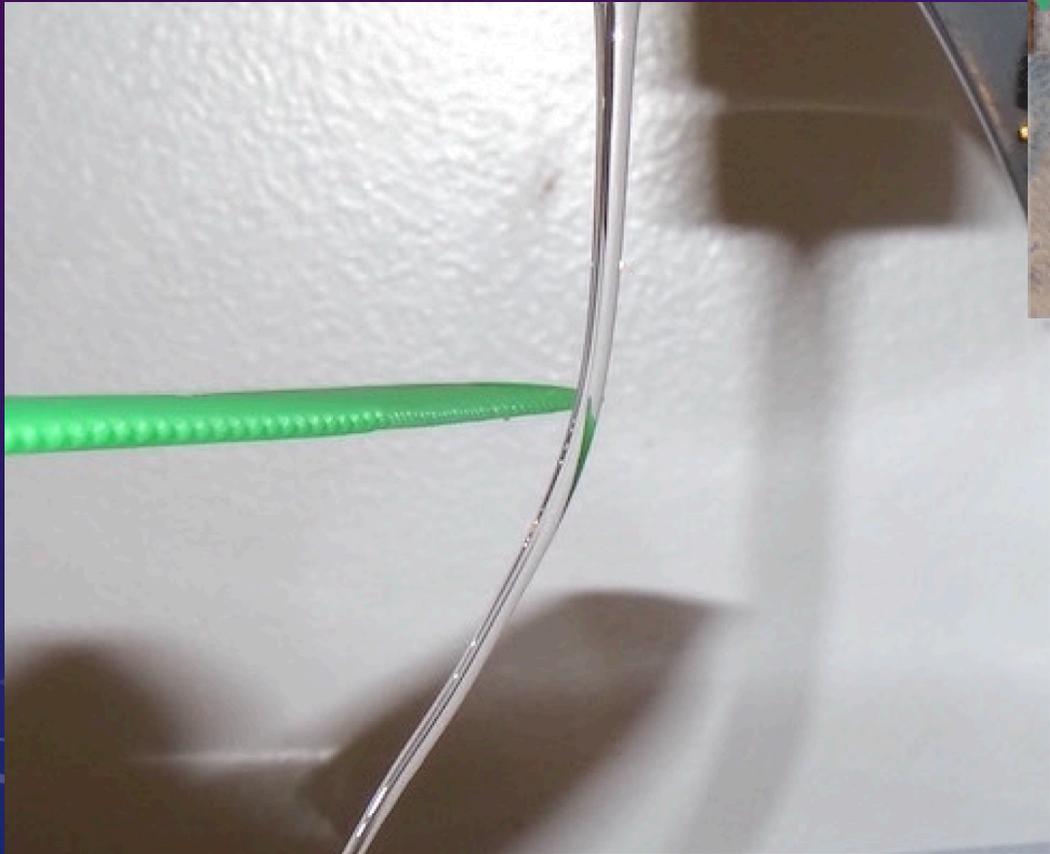
INTRODUZIONE

- **Elettricità: fenomeni che coinvolgono la carica elettrica.**
- Interviene in moltissimi fenomeni e tecnologie che usiamo: illuminazione el., orologi, motori el., calcolatori, TV, radio, telefoni, luce, arcobaleno, automobili, treni, aeroplani.
- Chimica: **tutta la struttura molecolare e cellulare è legata all'interazione elettrica.**
- Fisiologia: **la vista, il sistema nervoso ed il pensiero** sono fenomeni legati all'elettricità

INTRODUZIONE

- **Talete di Mileto (VI sec. A.C.):** primo documento sulle proprietà dell'ambra di attrarre piccoli oggetti come capelli o produrre piccole scintille.
- Batteria di Baghdad (III sec. A.C.): dispositivo simile ad una cella galvanica per rivestire di metallo
- Plinio il vecchio (I sec. A.C.) «Naturalis Historia»: riferisce di fenomeni di attrazione magnetica dal luogo di origine , Magnesia, di un minerale che attrae i metalli.
- **Ambra** (in greco antico ἤλεκτρον, *elektron*) è una resina fossile. Il termine «elettricità» deriva da questo.

