

# *Introduzione all'elettrostatica*



Matera, 23 Aprile 2004  
Prof. Nicola Cavallo

1

## *Modulo: carica, campo e potenziale (1)*

- Si presentano alcuni **concetti** fondamentali con i quali si costruisce la descrizione dei fenomeni elettrici:
  - il concetto di carica elettrica,
  - il concetto di campo elettrico
  - il concetto di potenziale elettrico.
- Tra questi concetti, quello di campo assume una importanza del tutto particolare in quanto traduce l'idea che le interazioni tra enti fisici (particelle e corpi) si realizzino mediante un intermediario fisico misurabile.



Matera, 23 Aprile 2004  
Prof. Nicola Cavallo

2

## Modulo: carica, campo e potenziale (2)

- L'idea di “**Campo**” aveva messo in crisi l'ipotesi meccanicistica (sulla quale si erano fondate la meccanica e la termodinamica fino alla prima metà dell'Ottocento) secondo la quale ogni fenomeno è riconducibile al movimento di particelle interagenti a distanza in uno spazio-tempo assoluti.
- Tale concetto assume anche una notevole importanza nell'estensione alla descrizione della interazione gravitazionale (mostrata, durante lo studio della Meccanica, in termini puramente formali) mettendo in evidenza la difficoltà di fornire una interpretazione della sua genesi.

*M.E. Bergamaschini, P.Marazzini, L.Mazzoni*

Matera, 23 Aprile 2004  
*Prof. Nicola Cavallo*

3



## Obiettivi

- Acquisire il concetto di **carica elettrica** e cogliere il significato della **Legge di Coulomb** in modo da saperla applicare in alcuni casi semplici
- Acquisire la definizione di **campo elettrico** saperla applicare per determinare il campo elettrico in alcuni casi semplici
- Acquisire il concetto di **energia potenziale** di una carica elettrica in un campo elettrico e il concetto di **potenziale** elettrico in un punto circostante una o più cariche
- Saper correlare il valore del campo al valore della differenza di potenziale elettrica tra due punti del campo stesso
- **Riconoscere l'analogia tra campo elettrico e campo gravitazionale** anche attraverso l'analisi del moto di cariche elettriche o gravitazionali rispettivamente in un campo elettrico o gravitazionali

*M.E. Bergamaschini, P.Marazzini, L.Mazzoni*

Matera, 23 Aprile 2004  
*Prof. Nicola Cavallo*

4



## Prerequisiti

- Saper eseguire la somma di due o più vettori a partire dalle loro componenti valutate rispetto a un opportuno sistema di assi cartesiani ortogonali
- Conoscere la definizione di lavoro di una forza
- Conoscere il significato di energia potenziale di una massa  $m$  in presenza di un'altra
- Conoscere e saper applicare la legge di gravitazione universale
- Saper utilizzare le leggi cinematiche e dinamiche del moto di un punto materiale sia per il moto rettilineo sia per il moto parabolico.

*M.E. Bergamaschini, P.Marazzini, L.Mazzoni*

Matera, 23 Aprile 2004  
*Prof. Nicola Cavallo*

5



## Contenuti

- Unità didattica 1: **Campo elettrico**
- Unità didattica 2: **Potenziale elettrico ed equilibrio elettrostatico**
  - **Competenze:**
    - **CONOSCERE** i fenomeni di elettrizzazione e i metodi che consentono di elettrizzare i corpi, interpretando il differente comportamento di conduttori e isolanti sulla base di un semplice modello microscopico.
    - **DESCRIVERE** le interazioni tra cariche elettriche nel vuoto e in un mezzo dielettrico utilizzando la legge di Coulomb e il concetto di campo elettrico.
    - **RICONOSCERE** il significato di potenziale elettrico, individuandone le relazioni con il campo elettrico e utilizzando tale concetto per prevedere il moto spontaneo di una carica elettrica.
    - **INDIVIDUARE** le proprietà e i parametri caratteristici (capacità elettrica) dei conduttori in equilibrio elettrostatico utilizzando i concetti di campo elettrico e di potenziale.
    - **APPLICARE** le proprietà dei conduttori in equilibrio elettrostatico ai condensatori, ricavandone le caratteristiche principali e individuandone le principali applicazioni tecnologiche (circuiti elettrici, dispositivi per misurare grandezze meccaniche).

Matera, 23 Aprile 2004  
*Prof. Nicola Cavallo*

6



## Fenomeni elettrici: la storia ha il suo ruolo

- Si presentano in natura con una straordinaria varietà e complessità di manifestazioni

Prime osservazioni fenomenologiche (Talete, VI secolo a.C.)

Formalizzazione teorica (Maxwell & Faraday 1865)

Estensione relativistica (Einstein, 1965)

Estensione quantistica (Dirac)

*in totale circa 25 secoli*

- L'elettromagnetismo rappresenta nel suo insieme, uno dei massimi raggiungimenti della mente umana:

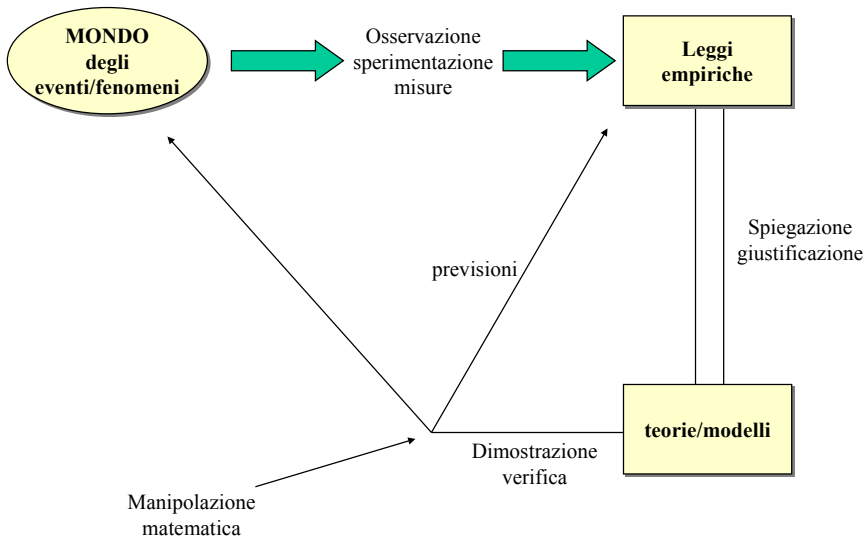
- teoria di meravigliosa eleganza,
  - caratterizzata da grande forza di sintesi e
  - caratterizzata da grande capacità di predizione



Matera, 23 Aprile 2004  
Prof. Nicola Cavallo

7

## Ruolo del linguaggio matematico



Matera, 23 Aprile 2004  
Prof. Nicola Cavallo

8

## Forze in natura

- **Forze di contatto** (attrito, pressione, forze elastiche)
- **Azione a distanza**
  - **Interazione gravitazionale**
    - responsabile di gran parte dei fenomeni che si osservano su scala macroscopica
    - Legge di Newton (*sempre attrattiva*)

$$|\vec{F}_g| = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad \gamma = 6.67 \times 10^{-11} \left[ \frac{Nm^2}{kg^2} \right]$$

- **Azione elettrica**
  - può essere sia *attrattiva* che *repulsiva*



## Concetti e modelli astratti

- Noi costruiamo dei **concetti astratti** e dei **modelli astratti** che razionalizzano gli effetti osservati.
- Attraverso “idee” come:
  - “carica elettrica”,
  - “cariche uguali”, (“cariche dello stesso tipo (dello stesso segno)”)
  - “cariche diverse”, (“cariche di diverso tipo (di segno opposto)”)
  - “corrente elettrica”,
  - “differenza di potenziale”,
  - “forza di Lorentz”,
  - “intensità del campo”
- tale struttura concettuale si allontana dalle manifestazioni fisiche concrete.



## Conoscenza dei fenomeni

- Conoscenza di fenomeni elettrici semplici:
  - gli insegnanti tendono a dare per scontato che le idee semplici siano conosciute,
  - i libri di testo (soprattutto al livello dei primi anni di università) tendono a dare per scontato che idee semplici siano state assimilate e comprese.
- Ciò non è vero !!!
  - molti non hanno mai osservato fenomeni,
  - pochissimi hanno esaminato il significato operativo delle parole che sono diventate loro familiari (elettricità, calore,...) .
- Importanza strategica della scuola !!!



