

# Lezione 11 - Elettromagnetismo (le origini)

- Alcuni curiosi fenomeni fisici, noti anche agli antichi Greci, sono all'origine dello studio dell'elettromagnetismo:
  - Sfregando un pezzetto di ambra (“electron” ) si possono poi attrarre dei pezzetti di paglia
  - Alcune pietre esistenti in natura (che sappiamo oggi contenenti magnetite) hanno il potere di attrarre il ferro
- I risultati di questi studi li vediamo ogni giorno intorno a noi

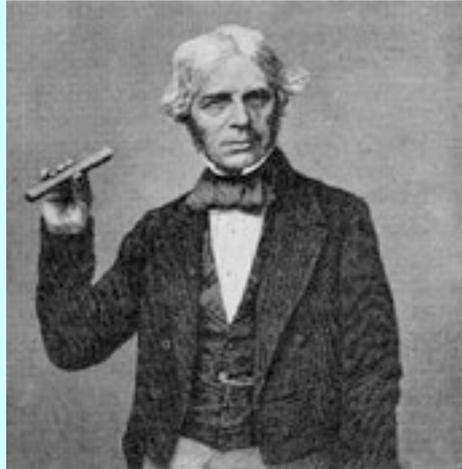
# Elettromagnetismo

- Le conoscenze sui fenomeni elettrici e magnetici si svilupparono per secoli in maniera separata
- Nel 1820 Hans Oersted (1777-1851), fisico e filosofo danese, scoprì sperimentalmente che esiste una connessione fra essi: una corrente elettrica ha il potere di deflettere l'ago di una bussola
- Nasceva così la nuova e moderna scienza dell'**elettromagnetismo**

# Figure di spicco

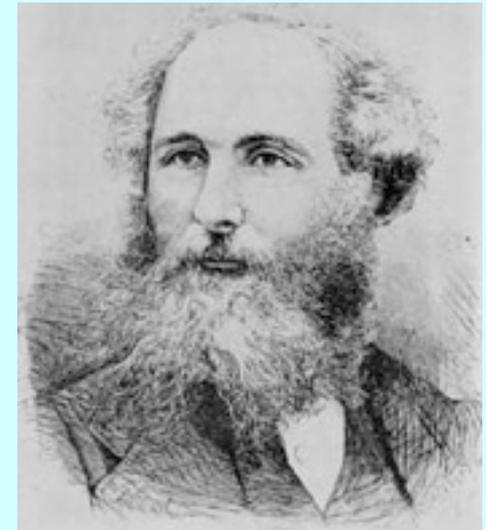


André Ampère (1775-1836) formulò in maniera quantitativa i risultati di Oersted sui legami tra campi magnetici e correnti



Michael Faraday (1791-1867) fu uno dei più grandi sperimentatori di tutti i tempi. Scopri, fra l'altro le leggi dell'induzione e dell'elettrolisi

James Maxwell (1831-1879) sviluppò la teoria completa dell'elettromagnetismo e comprese anche la possibilità dell'esistenza di onde elettromagnetiche



# Carica elettrica

- Alcuni fenomeni:
  - nei giorni secchi, si può provocare una scintilla toccando la maniglia di una porta o la lamiera dell'auto dopo essere scesi
  - i fulmini
  - incarti di plastica trasparente che si attaccano alle mani
  - .....
- In ogni oggetto che ci circonda è immagazzinata una grande quantità di **carica elettrica**
- la carica è una caratteristica intrinseca delle particelle costituenti la materia

# Cariche positive e negative

- Si dimostra sperimentalmente che esistono **due tipi di cariche** che, seguendo Benjamin Franklin, chiamiamo **positive e negative**
- Gli oggetti sono normalmente neutri, cioè posseggono un ugual numero di cariche dei due tipi
- Diciamo che un oggetto è *carico* (o che possiede una carica netta) quando esiste uno *sbilancio tra cariche positive e negative*