L'ELETTRIZZAZIONE

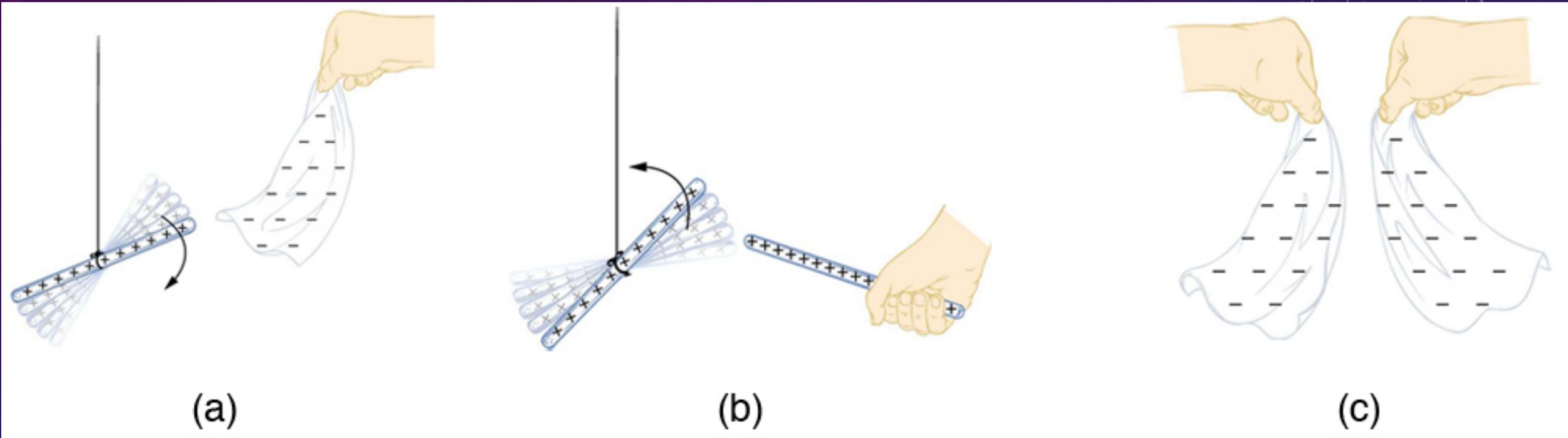


L'ELETTRIZZAZIONE

1

Fenomeni elettrostatici

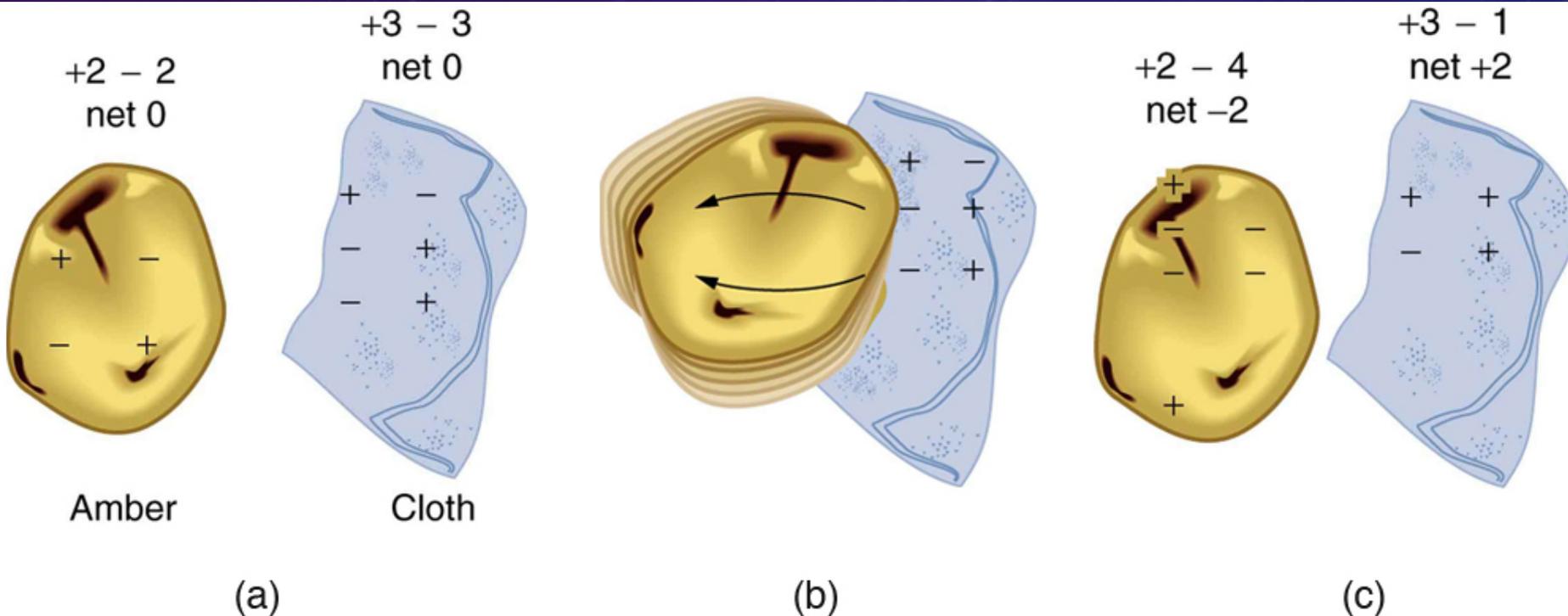
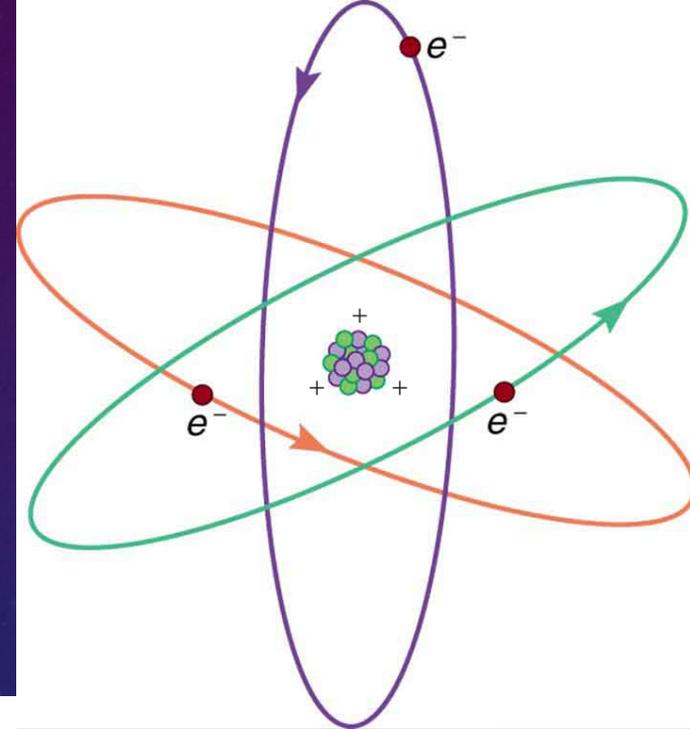
RIASSUMENDO:



- Due comportamenti diversi: attrattivo e repulsivo
- Due tipi di cariche: positiva e negativa.
- Cariche opposte si attraggono, cariche simili si respingono.

L'ELETTRIZZAZIONE: INTERPRETAZIONE

- Struttura atomica
- L'elettrizzazione è un trasferimento di carica.
- La carica totale si conserva.



L'ELETTRIZZAZIONE: UNA SIMULAZIONE PHET

QuickTime Player File Modifica Vista Finestra Aiuto

PhET: Simulazioni gratuite online di fisica, chimica, biologia e scienze della Terra

Indietro Avanti Ricarica Interrompi

https://phet.colorado.edu/it/ Cerca Stampa

Pagina iniziale Segnalibri Più visitati SeaMonkey mozillaZine mozdev.org

PhET: Simulazioni gratuite online di fi...

PhET
INTERACTIVE SIMULATIONS

University of Colorado Boulder

SIMULAZIONI INSEGNAMENTO RICERCHE ACCESSIBILITÀ **SOSTIENICI** 🔍 👤

PhET's COVID-19 resources: [remote learning tips](#), [HTML5 prototype sims](#), and [browser-compatible Java sims](#).
Help us keep students learning. [Donate Now](#)

**Simulazioni interattive per
Scienze e Matematica**

ESPLORA LE NOSTRE SIMULAZIONI

L'ELETTRIZZAZIONE: UNA SIMULAZIONE PHET

QuickTime Player File Modifica Vista Finestra Aiuto

Filtro - Simulazioni Interattive di PhET

Indietro Avanti Ricarica Interrompi

https://phet.colorado.edu/it/simulations/filter?subjects=physics&type=html&sort=alpha&view=grid