Matera, 23 Aprile 2004  
Prof. Nicola Cavallo

11

## Evidenza della carica



Matera, 23 Aprile 2004  
Prof. Nicola Cavallo

12

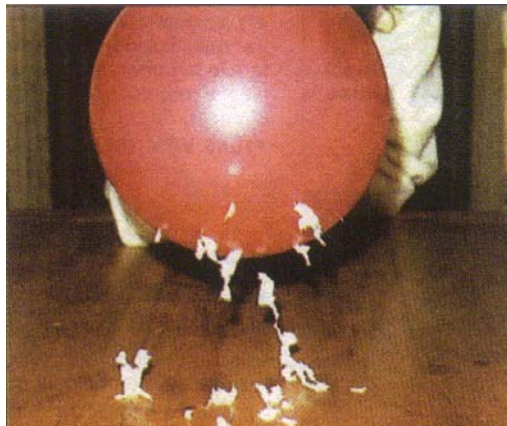
## Evidenza della carica



Matera, 23 Aprile 2004  
*Prof. Nicola Cavallo*

13

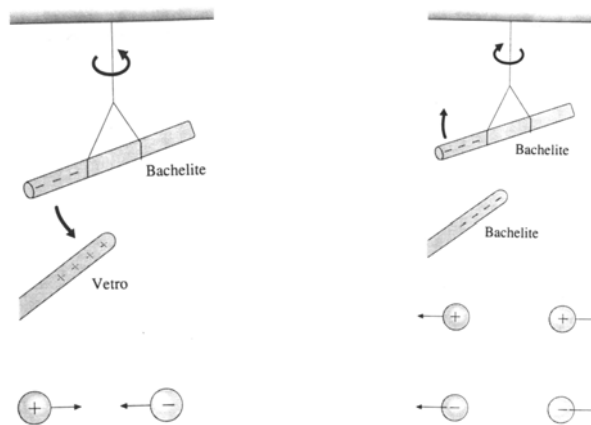
## Evidenza della carica



Matera, 23 Aprile 2004  
*Prof. Nicola Cavallo*

14

## Prime esperienze



Matera, 23 Aprile 2004  
Prof. Nicola Cavallo

15

## Fenomeni di elettrizzazione

- Osserviamo in natura tre fenomeni di elettrizzazione:
  - per strofinio
  - per contatto
  - per induzione



Matera, 23 Aprile 2004  
Prof. Nicola Cavallo

16



## Elettrizzazione per strofinio (1)

- I corpi che si caricano per strofinio sono detti **isolanti**, in quanto capaci di trattenere la carica elettrica mentre altri, come ad esempio i metalli ed il corpo umano stesso, non trattengono la carica e sono detti **conduttori**.
- Il metodo dell'elettrizzazione per strofinio può essere applicato sistematicamente a un gran numero di materiali isolanti, tra cui i materiali sintetici attualmente disponibili (bakelite, plexiglass, materie plastiche in genere); con i seguenti risultati che rivestono carattere generale:



## Elettrizzazione per strofinio (2)

- esistono due specie di materiali isolanti,
  - quelli che si comportano come il **vetro** e
  - quelli che si comportano come la **bakelite**;
- tra due bacchette elettrizzate della medesima specie (entrambe tipo "vetro" o tipo "bakelite") si manifesta sempre una forza **repulsiva**;
- tra due bacchette elettrizzate di specie diversa (una tipo "vetro" e l'altra tipo "bakelite") si manifesta sempre una forza **attrattiva**;
- una forza attrattiva si manifesta in ogni caso tra la bacchetta di isolante e il materiale con cui é stata elettrizzata per strofinio.



## Elettrizzazione per strofinio (3)

- Possiamo allora sintetizzare i risultati precedenti:
  - *due corpi isolanti carichi entrambi positivamente o entrambi negativamente si respingono;*
  - *un corpo isolante carico positivamente e uno carico negativamente si attraggono;*
  - *nel processo di carica per strofinio i due corpi, la bacchetta di isolante e il panno, acquistano sempre una carica di segno opposto.*



## Elettrizzazione per strofinio (4)

- La carica che si accumula per strofinio sugli isolanti si mantiene per **tempi considerevoli**, specialmente se l'aria nell'ambiente in cui opera è secca.
- **Non è possibile, invece, caricare per strofinio una bacchetta di metallo** tenendola in mano. Gli effetti di elettrizzazione si osservano però se la bacchetta di metallo è sostenuta da un supporto di materiale isolante e in tal caso il comportamento dei metalli è simile a quello degli isolanti.
- L'assenza di elettrizzazione se non si adotta la suddetta precauzione si spiega col fatto che **i metalli e il corpo umano sono conduttori**, cioè permettono il movimento della carica elettrica accumulatasi durante lo strofinio, a differenza di quanto avviene negli isolanti.
- Dal punto di vista di questi esperimenti hanno caratteristiche di conduttori anche il **suolo, svariati liquidi** tra cui **l'acqua** e anche **l'aria umida**.
- Allora dalla bacchetta di metallo tenuta in mano e strofinata la carica si disperde (molto rapidamente) nel corpo umano e, se possibile, nel suolo; analogamente, in una giornata umida un corpo isolante carico mantiene meno facilmente la carica, che tende a disperdersi (lentamente) nell'aria conduttrice verso i corpi circostanti.



## L'elettrone

- È naturale chiedersi da dove nascono le cariche elettriche.
  - Nascono dal nulla?
  - Sono preesistenti nella materia?
- La scoperta dell'elettrone alla fine del secolo XIX, ad opera di **John Joseph Thomson** (1856-1940), ha dato fondamento alla seconda ipotesi.



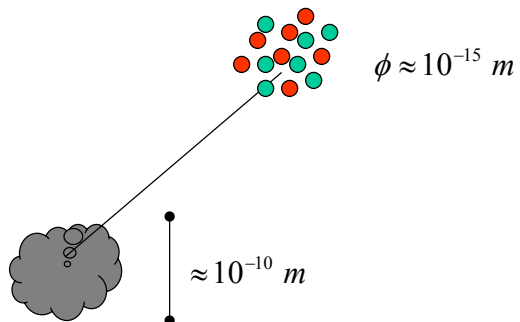
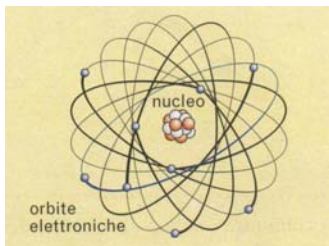
Matera, 23 Aprile 2004  
Prof. Nicola Cavallo

21

## Struttura elettrica della materia

Finora

- Carica elementare
- Carica quantizzata

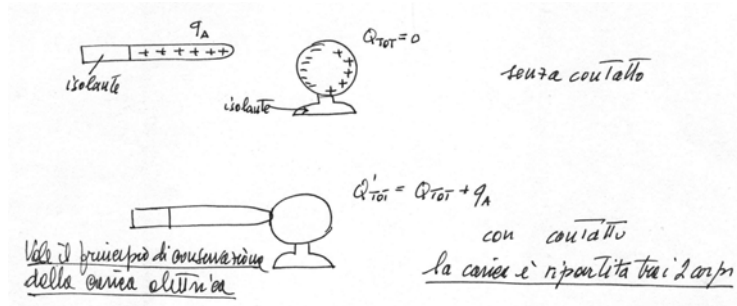


Matera, 23 Aprile 2004  
Prof. Nicola Cavallo

22

## Eletrizzazione per contatto

- L'elettrizzazione può anche trasmettersi da un corpo carico ed uno neutro mediante semplice contatto meccanico

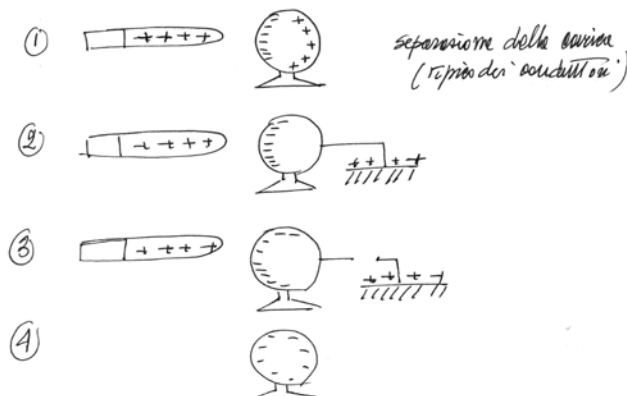


- Lo stesso meccanismo consente di "ripartire" per contatto la carica elettrica, inizialmente presente su un conduttore, fra il conduttore stesso e un altro inizialmente scarico.