# Elettrizzazione per strofinio

- Strofinando vari tipi di corpi possiamo sbilanciare la loro carica e vedere che **i corpi elettricamente carichi interagiscono fra di loro**

si respingono

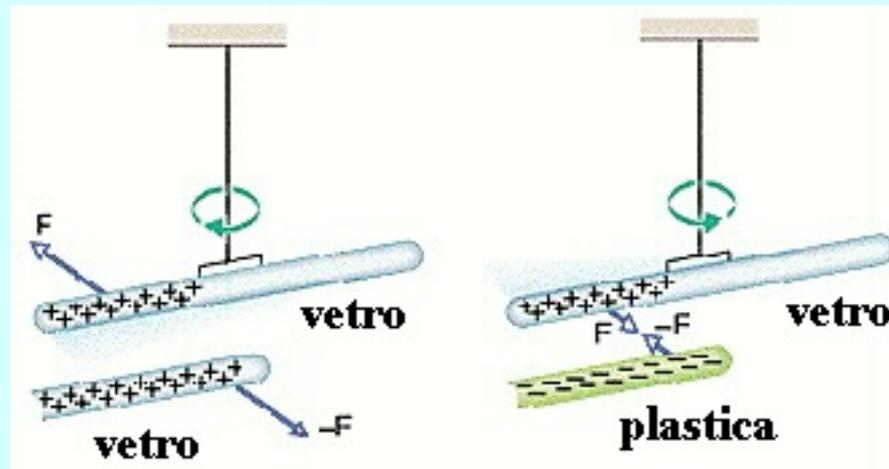


illustrazione tratta da: Halliday-Resnick-Walker, "Fondamenti di Fisica", IV Ed., Ambrosiana, Milano

vetro strofinato con seta  
plastica strofinata con pelle

si attraggono



# Interazioni fra cariche

- I fenomeni appena schematizzati si spiegano in termini di cariche positive e negative
- In particolare, si può riassumere dicendo che

Cariche dello stesso segno si respingono  
Cariche di segno opposto si attraggono

- Questa regola si compendia in maniera quantitativa nella legge della *forza elettrostatica* o *legge di Coulomb*

# Forze elettrostatiche in azione

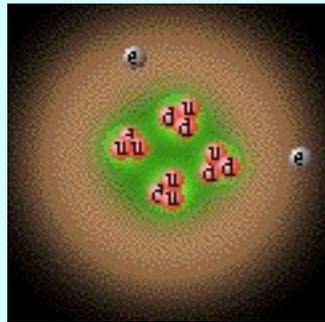
- Le forze elettrostatiche sono all'opera, ad esempio, in molte applicazioni
  - verniciatura a spruzzo
  - rivestimento di superfici con polveri
  - stampa a getto di inchiostro
  - fotocopiatrice
  - .....