Cerca Stampa

Pagina iniziale Segnalibri Più visitati SeaMonkey mozillaZine mozdev.org

Filtro - Simulazioni Interattive di PhET

PhET INTERACTIVE SIMULATIONS University of Colorado Boulder

SIMULAZIONI INSEGNAMENTO RICERCHE ACCESSIBILITÀ **SOSTIENICI**

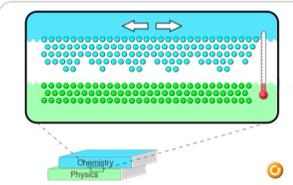
Simulazioni

Scorri Filtro

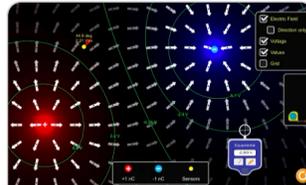
MATERIA × **43 Risultati** A-Z

- Fisica
 - Moto
 - Suono e Onde
 - Lavoro, Energia e Forze
 - Calore e temperatura
 - Fenomeni quantici
 - Luce e radiazione
 - Elettricità, Magnetismo e Circuiti elettrici
- Chimica
 - Chimica generale
 - Chimica quantistica
- Matematica

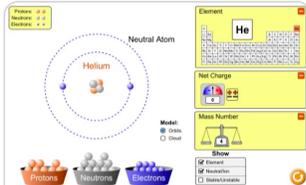
Fisica × HTML5 ×



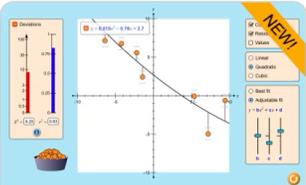
Attrito



Cariche e campi elettrici



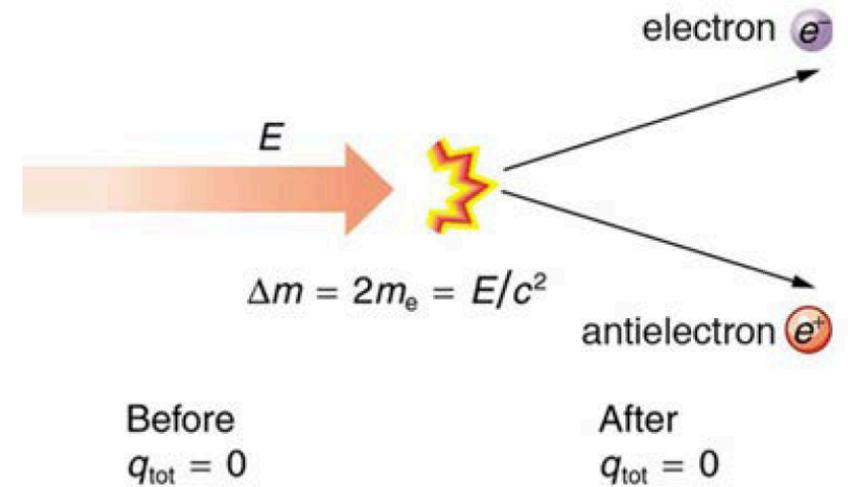
Costruisci un atomo



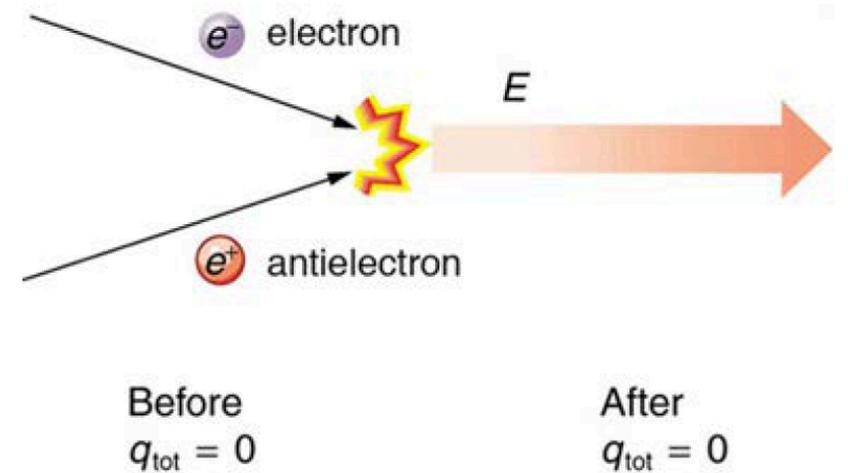
Curve Fitting

LA CONSERVAZIONE DELLA CARICA ELETTRICA

- Una legge molto generale:
- La carica può essere trasferita da un corpo ad un altro, ma non si crea né si distrugge:
- **In un sistema chiuso (che non scambia materia con l'esterno) la carica elettrica totale si mantiene costante nel tempo.**



(a)

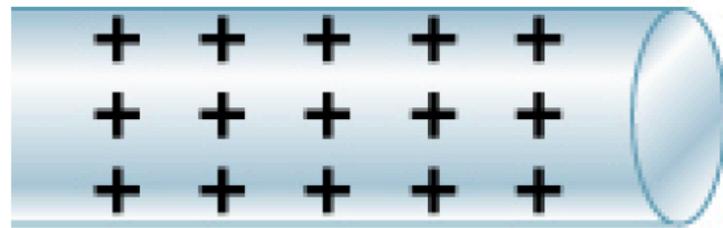


(b)

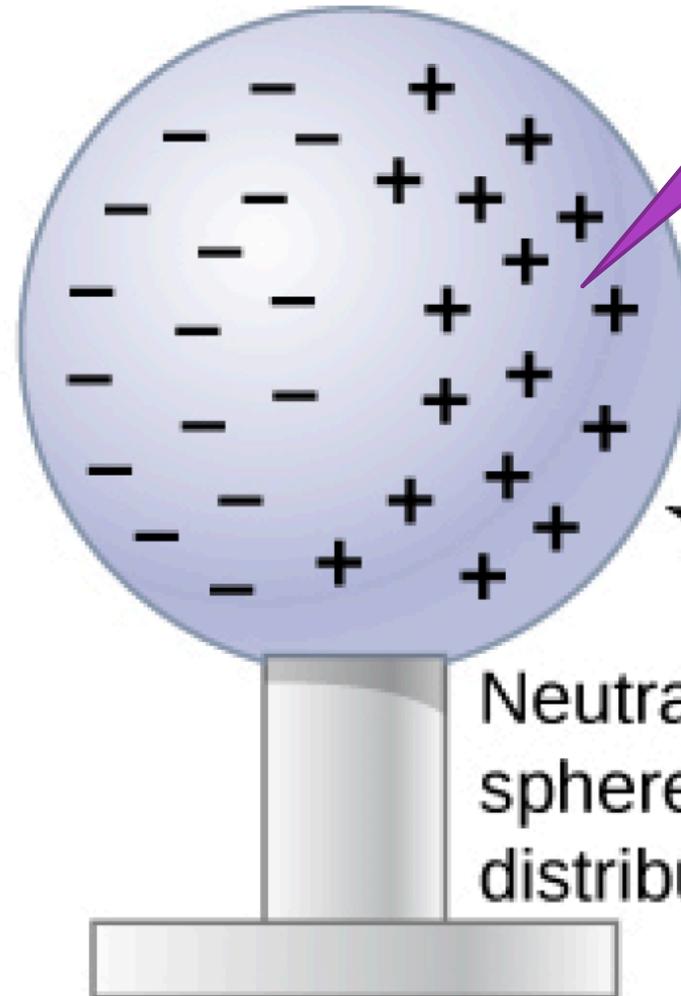
IL COMPORTAMENTO DEI CORPI CARICHI:

- **CONDUTTORI** = corpi nei quali la carica elettrica è libera di spostarsi attraverso l'intero corpo.
- **ISOLANTI** = corpi nei quali la carica non può spostarsi ed è vincolata a rimanere ove è presente.
- **SEMICONDUTTORI** = comportamento intermedio (sono normalmente isolanti, ma in determinate condizioni possono diventare conduttori)

CONDUTTORI: ELETTTRIZZAZIONE PER INDUZIONE



Positively charged
glass rod



Neutral conducting
sphere with charge
distribution

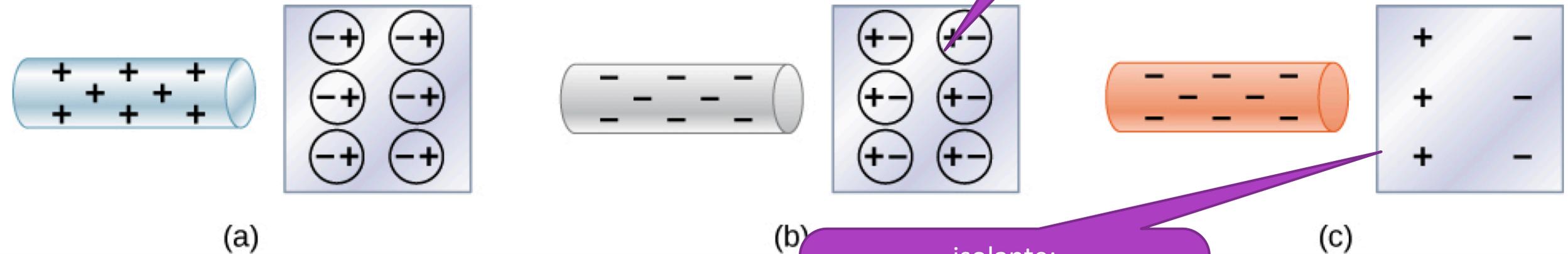
Conduttore:
le cariche si
ridistribuiscono

ISOLANTEI: ELETTRIZZAZIONE PER POLARIZZAZIONE

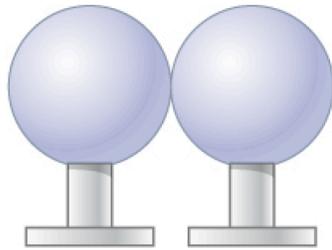
isolante:
le molecole si
polarizzano o si
orientano

isolante:
non si ha
spostamento globale
delle cariche

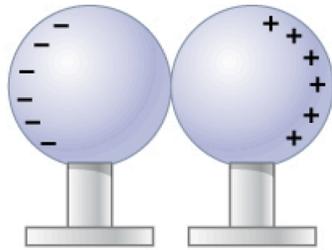
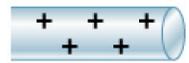
isolante:
effetto macroscopico,
distribuzione di cariche
indotte per polarizzazione



CONDUTTORI: ELETTTRIZZAZIONE PER INDUZIONE

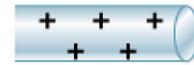


(a)

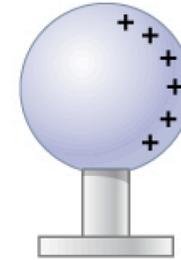


(b)

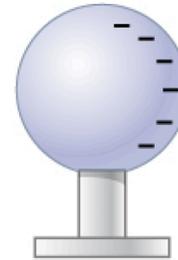
... causes separation of charge



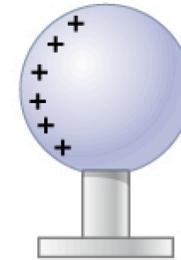
(c)



The spheres are separated.



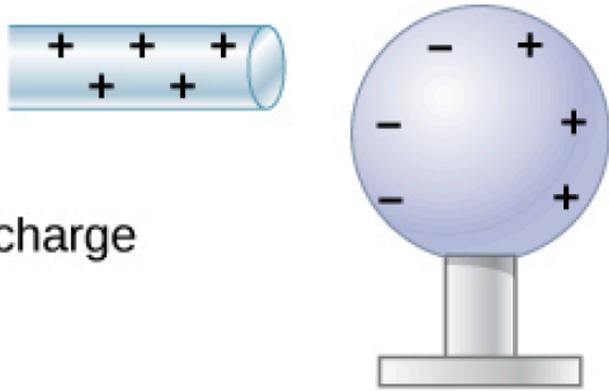
(d)



Each sphere is now charged:
one positive, one negative

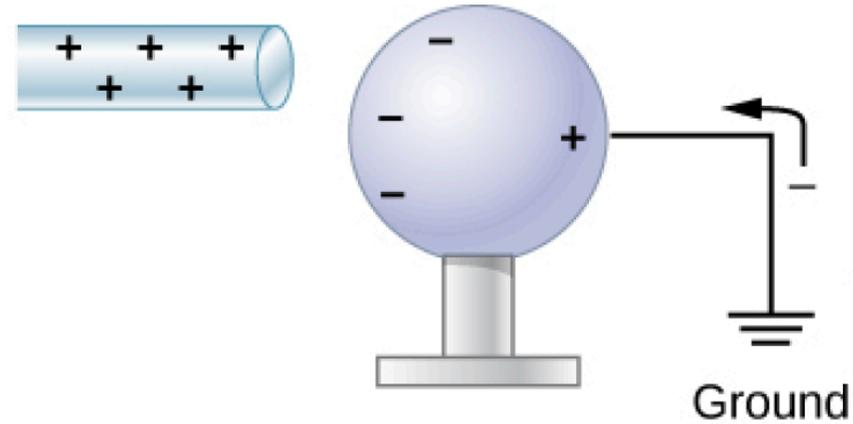
CONDUTTORI: ELETTTRIZZAZIONE PER INDUZIONE E COLLEGAMENTO A TERRA

1. Separation of charge



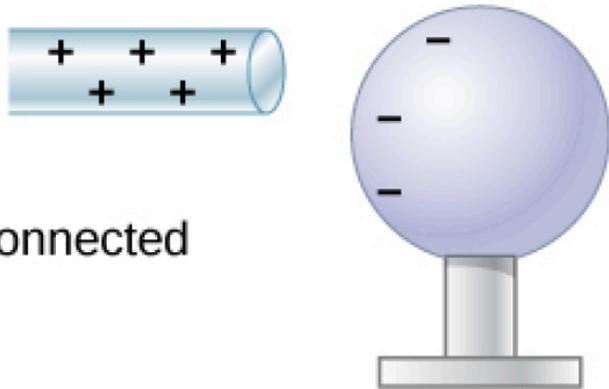
(a)