## Eletrizzazione per induzione

- Un fenomeno di grande interesse teorico e pratico che si ingenera nei conduttori quando questi siano posti in vicinanza di corpi carichi è il fenomeno della **induzione elettrostatica**



- In tutti i casi trattati, non c'è alcuna "creazione" di cariche elettriche.
- L'apparizione di una carica in eccesso (pos. o neg. che sia) è sempre dovuta
  - al **trasferimento** di cariche elettriche da un corpo all'altro (elettrizzazione per strofinio o contatto) o
  - Alla **ridistribuzione** entro il corpo delle cariche positive e negative.



## Modi di elettrizzazione

METODO	DESCRIZIONE	MECCANISMO	MATERIALI
Per strofinio	Si ottiene strofinando tra loro due corpi	Gli elettroni che si trovano sulla superficie di uno dei corpi (che risulterà carico positivamente) sono "strappati" da esso e si portano sull'altro corpo (che si caricherà negativamente)	Isolanti o conduttori (questi ultimi impugnati con un manico isolante)
Per contatto	Si ottiene mettendo a contatto un corpo elettricamente neutro con uno caricato in precedenza	Una parte delle cariche che si trovano sul corpo elettrizzato si spostano su quello che era neutro	Avviene in maniera molto efficace tra corpi conduttori. Un corpo isolante può cedere solo le cariche che si trovano nella parte di esso che è posta a contatto diretto con il corpo neutro
Per induzione	Si pone un corpo carico (induttore) in prossimità di un conduttore scarico (indotto) costruito in modo da potersi suddividere in due parti. Poi, senza allontanare il corpo carico, si allontanano tra loro le due parti del conduttore indotto.	Per il fenomeno dell'induzione elettrostatica le cariche libere che si trovano nel corpo neutro si spostano: quelle dello stesso segno della carica inducente si allontanano, quelle di segno diverso si avvicinano. In questo modo le due parti del conduttore	Conduttori di forma qualsiasi (il conduttore che si può suddividere può essere anche un corpo conduttore qualunque che viene "messo a terra" toccandolo con le dita o con un filo metallico collegato a terra)



## Misura della carica elettrica

- Poiché l'atomo è neutro, di conseguenza per un corpo qualsiasi (composto da atomi) la carica totale (pari alla somma algebrica di tutte le cariche elementari, presenti nel corpo) risulta normalmente nulla.
- Con metodi opportuni è possibile effettuare trasferimenti di carica tra i corpi:
  - la carica totale può essere positiva
  - la carica totale può essere negativa



## Misura operativa (1)

- **Misura operativa**
  - per misurare la carica elettrica dei corpi carichi si stabilisce di:
    - considerare eguali in grandezza e segno due cariche se queste, poste alla stessa distanza da una terza, agiscono su di essa con una forza eguale e dello stesso verso;
    - considerare eguali in grandezza ma di segno opposto due cariche se, nelle stesse condizioni, le forze risultino eguali in modulo ma di verso opposto.
- **Confronto qualitativo tra cariche**
  - può essere effettuato semplicemente con l'elettroscopio a foglie (impiegando il principio di conservazione della carica).
- **Confronto quantitativo (in modulo) tra cariche**
  - può diventare quantitativo solo se si conosce l'espressione della forza con cui interagiscono le cariche elettriche.



## Misura operativa (2)

$$R = \cos t \Rightarrow \frac{F_1}{F_2} = \frac{q_1}{q_2}$$

$$F = \cos t \Rightarrow \frac{q_1}{q_2} = \frac{R_1^2}{R_2^2}$$

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



## Legge di Coulomb

- La formulazione precisa della legge della forza elettrica é dovuta a Coulomb (1785) che eseguì una serie di misure sistematiche per stabilire la dipendenza della forza tra due cariche dei valori  $q_1$  e  $q_2$  di queste e dalla loro distanza  $r$ .

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



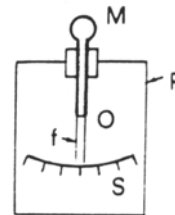
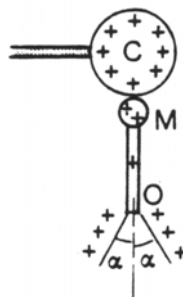
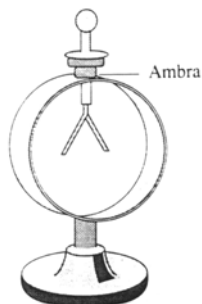
## Nota sul concetto di “carica”

- Spesso ci esprimiamo con frasi del tipo "*la carica distribuita su un sfera*", "*la quantità di carica trasferita*", "*la carica trasportata da un elettrone*", che potrebbero indurre a credere che la carica sia una sostanza. (Anche noi abbiamo già usato queste espressioni.)
- Non bisogna tuttavia dimenticare cosa in realtà si intende:
  - le particelle sono sostanza *mentre ...*
  - la carica non è che una loro proprietà, come la massa.



## Elettroscopio a foglie

- Strumento realizzato per rivelare e riconoscere lo stato (carica) di carica.

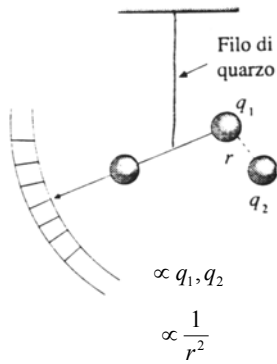


- Impiegato per fornire una descrizione operativa della grandezza fisica *carica elettrica*





## Bilancia di torsione di Cavendish



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

Coulomb

1785



k

$$|\vec{F}_g| = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Cavendish

1798



$\gamma$

$\propto q_1, q_2$

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

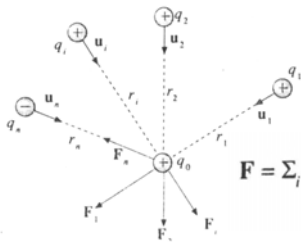
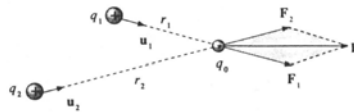


Matera, 23 Aprile 2004  
Prof. Nicola Cavallo

33

## Principio di sovrapposizione

$$\mathbf{F} = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_0}{r_1^2} \mathbf{u}_1 + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_2 q_0}{r_2^2} \mathbf{u}_2$$



$$\mathbf{F} = \sum_i \mathbf{F}_i = \sum_i \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_i q_0}{r_i^2} \mathbf{u}_i = q_0 \sum_i \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_i}{r_i^2} \mathbf{u}_i$$

*Questi sono risultati sperimentali !!!*



Matera, 23 Aprile 2004  
Prof. Nicola Cavallo

34

## Linee di forza del campo elettrostatico

- *L'introduzione del concetto di campo evidenzia la modifica, da parte della sorgente, dello spazio circostante*

### Proprietà delle linee di forza:

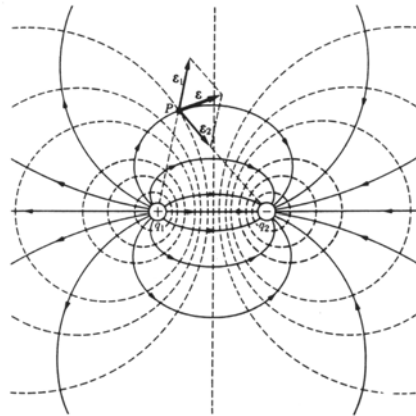
- una linea di forza in ogni punto è tangente e concorde al campo in quel punto;
- le linee di forza si addensano dove l'intensità del campo è maggiore;
- le linee di forza non si incrociano mai, in quanto in ogni punto il campo elettrico è definito univocamente e non può avere due direzioni distinte;
- le linee di forza hanno origine dalle cariche positive e terminano sulle cariche negative; qualora ci siano solo cariche di uno stesso segno le linee di forza si chiudono all'infinito;
- nel caso di cariche di segno opposto, ma eguali in modulo, tutte le linee che partono dalle cariche positive si chiudono su quelle negative, alcune passando eventualmente per l'infinito; se invece le cariche non sono eguali in modulo, alcune linee terminano o provengono dall'infinito.