# Conduttori, isolanti e semiconduttori

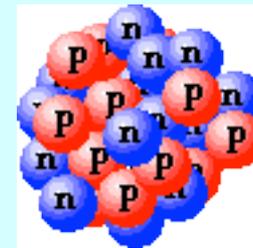
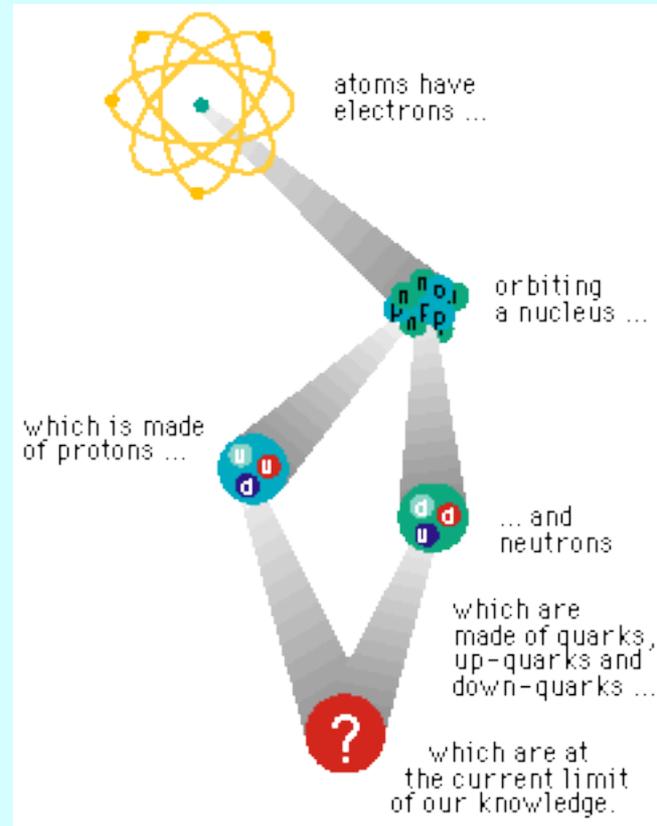
- I materiali si possono classificare in base alla “libertà di movimento” di cui godono, al loro interno gli elettroni (portatori di carica negativa)
- Se gli elettroni sono *liberi di muoversi* si parla di **conduttori**
- Se gli elettroni sono *legati ai nuclei atomici* si parla di **isolanti**
- Ci sono anche importanti *materiali intermedi*, detti **semiconduttori**, le cui proprietà variano molto a seconda delle condizioni esterne

# Struttura atomica della materia

- Quanto appena detto appare più chiaro alla luce della struttura atomica della materia:



“modello”  
di atomo



“modello”  
di nucleo

illustrazioni tratte da: Halliday-Resnick-Walker, "Fondamenti di Fisica", IV Ed., Ambrosiana, Milano

# Elettroni nei materiali

- Quando più atomi di *materiali conduttori* si aggregano e formano un corpo solido, gli elettroni più esterni non restano legati al nucleo originario sono *liberi di muoversi all'interno del solido*
- Viceversa, gli elettroni di un *materiale isolante* restano legati ai nuclei originari e *non sono liberi di muoversi*
- Una situazione intermedia si verifica nei materiali semiconduttori

# Cariche nei conduttori

- Un semplice esperimento permette di verificare la mobilità degli elettroni nei conduttori:
  - se si strofina una bacchetta di metallo tenendola in mano non si riesce a caricarla
    - infatti, non appena lo strofinio produce carica in eccesso, questa carica si muoverà velocemente attraverso il corpo fino al pavimento e la bacchetta risulterà neutralizzata
- questo fenomeno è comunemente noto come “messa a terra”
  - se c’è un manico isolante non si verifica la messa a terra e carica netta rimane sulla bacchetta

# Elettrizzazione per induzione

- L'elettrizzazione per induzione mette ulteriormente in luce la mobilità delle cariche in un conduttore

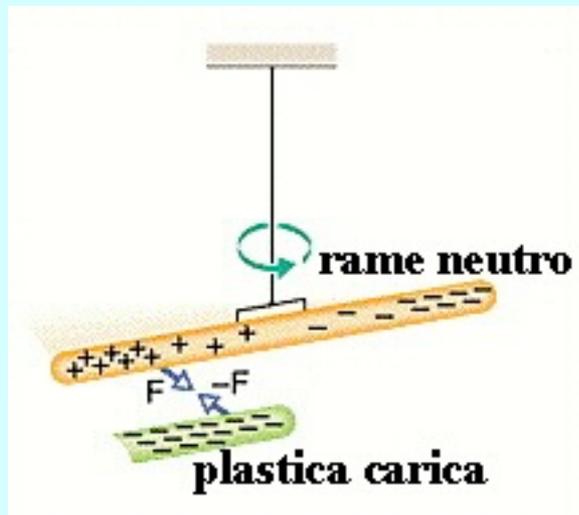


illustrazione tratta da: Halliday-Resnick-Walker, "Fondamenti di Fisica", IV Ed., Ambrosiana, Milano

la bacchetta di plastica (carica -) viene avvicinata a quella di rame neutra

le cariche negative nel rame migrano verso l'estremità opposta

le cariche positive vengono attratte dalla bacchetta di plastica

il fenomeno si ripete (con i segni delle cariche cambiati) se si usa bacchetta di vetro

# Tipi di materiali

- Isolanti
  - vetro
  - acqua chimicamente pura
  - plastica, .....
- Conduttori
  - metalli
  - corpo umano
  - acqua di mare, .....
- Semiconduttori
  - silicio, germanio, ...