2. Sphere is connected to ground.



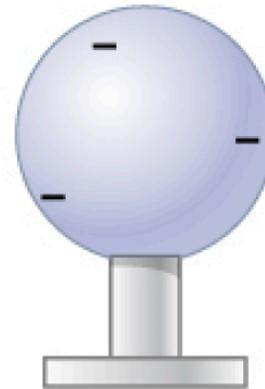
(b)

3. Sphere is disconnected from ground.



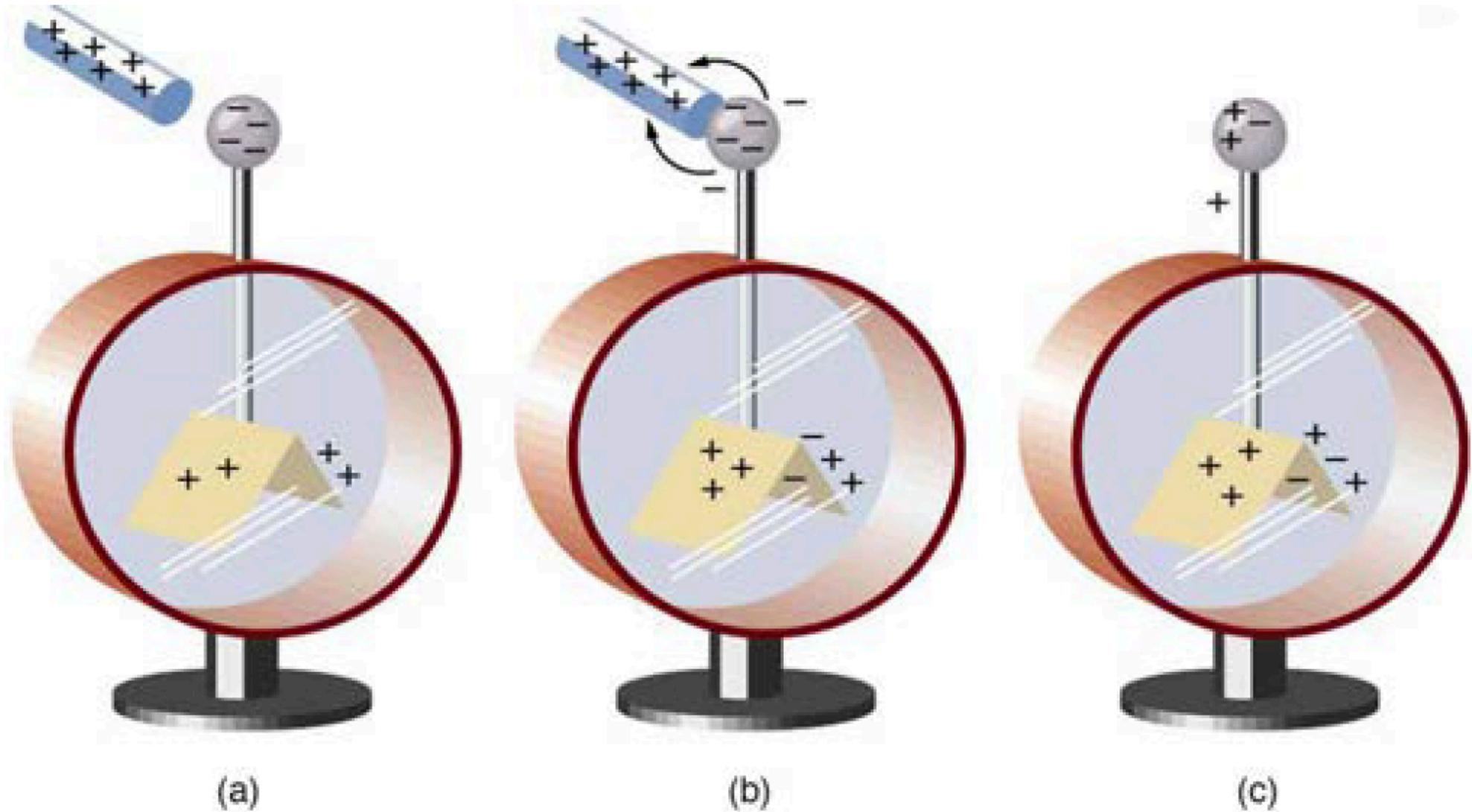
(c)

4. Sphere has an induced charge.



(d)

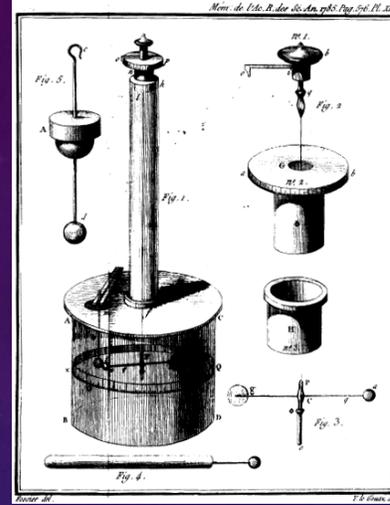
UN RILAVATORE DI CARICA: L'ELETTROSCOPIO