## Costruzione delle linee di forza



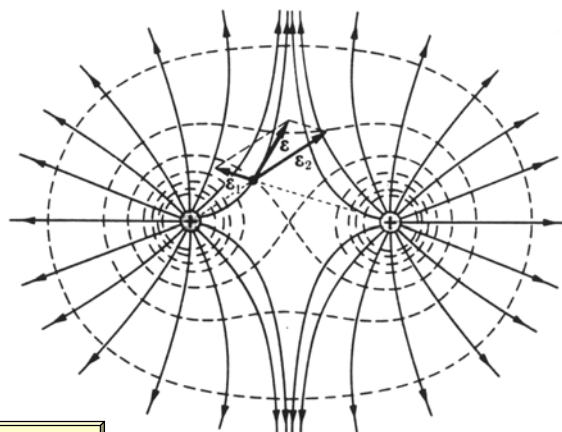
## Linee di forza (1)



Matera, 23 Aprile 2004  
Prof. Nicola Cavallo

37

## Linee di forza (2)



EMfield



Matera, 23 Aprile 2004  
Prof. Nicola Cavallo

38

# Campo elettrostatico



Matera, 23 Aprile 2004  
Prof. Nicola Cavallo

39

## Concetto di campo (1)

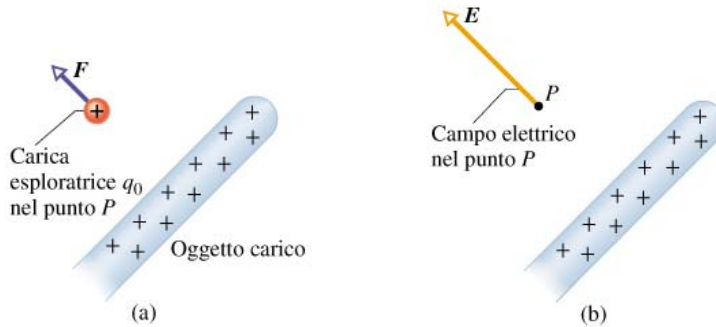
- Conviene, per discutere questa **azione a "distanza"**, introdurre il concetto di campo. L'azione sentita da un oggetto in qualche regione dello spazio é dovuta all'esistenza di un campo appropriato in quella regione.
- Il campo é visto come una specie di tensione o stress nello spazio vuoto che si rivela producendo una forza sull'oggetto.
- E' in generale difficile nel caso di un campo e.m. identificare le sorgenti; in genere é possibile sperimentalmente catalogare le proprietà di un campo in un punto muovendo una piccola particella di **test  $q_0$**  e misurando la forza che "sente" in funzione della posizione e del tempo.
- I campi sono collegati alle distribuzioni continue sullo spazio.



Matera, 23 Aprile 2004  
Prof. Nicola Cavallo

40

## Concetto di campo (2)



## Il concetto di Campo Elettrico

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

$$\vec{E}(x, y, z) = \lim_{q_0 \rightarrow 0} \frac{\vec{F}(x, y, z)}{q_0}$$

$$E = \frac{F}{q} \left[ \frac{N}{C} \right] = \left[ \frac{V}{m} \right]$$



## Sorgente del campo elettrostatico

- Tali formule mettono bene in evidenza come, fissato un sistema di cariche, si possa associare ad ogni punto nello spazio  $P(x, y, z)$  un valore del campo elettrostatico  $\vec{E}(x, y, z)$ , *indipendentemente dalla presenza di una carica di prova  $q_0$* .
- Quando  $q_0$  viene posta nel punto  $P(x, y, z)$  essa risente della forza:

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

- tale relazione che afferma che: “Il sistema di cariche é la sorgente del campo elettrostatico  $\vec{E}$ ”



## Considerazioni sul campo elettrico

- Il concetto di campo elettrico é di fondamentale importanza, teorica e pratica, per la descrizione e *l'interpretazione delle interazioni a distanza*.
- Il campo elettrico é non solo adeguato a descrivere in termini compatti la forza esercitata, su una carica di prova ovunque disposta nello spazio, da una configurazione fissa delle cariche sorgenti (campo elettrostatico)...
- esso é anche indispensabile, come vedremo, per descrivere la configurazione che l'energia elettrostatica assume nello spazio; e nel caso di *sorgenti mobili*, esso descrive correttamente (insieme al campo magnetico) la *propagazione di energia nello spazio* (in particolare nello spazio vuoto).
- Gli effetti prodotti dalle cariche sorgenti possono allora manifestarsi, con intensità significativa, anche in porzioni di spazio molto lontane da quelle occupate dalle sorgenti; e il ritardo con cui tali effetti si manifestano può essere interpretato in termini del tempo che il campo impiega a propagarsi nello spazio.
- *Il campo elettrico resta allora una grandezza fisica significativa anche a prescindere dalla sua connessione con la fenomenologia relativa alle sorgenti che hanno generato il campo stesso.*



## Linee di forza del campo elettrostatico

- *L'introduzione del concetto di campo evidenzia la modifica, da parte della sorgente, dello spazio circostante*

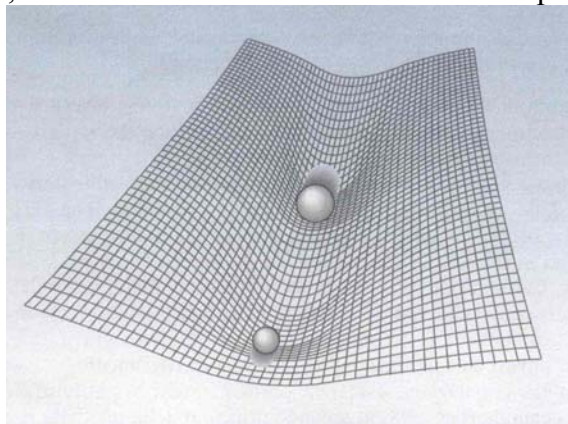
### Proprietà delle linee di forza:

- una linea di forza in ogni punto è tangente e concorde al campo in quel punto;
- le linee di forza si addensano dove l'intensità del campo è maggiore;
- le linee di forza non si incrociano mai, in quanto in ogni punto il campo elettrico è definito univocamente e non può avere due direzioni distinte;
- le linee di forza hanno origine dalle cariche positive e terminano sulle cariche negative; qualora ci siano solo cariche di uno stesso segno le linee di forza si chiudono all'infinito;
- nel caso di cariche di segno opposto, ma eguali in modulo, tutte le linee che partono dalle cariche positive si chiudono su quelle negative, alcune passando eventualmente per l'infinito; se invece le cariche non sono eguali in modulo, alcune linee terminano o provengono dall'infinito.

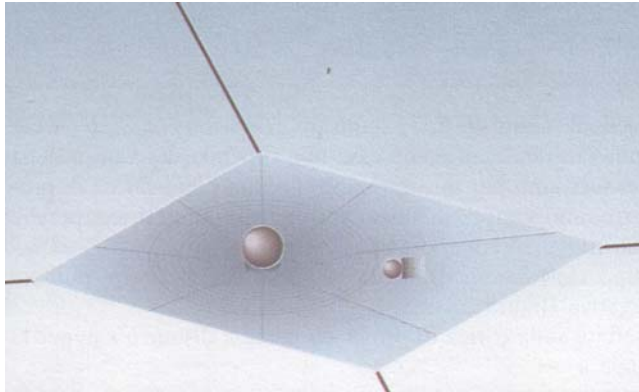


## Modello del telo elastico

- La presenza delle due masse modifica lo spazio e fa sì che esse si muovano l'una verso l'altra, o l'una intorno all'altra, sotto l'effetto delle deformazioni dello spazio.