# Legge di Coulomb (I)

- Due particelle di cariche  $q_1$  e  $q_2$  poste a distanza  $r$  si scambiano una forza di modulo  $F$

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

- Ciascuna particella esercita sull'altra una forza di intensità  $F$  (coppia azione-reazione)
  - $k$  si dice *costante elettrostatica*
- $F$  agisce lungo la congiungente le due cariche

# Legge di Coulomb (II)

- La forza elettrostatica può essere attrattiva o repulsiva a seconda del segno delle cariche

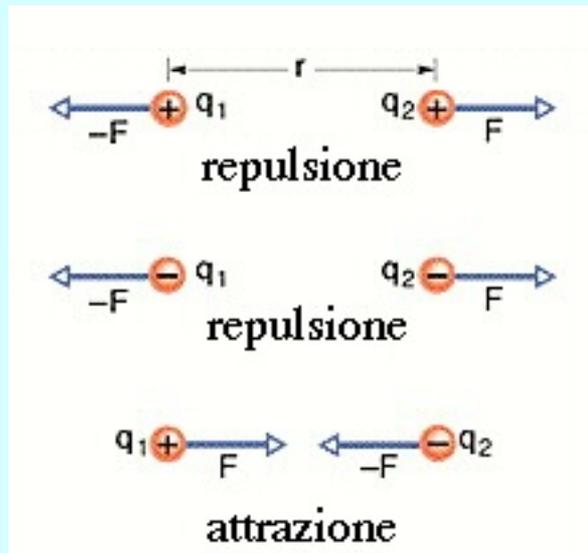


illustrazione tratta da: Halliday-Resnick-Walker, "Fondamenti di Fisica", IV Ed., Ambrosiana, Milano

$$q_1 > 0 \text{ e } q_2 > 0$$

$$q_1 < 0 \text{ e } q_2 < 0$$

$$q_1 < 0 \text{ e } q_2 > 0$$

$$q_1 > 0 \text{ e } q_2 < 0$$

# Unità di misura della carica

- L'unità di misura della carica nel sistema SI è il *Coulomb* [C]
  - 1 C è definito come la quantità di carica che passa in 1 s attraverso una qualsiasi sezione di un conduttore percorso dalla corrente di 1 A
- La costante elettrostatica è di solito espressa da

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

dove

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

$\epsilon_0$  è la **costante dielettrica del vuoto**

# Principio di sovrapposizione

- Il **principio di sovrapposizione** permette di estendere la legge di Coulomb al caso in cui si abbiano più di due cariche:
  - la forza elettrostatica totale risentita da una delle cariche è la somma vettoriale di tutte le forze che ciascuna delle altre cariche eserciterebbe individualmente su di essa

# Quantizzazione della carica

- La carica elettrica in molte occasioni può essere rappresentata come un fluido
- Sappiamo oggi tuttavia che ogni quantità di carica  $q$  è un multiplo di una certa *carica elementare*  $e$

$$q = ne, \quad n = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$$

- L'unità di carica elementare ha il valore

$$e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$$

che corrisponde alla carica di un elettrone

# Conservazione della carica

- Nei processi di elettrizzazione la carica non viene creata o distrutta, piuttosto, viene ridistribuita da una corpo all'altro in modo da creare sbilanci di cariche
- Questo fatto, che vale per tutti i processi in cui entrano in gioco delle cariche, si compendia dicendo che la **carica è conservata**
- La carica va dunque annoverata tra quelle importanti quantità (si pensi all'energia) che seguono leggi di conservazione