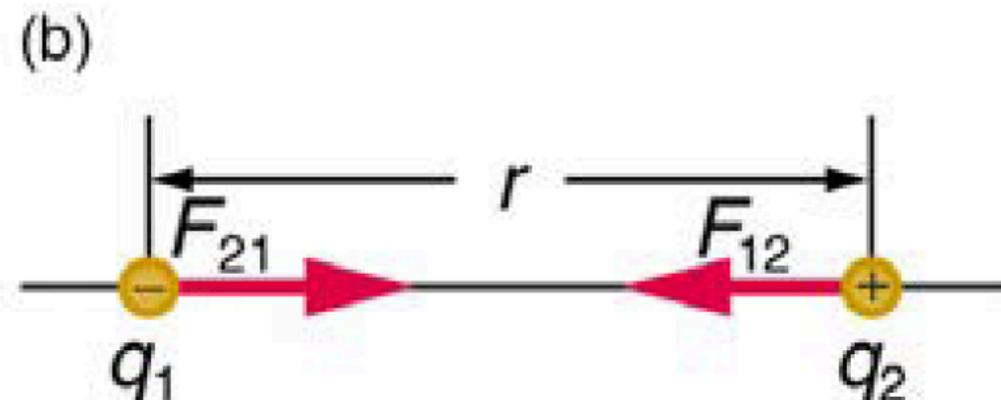
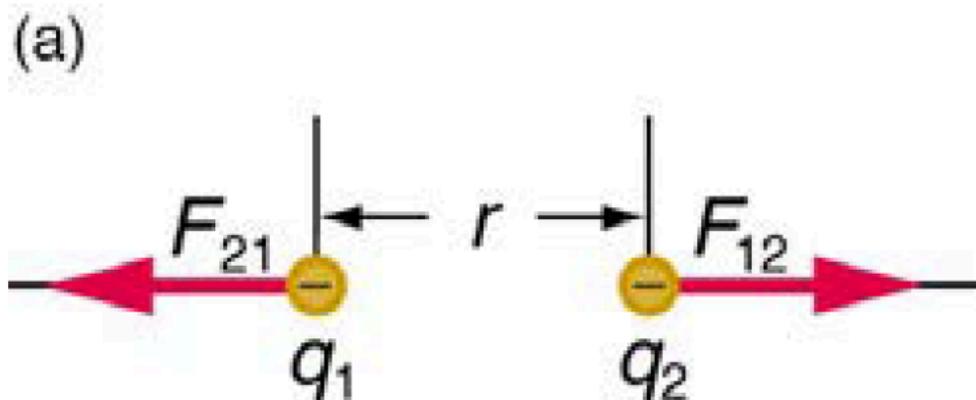
LABORATORIO: L'ELETTROSCOPIO



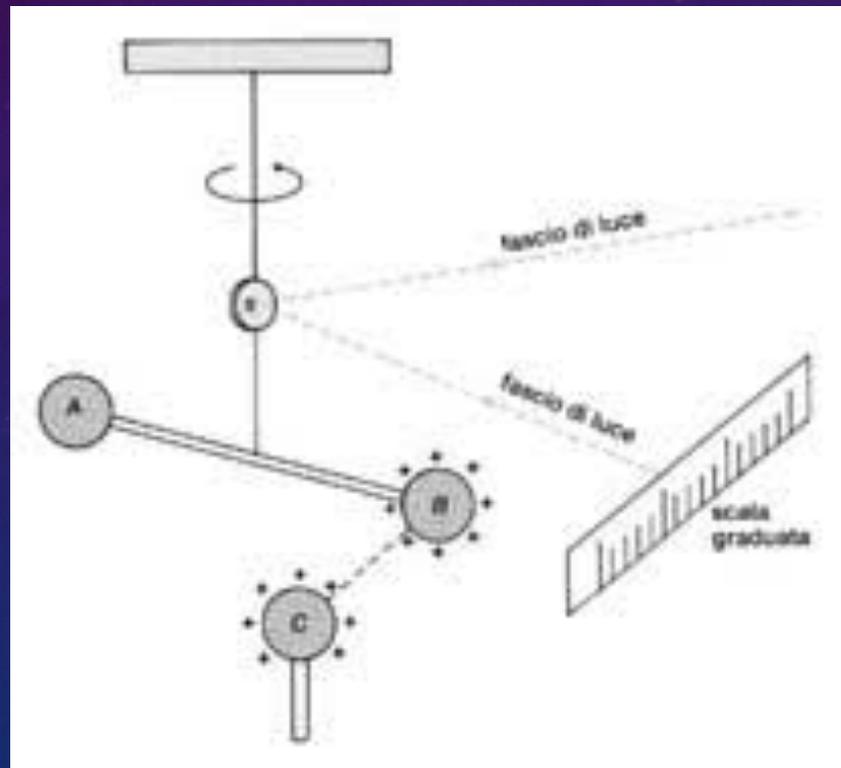
L'INTERAZIONE TRA CARICHE ELETTRICHE



- Le cariche elettriche interagiscono (si attraggono o si respingono) quindi esercitano e subiscono una FORZA
- Charles COULOMB (1785) misura la forza tra cariche elettriche.
- **LEGGE DI COULOMB**



LA BILANCIA DI TORSIONE

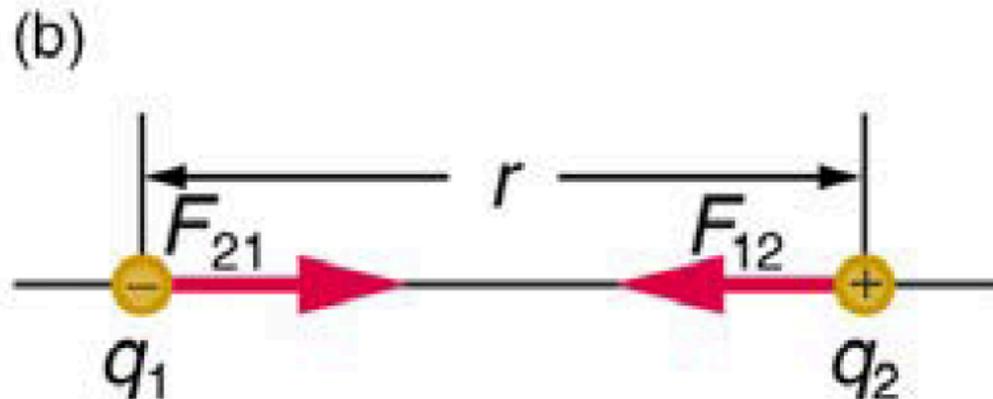
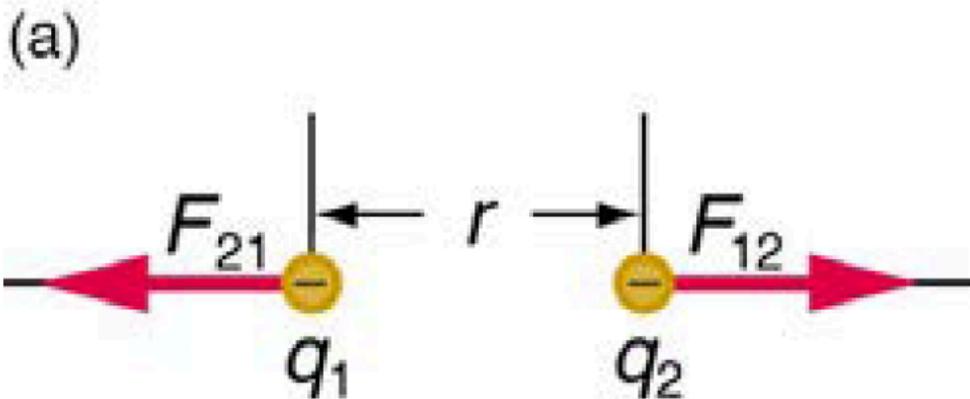