## Modello interazione elettrica (attrattiva)



Matera, 23 Aprile 2004  
Prof. Nicola Cavallo

47

## Generalizzazione per distribuzioni continue

- Il concetto di campo elettrico può essere generalizzato ai casi in cui la sorgente non sia rappresentata da una singola carica puntiforme  $Q$ , ma da un insieme discreto o da una distribuzione continua di cariche.

Si consideri un insieme (discreto o continuo) di cariche sorgenti.

Posta una carica  $q_0$  di prova, questa risulta soggetta ad una forza  $F$ .

- In generale, la forza  $F$  non è proporzionale alla carica di prova  $q_0$
- nel caso di cariche disposte su corpi estesi, la presenza di  $q_0$  potrebbe modificare la distribuzione della cariche microscopiche presenti su tali corpi:
  - sui conduttori possono aversi spostamenti macroscopici di cariche (fenomeno dell'induzione),
  - negli isolanti, pur essendo impossibili migrazioni macroscopiche di cariche, possono aversi fenomeni di modificazioni localizzate nelle distribuzioni di cariche (polarizzazione).

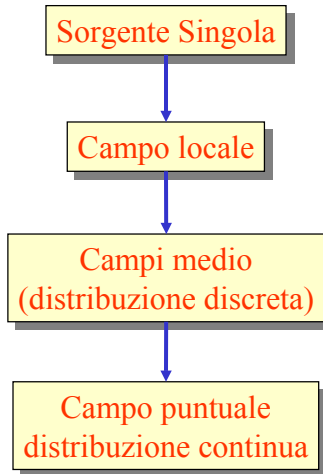


Matera, 23 Aprile 2004  
Prof. Nicola Cavallo

48



## Campo prodotto da distr.continua di carica (1)



## Il concetto di “carica elettrica”

- Molti studenti, che non hanno mai osservato personalmente i **fenomeni** e le **interazioni** che conducono alla formazione del concetto di "carica elettrica", ma hanno sentito usare tali parole a scuola e fuori fin dall'infanzia, usano il termine senza sapere che cosa esso significa e che cosa non significa.
- Per molti studenti la carica è un qualche tipo di sostanza invisibile che può essere sparsa sulle cose o che può “sgorgare” fuori dalle prese di casa.



## Confronto con la forza di gravità

- i soli aspetti della gravitazione familiari sono
  - Il **peso** (sarebbe meglio dire la forza peso),
  - La **caduta libera** degli oggetti.

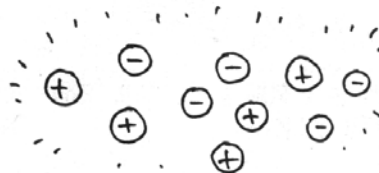


## Massa e carica elettrica

WE NOW TURN FROM MECHANICS TO ELECTRICITY AND MAGNETISM. IN MECHANICS WE USED THE BASIC PROPERTY OF MATTER CALLED **MASS**. IN ELECTRICITY, THE BASIC CONCEPT IS **CHARGE**.



MECHANICAL  
CONCEPT



ELECTRICAL CONCEPT



## Carica elettrica

- Il termine «*carica*» viene introdotto come il nome della proprietà acquisita dagli oggetti in un'interazione.
- una proprietà che
  - sembra «*colare via*»,
  - può essere ripristinata grazie allo sfregamento,
  - è trasferibile da un oggetto all'altro per contatto,
  - è estremamente mobile negli oggetti metallici,
  - e così via...
- La «*carica*» è una *costruzione astratta*, e non una sostanza
  - essa è il nome di una proprietà che noi deduciamo dalle interazioni osservate in natura,
  - non possiamo capire che cosa «*sia*» la carica o come essa «*funzioni*», esattamente come non sappiamo che cosa «*sia*» e come «*funzioni*» la gravità.



Matera, 23 Aprile 2004  
Prof. Nicola Cavallo

53

## Mass & Charge

NOTICE THAT MECHANICS NEVER TOLD US WHAT MASS "REALLY IS," BUT ONLY HOW IT BEHAVES. IN THE SAME WAY, CLASSICAL E&M TELLS US HOW CHARGE BEHAVES, BUT NOT WHAT IT IS.



Matera, 23 Aprile 2004  
Prof. Nicola Cavallo

54

## Come del resto per l'elettrone

- Molti studenti, che hanno sentito parlare degli «elettroni» in connessione con l'elettricità e la carica elettrica, non avendo alcuna idea di cosa significhi e da dove provenga la parola «elettrone», lavorano sulla base di un falso presupposto secondo cui:

*se si conosce l'esistenza degli elettroni,  
si conosce la natura della carica elettrica.*

- Occorre liberarli da tale fraintendimento.
- Un'impostazione che genera una grande impressione sulla maggior parte di essi è quella di portarli a capire l'unica ragione per la quale noi sappiamo che gli elettroni sono carichi negativamente cioè, in ultima analisi, il fatto osservato secondo cui i fasci di elettroni sono respinti da bacchette di gomma che sono state sfregate con una pelliccia di gatto.



## Semplici esperimenti

- **Nastro adesivo**
  - La chiave di tale esperimenti elettrostatici è un comune nastro adesivo trasparente. Se una striscia di nastro adesivo lunga alcuni centimetri si attacca a qualunque superficie levigata e asciutta, e poi viene staccata velocemente, essa risulta essere carica (più intensamente con alcuni materiali, e in maniera relativamente più debole con altri.) (Naturalmente, un'estremità del nastro dovrebbe essere ripiegata in modo da fornire una «maniglia» che non si attacchi alla superficie e che permetta di maneggiare il nastro stesso senza che rimanga attaccato alle dita. ) Se una di queste strisce di nastro viene attaccata sul retro di un'altra, e il doppio nastro adesivo è a sua volta attaccato su una superficie levigata e poi levato via, quando i due pezzi di nastro vengono divisi, risultano caricati in maniera opposta.
- Un'estremità di un nastro adesivo carico di questo genere può essere attaccata a qualche supporto che si trovi a portata di mano (per esempio il bordo del tavolo, la parte inferiore di un coprilampada, l'asse dello schienale di una sedia ecc.), e la striscia sospesa diventa quindi una foglia di elettroscopio che può essere osservata reagire in presenza di altri oggetti carichi. Se le due strisce di nastro con cariche opposte vengono appese non lontano l'una dall'altra, si sono ottenute due strisce di riferimento capaci di interagire con la carica di altri oggetti, e quindi di metterla in evidenza.



## Semplici esperimenti

- **Elettroscopio**

- In una lezione dimostrativa sperimentale si potrebbe mostrare agli studenti come preparare questi elettroscopi e come procedere nel condurre una ricerca sull'interazione degli oggetti carichi. I primi passi della ricerca potrebbero consistere nel caricare altre strisce di nastro con la stessa procedura e nell'osservare le loro interazioni con le strisce che fanno da elettroscopio, ma si dovrebbe dire chiaramente che la ricerca non si può limitare solo alle strisce di nastro adesivo. Molti altri oggetti di casa (piatti, bicchieri, contenitori di tutti i tipi, manici di spazzolini da denti, pettini) possono essere caricati per sfregamento con diversi materiali (seta, lana, pelliccia, stracci fatti di fibre sintetiche, borse di plastica o pellicole per alimenti), e si può controllare se gli oggetti sfregati interagiscono con le strisce che fanno da elettroscopio. Un possibile oggetto da studiare è il proprio corpo dopo aver sfregato i piedi su un tappeto in una giornata asciutta; la verifica viene condotta avvicinando un dito ai nastri adesivi con cariche opposte che fungono da elettroscopio.
- Una relazione dell'Accademia di Francia nel 1733 sottolinea che “quando un corpo elettrificato viene portato vicino alla faccia [o al braccio], esso produce una sensazione simile a quella che si prova incontrando una **ragnatela**”.
- Questa è una sensazione che gli studenti dovrebbero essere guidati a provare e a interpretare.
- Alcune delle ricerche sistematiche da eseguire e delle domande che gli studenti potrebbero essere indotti a porsi sono delineate nei prossimi paragrafi.



## Riconoscere differenti stati di carica

- Dal momento che nessuno ha mai trovato un oggetto carico che attragga o respinga entrambe le strisce di nastro adesivo che si attirano tra loro, arriviamo a credere che esistano solo due «stati di carica».
- Non è possibile «dimostrare» che ce ne sono solo due, esattamente come non è possibile «dimostrare» la legge di conservazione dell'energia. Noi accettiamo di asserire questa regolarità solo perché non è mai stata osservata una sua violazione.
- Ora che ci siamo limitati a due «**stati**» di carica elettrica, possiamo estendere il significato di «**uguali**» fino ad abbracciare tutte le interazioni repulsive, e utilizziamo i termini «**diverse**» o «**opposte**» per indicare tutte le altre interazioni (con l'eccezione di una sottigliezza che verrà delineata tra poco).



## Cariche «uguali» e «diverse»

- Qual è il significato del termine «**uguali**»?
  - La maggior parte delle risposte è: «*cariche uguali si respingono*», e questa frase è considerata una definizione.
- Spesso non si avverte la necessità di
  - definire i termini tecnici «*uguale*» e «*diverso*»,
  - di chiedersi perché riteniamo che ci sia più di un tipo (o stato) di carica elettrica,
  - di chiedersi perché riteniamo che non ce ne siano più di due.



## Una sola carica - polarizzazione

- Una sola carica?
- Inoltre, alcuni studenti sembrano sviluppare l'idea (non espressa in maniera molto chiara) secondo cui esiste realmente un solo tipo di carica. Quando vengono interrogati attentamente, esprimono la loro convinzione secondo cui la repulsione tra due corpi indica che entrambi sono carichi mentre gli altri oggetti, attirati da ciascuno di questi, non hanno in realtà alcuna carica.
- **Polarizzazione**
- Naturalmente si tratta di una questione delicata, dal momento che **i corpi carichi attraggono sempre quelli scarichi**, e noi alla fine razionalizziamo questo fenomeno **inventando** il concetto di «polarizzazione». Anche se la maggior parte degli studenti non rivela apertamente questa idea errata (essi hanno memorizzato il dogma secondo cui esistono due tipi di cariche in maniera così efficiente che la difficoltà non sembra esistere), pochissimi di loro sono capaci di delineare l'evidenza sperimentale in appoggio all'opinione secondo cui ci sono due «stati di carica» piuttosto che uno.



## Composizione della materia

- se accettiamo l'idea secondo cui l'architettura della materia è discreta (atomi e molecole) piuttosto che continua, l'evidente presenza di entrambi i tipi di cariche in tutti i materiali suggerisce che l'attrazione tra cariche positive e negative possa proprio essere ciò che tiene insieme le entità discrete;
- le scintille che scoccano nell'aria (e che, nel farlo, scaricano i corpi che prima erano carichi) suggeriscono che esista qualche tipo di cedimento di strutture che di solito sono neutre e che contengono entrambi i tipi di carica (questo cedimento provoca una capacità di condurre che inizialmente non era presente);
- sia la conduzione, sia il caricamento di contatto per sfregamento, sia il caricamento per induzione testimoniano l'esistenza di diversi gradi di mobilità della carica elettrica all'interno dei diversi materiali.



## Osservazione e...riflessione



## Osservazione e...riflessione

- Gli studenti che non hanno mai osservato l'attrazione di pezzettini di carta o di fibre da parte di un'asta o di un pettine di plastica caricato dovrebbero essere portati a farlo.
- Nel compiere le osservazioni, essi devono contemporaneamente essere guidati a pensare alla gravità. Dovrebbero riuscire a spiegare che **l'interazione in esame è diversa da quella gravitazionale** in quanto la gravità non ha nulla a che fare con lo sfregamento degli oggetti e persiste senza essere alterata degli effetti di strofinamento.
- Essi dovrebbero anche accorgersi del fatto che **l'interazione elettrica è enormemente più intensa di quella gravitazionale**, dal momento che ai pezzetti di carta viene data una forte accelerazione verso l'alto nonostante la trazione verso il basso da parte dell'intera Terra.
- Queste differenze sono sufficienti per giustificare un nuovo nome, e può essere introdotto il termine di "**interazione elettrica**".



## Interazione tra oggetto carico e uno scarico

- Sperimentalmente si osserva che esiste sempre un'interazione tra un oggetto carico e uno scarico.
- Come possiamo fornire una descrizione ragionevole di come possa sorgere questa interazione?
  - La descrizione plausibile è fornita, naturalmente, dalla visualizzazione dello spostamento della carica all'interno di un corpo neutro che si trova nelle vicinanze di uno carico: all'interno del corpo neutro la carica opposta è più vicina al corpo carico di quanto non sia la carica uguale, e il risultato netto è l'attrazione tra i due oggetti.
- Diamo nome «**induzione**» allo spostamento di carica indotto nell'oggetto neutro.





## Causa o effetto

- Un'impostazione molto comune (erronea) consiste nel dichiarare che l'attrazione tra oggetti carichi e scarichi sorge «**a causa**» del fenomeno dell'induzione.
- Lo studente prende in maniera del tutto letterale le espressioni che contengono la frase «**a causa**»: egli intende tale affermazione come una spiegazione assoluta del perché tale fenomeno accade.



## La “scienza all'indietro” di Arons

- Arons chiama questo tipo di presentazione come «**scienza all'indietro**»;
- Occorre, invece, fornire agli studenti
  - una **visione realistica di come funziona la scienza** anziché...
  - rendere oscura la comprensione e la motivazione del modello.
- Il punto di partenza appropriato non è il modello ma il fatto osservato, e ciò che si vede è un'interazione attrattiva fra corpi carichi e corpi scarichi.
- Noi tentiamo di render conto di questa interazione in termini di ciò che già conosciamo, e il concetto di induzione viene deliberatamente inventato (*a posteriori e non a priori*) allo scopo di fornire una spiegazione plausibile.
- Tale concetto è stato inventato (*a posteriori e non a priori*). Questo è il verso di sviluppo «all'avanti» contrapposto a quello «all'indietro».



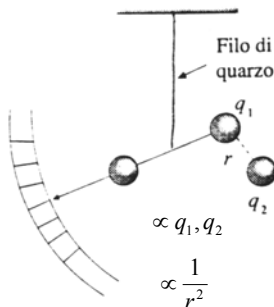
## È misurabile la carica?

- Se la carica elettrica non è una “sostanza materiale” ed è solo il nome per un certo “stato” secondo il quale gli oggetti risentono di attrazioni e repulsioni risulta tutt'altro che ovvio che la «quantità» di carica elettrica sia misurabile !!!



## Legge di Coulomb

- Coulomb fu il primo a mostrare in maniera convincente che la carica poteva essere quantificata attraverso una misura della forza di interazione con la bilancia a torsione in cui stabilì la legge dell'inverso del quadrato



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

Coulomb  
1785



k

$$|\vec{F}_g| = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Cavendish  
1798



γ



## Quale significato ha una “legge”?

- Nello sviluppare qualunque procedimento di misura operativa che porti alla legge di attrazione/repulsione tra cariche elettriche per gli studenti, è importante sottolineare che la legge di Coulomb non è «derivata» matematicamente o «provata» fisicamente.
- Il fatto di ipotizzare la validità della legge sulla base del numero molto limitato di osservazioni descritte prima, è una questione di **ragionamento induttivo** e non **deduttivo**.
- L'accettazione definitiva della legge e la fede nella sua validità sorgono dal fatto che è stata verificata in una grande varietà di casi e di applicazioni, e si è sempre trovato che essa «funziona», mentre non si è mai scoperto un caso in cui non fosse valida.



## Intensità del campo elettrico

- Il concetto di «intensità di campo elettrico  $E$  in un punto dello spazio», definito da

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_{prova}}$$

- genera difficoltà in molti studenti. La maggior parte di queste difficoltà sembra avere a che fare con i suoi aspetti operazionali.



## Concetto di interazione mediante “campo”

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_{prova}}$$

- In primo luogo, l'uso fatto in molti testi del normale segno di uguale (=) invece del simbolo di identità (o definizione) ( $\cong$ ) distoglie l'attenzione dal fatto che l'idea che si sta inventando risiede nel membro di destra dell'equazione, mentre il membro di sinistra è semplicemente il nome per questa idea.