LA LEGGE DI COULOMB

- Due cariche **puntiformi** separate da una distanza r , nel vuoto, si attraggono o si respingono con una forza F che è data dal prodotto delle due cariche, diviso per il quadrato della distanza r e per una costante k (che dipende dal mezzo nel quale si trovano le cariche):

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

$$k = 8.988 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} \approx 8.99 \times 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}.$$

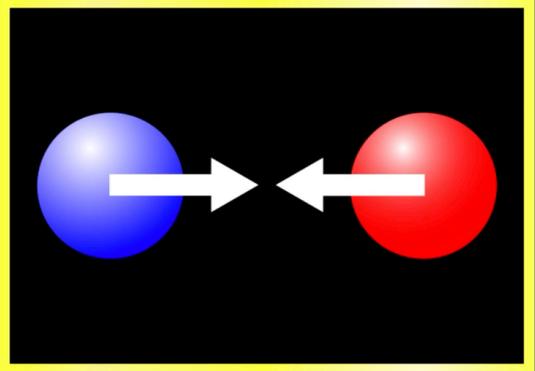


LA LEGGE DI COULOMB

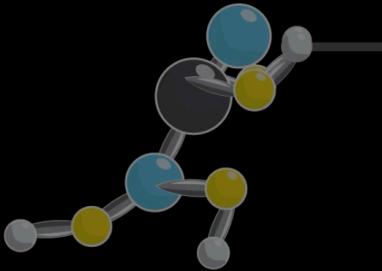
QuickTime Player File Modifica Vista Finestra Aiuto

1-CaricaForzaCampoElettrico/CaricheForzeCampoEl-sims/coulombs-law_it.html

Legge di Coulomb



Scala macroscopica



Scala atomica



L'UNITÀ DI MISURA DELLA CARICA ELETTRICA: IL COULOMB C

- Usando la legge di Coulomb della forza elettrostatica si definisce il valore dell'unità di misura della carica elettrica.
- Consideriamo due cariche Q dello stesso valore, poste a distanza di 1 m, la forza con cui si respingono vale $8,99 \times 10^9 \text{ N}$ nel vuoto, allora le due cariche valgono 1 C.

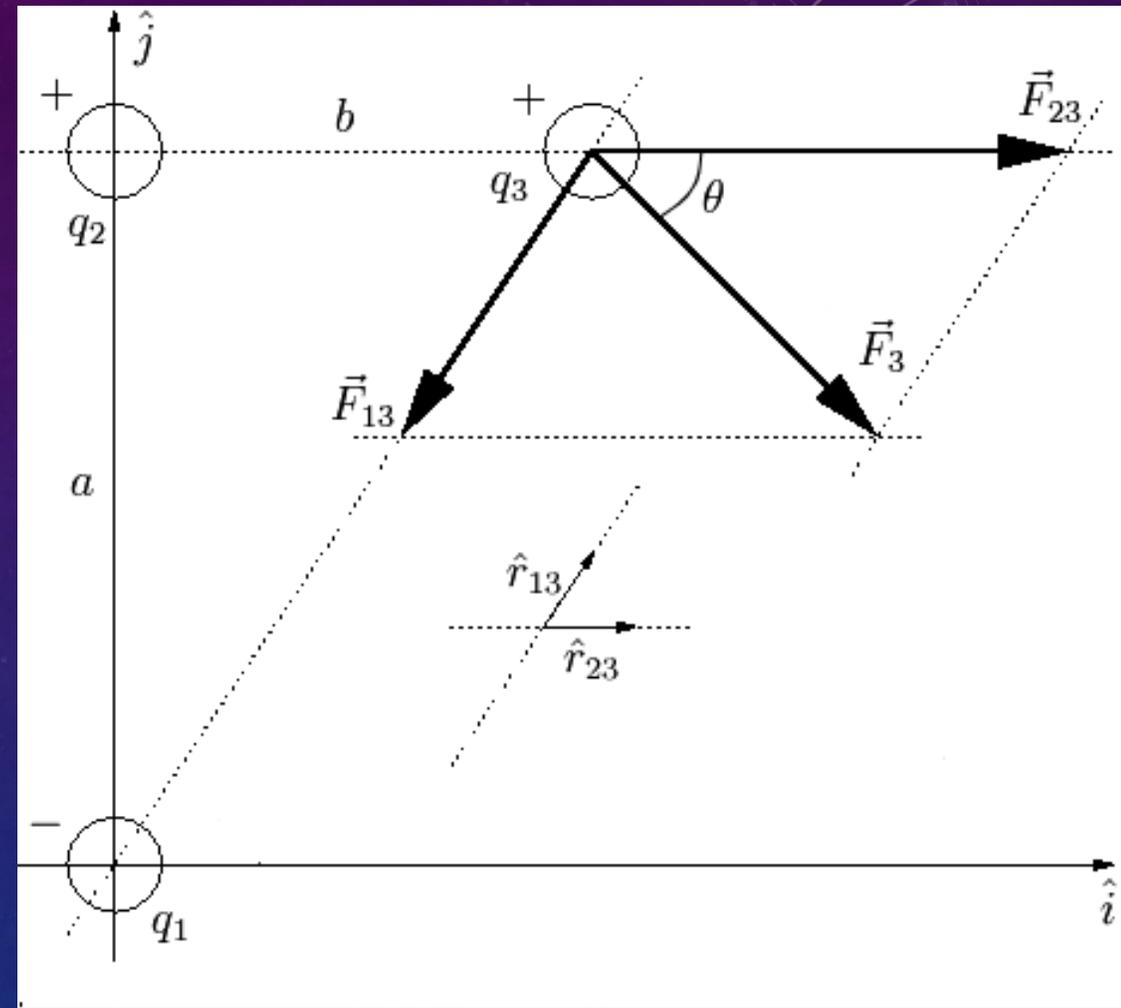
$$F = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2}$$

$$8,99 \times 10^9 \text{ N} = 8,99 \times 10^9 \frac{\text{N m}^2}{\text{C}^2} \frac{Q^2}{(1\text{m})^2}$$

$$8,99 \times 10^9 \text{ N} = 8,99 \times 10^9 \frac{\text{N m}^2}{\text{C}^2} \frac{Q^2}{(1\text{m})^2} \longrightarrow Q = 1 \text{ C}$$