## Concetto di interazione mediante “campo”

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_{prova}}$$

- Inoltre abbiamo la **visione mistica del quoziente**. Per molti studenti ciò è ancora motivo di disagio, e non si chiedono cosa significhi questo quoziente, cioè quale sia la sua interpretazione verbale. Essi sperano di divenire abili nel manipolare la formula senza affrontare il problema verbale.
- È necessario fargli capire che si sta parlando della **forza per unità di carica positiva, e non della sola forza.**



## Concetto di interazione mediante “campo”

- Inoltre, c'è la questione fondamentale del perché vogliamo inventare questa definizione.
  - Lo scopo è, naturalmente, quello di creare un numero che sia una misura intrinseca del campo di forze da descrivere, e che quindi deve essere reso indipendente dalle proprietà numeriche del nostro strumento di rilevazione.
- Sebbene questo obiettivo sia spiegato esplicitamente in molte esposizioni, spesso è espresso in maniera così rapida e superficiale che la maggior parte degli studenti finisce col non notarlo.
- Gli studenti dovrebbero essere guidati a partecipare all'invenzione del concetto, e dovrebbe essere richiesto loro di esprimerne lo scopo e l'interpretazione con parole proprie. È attraverso questa esposizione che essi cominciano a percepire che si sta creando un concetto mirato a uno scopo specifico, e cessano di considerare l'equazione una ”**formula**” ricevuta per rivelazione.



## Ulteriori esempi

- Significato di “elettricità”
- Cos'è la carica elettrica (definizioni circolari e non)
- Il significato di “statico”
- Effetto dell'attrito
- Fraintendimenti relativi



## Che significato ?

- La parola "**Elettricità**" ha diversi significati contraddittori.
- Tali significati sono incompatibili fra loro e creano spesso notevole confusione.



## Significati comuni della parola "elettricità" (1)

- "**Elettricità**" significa:
  - elettroni, protoni, cariche elettriche.
- Esempi:
  - Cariche di elettricità
  - Flusso di elettricità
  - Coulomb di elettricità
  - Elettricità negativa
  - Elettricità positiva



## Significati comuni della parola “elettricità” (2)

- "*Elettricità*" significa:
  - l'energia elettromagnetica fornita dalle batterie e dai generatori.
- Esempi :
  - Prezzo dell'elettricità
  - Kilowatt-ora di elettricità
  - Trasmissione di elettricità
  - Produttore di elettricità



## Significati comuni della parola “elettricità” (3)

- "*Elettricità*" significa:
  - fluire di cariche elettriche.
- Esempi :
  - Corrente di elettricità
  - Ampere di elettricità
  - Flusso di corrente



## Significati comuni della parola “elettricità” (4)

- "*Elettricità*" significa:
  - quantità di sbilanciamento tra quantità di elettroni e protoni.
- Esempi :
  - Elettricità statica
  - Elettricità per attrito
  - Scarica di elettricità



## Significati comuni della parola “elettricità” (5)

- "*Elettricità*"
  - non è nient'altro che una classe di fenomeni che coinvolgono cariche elettriche.
- Esempi :
  - Bioelettricità
  - Piezoelettricità
  - Triboelettricità
  - Termoelettricità
  - Elettricità atmosferica
  - ...etc.





## Significati comuni della parola “elettricità” (6)

- Altre definizioni meno comuni:
  - "*Elettricità*" si riferisce al fluire di energia elettrica:
    - Potenza elettrica
    - Watts di elettricità
  - "*Elettricità*" significa potenziale elettrico
    - Volts di elettricità
  - "*Elettricità*" significa solo plasma di Azoto/Ossigeno
    - Scintilla di elettricità
  - "*Elettricità*" null'altro che un campo delle scienze
    - Elettricità base
    - Elettricità avanzata



## Definizione contraddittoria (1)

- Supponiamo che per “elettricità” si intendano le cariche elettriche.
  - Definizione del dizionario: “una entità fondamentale della natura che consiste in tipi positivi e negativi”.
- Se sono cariche non può essere
  - energia elettromagnetica fornita dalle batterie e dai generatori.
  - fluire di cariche elettriche.
  - quantità di sbilanciamento tra quantità di elettroni e protoni.



## Cos'è la carica elettrica

- Dallo Zanichelli

### *Carica elettrica*

- (fis.) proprietà fondamentale della materia che dà luogo a forze di attrazione o repulsione fra corpi
- Carica elementare, unità di misura della carica elettrica uguale alla carica del protone e pari a  $1,602 \times 10^{-19}$  coulomb.



## *Fraintendimenti sull'elettricità*



## Cos'è l'elettricità

Dallo Zingarelli

### *elettricità*

[fr. *électricité*, a sua volta dall'ingl. *electricity*, da *electric* 'elettrico'; 1715]

s. f.

1. (fis.) Proprietà fisica della materia che si manifesta tramite forze attrattive o repulsive
  - Elettricità negativa (o resinosa), quella dei corpi con un eccesso di elettroni
  - Elettricità positiva (o vetrosa), quella dei corpi ai quali sono stati sottratti elettroni.
2. Elettrologia.
3. (fam.) Energia elettrica: è mancata l'elettricità.



Matera, 23 Aprile 2004  
Prof. Nicola Cavallo

85

## Cos'è l'elettricità

- Data la difficoltà di trovare una definizione alla domanda “**cos'è l'elettricità**” forse potrebbe essere possibile trovare una definizione ad ogni singola domanda:
  - Cos'è la carica elettrica?
  - Cos'è l'energia elettrica?
  - Cosa sono gli elettroni?
  - Cos'è la corrente elettrica?
  - Cos'è lo sbilanciamento di carica?
  - Cos'è il campo elettrico?
  - Cos'è il potenziale?
  - Cos'è la potenza elettrica?
  - Cos'è la scintilla?
  - Cos'è l'elettromagnetismo?
  - Cosa sono le scienze elettriche?
  - Cos'è l'elettrodinamica?
  - Cos'è l'elettrostatica?
  - Cosa sono i fenomeni elettrici?
- Discutiamo della prima soltanto...



Matera, 23 Aprile 2004  
Prof. Nicola Cavallo

86

## Cos'è la carica elettrica?

- Ciò che fluisce durante una corrente elettrica
- Ciò che appare su un palloncino dopo averlo strofinato sui capelli
- Ciò che appare in natura in due tipologie: positiva e negativa
- I poli elettrici positivo e negativo (analogia con quelli magnetici)
- Ciò che causa le forze elettriche (attrazione di Coulomb)
- Ciò che compone l'atomo
- Ciò che è "portata" da elettroni, protoni, positroni ed altre particelle
- Il mezzo attraverso il quale scorre l'energia
- Ciò che, quando oscilla molto velocemente, crea la luce
- Ciò che, quando oscilla lentamente, crea le onde radio
- Ciò che, quando oscilla molto lentamente, crea energia nei circuiti elettrici
- Ciò che, quando fluisce o spiraleggia, è sorgente del magnetismo
- Ciò che riflette la luce e rende gli oggetti visibili
- etc...



## Definizione "circolare" di carica

- Spesso si impiegano definizioni "circolari" :
- Cos'è la carica?
  - *È quella cosa che causa i fenomeni elettrici*
- Cosa sono i fenomeni elettrici
  - *Sono quelle cose che sono causati dalla cariche elettriche*



## Un altro esempio “circolare”

- Cos'è la corrente elettrica?
  - *è un flusso di cariche!*
- Cos'è la carica elettrica?
  - *È ciò che fluisce durante la corrente elettrica!*



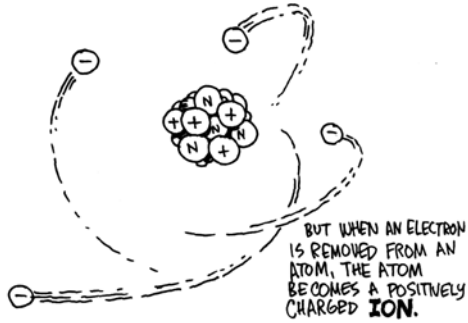
## Una definizione “materiale”

- **La carica elettrica è una componente degli atomi.**
  - Dopo aver scomposto un oggetto in molecole, e scomposte le molecole atomi, quando continuiamo a con l'atomo otteniamo particelle con carica elettrica.
- La carica è materiale, è come gli atomi ma è un livello sotto gli atomi.
- Molti libri dicono:
  - I corpi solo di sono fatti di atomi
  - I corpi solidi sono fatti di cariche elettriche
- **Gli oggetti sono costituiti da un egual numero di cariche positive e negative**
- E gli oggetti stanno assieme a causa dell'attrazione tra le cariche opposte
- *I legami chimici sono i natura elettrica*



## L'atomo

ELECTRONS AND PROTONS HAVE EQUAL AND OPPOSITE CHARGES. NORMAL ATOMS HAVE EXACTLY ENOUGH ELECTRONS TO BALANCE THE PROTONS IN THE NUCLEUS, MAKING THE ATOM OVERALL NEUTRAL.