IL PRINCIPIO DI SOVRAPPOSIZIONE

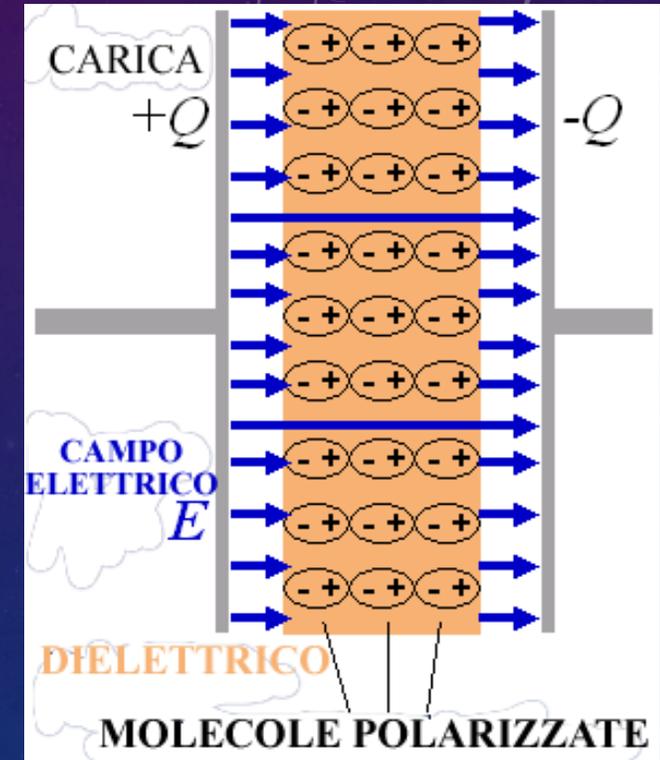
- Immaginiamo che in una certa regione dello spazio siano presenti diverse cariche, diciamo q_1 , q_2 e q_3 .
- La forza che agisce sulla carica q_3 è data dalla somma vettoriale delle forze dovute a ciascuna delle altre due cariche.



$$\vec{F}_3 = \vec{F}_{2,3} + \vec{F}_{1,3}$$

LA FORZA ELETTROSTATICA NEL VUOTO E IN UN MEZZO

- La forza elettrostatica tra due cariche dipende dal mezzo nel quale di trovano
- Nel vuoto la forza misura F_0 .
- In un mezzo (acqua, olio, ecc...) la forza misura F .
- Il rapporto tra le due forze viene detto costante dielettrica relativa del mezzo
- Questa costante, in generale, è maggiore di uno e vale uno solo nel vuoto ove la forza ha il suo valore massimo (a parità di cariche e distanza tra di esse)
- La forza nel mezzo è minore rispetto al vuoto a causa delle cariche di polarizzazione.



$$\epsilon_r = \frac{F_0}{F} \geq 1 \quad F_0 = k_0 \frac{q_1 q_2}{r^2} = \frac{1}{4 \pi \epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad \rightarrow \quad k = \frac{1}{4 \pi \epsilon_0 \epsilon_r}$$

$$\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r$$

Costante dielettrica assoluta del vuoto

LA FORZA ELETTROSTATICA NEL VUOTO E IN UN MEZZO

- Abbiamo:

$$k_0 = \frac{1}{4 \pi \epsilon_0} = 8,99 \times 10^9 N \frac{m^2}{C^2}$$

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4 \pi k_0} = 8,85 \times 10^{-12} C^2 / (N m^2)$$

Costante dielettrica assoluta del mezzo

$$\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r$$

FORZA ELETTRICA E FORZA GRAVITAZIONALE

- Se consideriamo l'espressione della forza elettrica, questa ci ricorda molto la forza di Gravitazione Universale di Newton.
- Le due forze hanno la stessa espressione matematica
- Entrambe sono inversamente proporzionali al quadrato della distanza;
- Entrambe sono direttamente proporzionali al prodotto delle cariche o delle masse e quindi delle caratteristiche sorgenti della forza
- Ma:
- La forza elettrica può essere sia attrattiva che repulsiva e quindi può essere schermata, mentre la forza gravitazionale può essere solo attrattiva e quindi non può essere schermata
- La forza gravitazionale non dipende dall'ambiente: nel vuoto o in un altro mezzo ha lo stesso valore, mentre la forza elettrica dipende dal mezzo nel quale si trovano le cariche.
- Infine confrontiamo le intensità delle due forze.

$$\vec{F} = k \frac{Q q}{r^2} \hat{r}$$

$$\vec{F} = - G \frac{M m}{r^2} \hat{r}$$

CONFRONTIAMO LE DUE FORZE ELETTRICA E GRAVITAZIONALE

- Vogliamo confrontare le intensità delle due forze. Consideriamo un sistema semplice come un atomo di idrogeno con un nucleo formato da un protone e un elettrone in orbita attorno al nucleo.
- Consideriamo i dati di questo sistema: le masse delle due particelle, le loro cariche e la loro distanza.
- Calcoliamo le due forze e calcoliamo il loro rapporto.

$$r = 0,530 \times 10^{-10} m$$

$$q = e = 1,60 \times 10^{-19} C$$

$$m_e = 9,31 \times 10^{-31} kg$$

$$m_p = 1,67 \times 10^{-27} kg$$

$$k = 8,99 \times 10^9 N m^2 / C^2$$

$$G = 6,67 \times 10^{-11} N m^2 / kg^2$$

$$F_G = G \frac{M m}{r^2} = 3,61 \times 10^{-47} N$$

$$F_e = k \frac{Q q}{r^2} = 8,19 \times 10^{-8} N$$

$$\frac{F_e}{F_G} = 2,27 \times 10^{39}$$

RIASSUMENDO:

- Abbiamo visto:
- La carica elettrica e le sue proprietà
- L'elettrizzazione dei corpi
- L'induzione e la polarizzazione
- La legge di conservazione della carica
- I conduttori e gli isolanti
- L'interazione tra cariche elettriche: la legge di Coulomb
- L'unità di misura della carica elettrica
- La forza elettrostatica nel vuoto ed all'interno di un mezzo: la costante dielettrica assoluta e relativa
- La forza dovuta a diverse cariche: il principio di sovrapposizione.
- Il confronto tra la forza elettrica e quella gravitazionale.