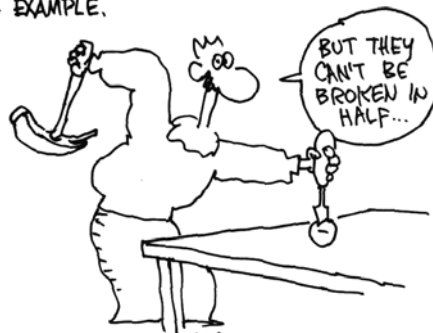


Matera, 23 Aprile 2004  
Prof. Nicola Cavallo

91

## La divisione della carica

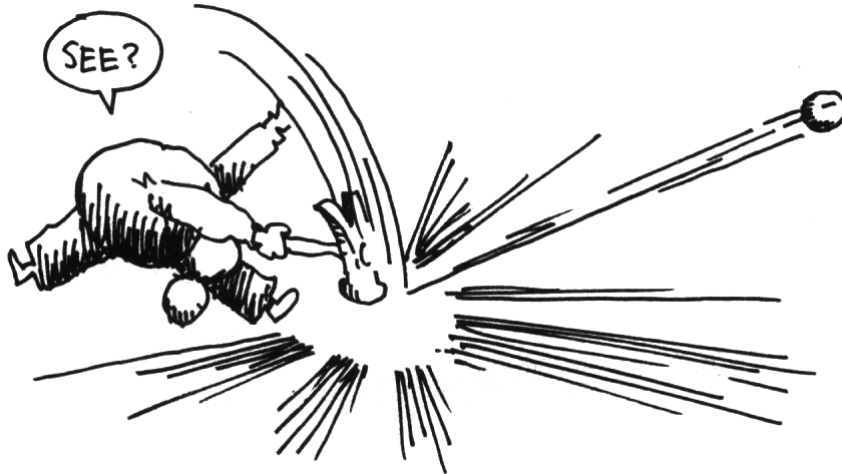
ELECTRONS ARE ELEMENTARY UNITS OF CHARGE, AND ARE EASILY TRANSFERRED FROM ONE OBJECT TO ANOTHER. THEY MAY ALSO BE PASSED ALONG THE SAME OBJECT — LIKE A COPPER WIRE, FOR EXAMPLE.



Matera, 23 Aprile 2004  
Prof. Nicola Cavallo

92

## La divisione della carica



Matera, 23 Aprile 2004  
Prof. Nicola Cavallo

93

## Altro concetto: flusso di cariche

- Come chiamare la cariche che si muovono?
- Se cariche + e - si muovono assieme si ha un “*moto fisico*”
  - La materia è composta di particelle che portano con sé la carica; quindi tutti i “moti fisici” sono “moto di cariche” e talvolta entrambe le cariche + e - si muovono assieme.
- Quando, però, le cariche + e - si muovono separatamente accadono effetti differenti.
- In definitiva
  - Se le cariche si muovono assieme abbiamo un fenomeno “*meccanico*”
  - Se le cariche si muovono separatamente abbiamo un fenomeno “*elettrico*”



Matera, 23 Aprile 2004  
Prof. Nicola Cavallo

94

## La carica non è energia

- Una quantità di carica può avere una certa quantità di energia
- Ma “carica” ed “energia” si muovono diversamente:
- Esempio:
  - In un cavo in cui scorre corrente alternata (AC) le cariche oscillano lentamente, mentre l’energia “fluisce” a velocità della luce. (la carica è differente dall’energia elettrica come l’aria è differente dall’onda sonora)
  - La carica in un circuito fluisce lentamente in circolo mentre l’energia si muove velocemente dalla sorgente al carico.
  - Alcuni pensano che poiché carica ed energia elettrica sono misteriose ed invisibili, esse debbano essere la stessa cosa
  - J. C. Maxwell ha mostrato che  $\Delta U = q\Delta V$



## Un delle tante definizioni

- La carica elettrica è una grandezza scalare (numero reale) che caratterizza lo stato di elettrizzazione di un corpo.
- Osservazione: “**Elektron**” è il nome greco per indicare l’ambra, una resina fossile ( $C_4H_6O_4$ ) nota già nell’antichità per le sue proprietà peculiari, quali l’attrazione per strofinio.





## Il significato di statico

### statico

- [vc. dotta, dal gr. **statikós** ‘che riguarda l'equilibrio’ (V. stasi); 1873]
- agg. (pl. m. -ci)
  1. (fis.) Relativo alla statica Sollecitazione statica, sollecitazione applicata a un corpo in modo da non turbarne l'equilibrio  
Elettricità statica, relativa a cariche elettriche in quiete.
  2. Che ha buone condizioni di stabilità, di equilibrio: ponte statico.
  3. (fig.) Che è privo di movimento, di sviluppo in qualsiasi senso: situazione, politica statica Linguistica statica, studio di una lingua nello stato in cui si trova. CONTR. Dinamico.



### L'elettricità statica é l'elettricità che è statica? **NO!**

#### L'elettricità statica é l'elettricità che è statica? **NO!**

- L'elettricità statica è un insieme di fenomeni elettrici dove
  - La quantità di cariche elettriche + e – all'interno di un materiale non è perfettamente uguale
  - Il potenziale è alto e la corrente è bassa
  - I campi elettrici (in opposizione a quelli magnetici) diventano molto importanti (spesso si chiamano anche campi elettrostatici)



- L'elettrostatica si riferisce alle cariche ed alle forze (attrattive/repulsive) che hanno origine dalle cariche elettriche
  - L'“**assenza di moto**” o la “**staticità**” della carica è del tutto irrilevante.
- 
- ...basti pensare all'idrostatica che non ha nulla a che vedere con l'acqua ferma!



- Tale confusione può essere superata solo considerando non tanto la parola “**statica**” quanto il fatto che le cariche si trovano in una situazione nella quale esiste uno “**sbilanciamento di carica**”
- È la carica elettrica netta (somma algebrica della cariche) che è importante
- Si può anche dire in un altro modo: è la separazione tra cariche elettriche positive e negative che sta alla base dell'“elettricità statica”.
- È, ad esempio, la separazione di cariche su una distanza grande che dà origine alle scariche (scintille).



## L'attrito causa l'elettricità statica ? NO!

- L'elettricità statica appare quando due materiali isolanti differenti sono posti a contatto stretto e, successivamente, separati.
- A causa dei legami chimici, che sono formati alla superficie, se gli atomi di un materiale tendono a tenere gli elettroni più fortemente, tale materiale tenderà ad attrarre cariche negative durante il contatto.
- L'altro materiale diverrà così più positivo
- Una volta separate, le superfici mostreranno uno squilibrio di carica netto.



## esempi

- Esempio 1
  - Un nastro adesivo è attaccato su una superficie isolante e, successivamente, strappato. Entrambe le superfici a contatto divengono elettrizzate.
  - Per tale effetto non c'è bisogno di attrito.
- Esempio 2
  - Durante il processo di stampa di un giornale, il foglio passa attraverso numerosi cilindri. Durante tale passaggio acquisisce una carica netta e si elettrizza.



## Effetto dell'attrito

- Effetto (non direttamente rilevante) dell'attrito:
  - Se un oggetto materiale è rugoso o fibroso e non mostra un'area di contatto efficace larga, il processo di strisciare un oggetto contro un altro può aumentare l'area di contatto.
- L'attrito può anche rimuovere sottili strati di olio o ossido, esponendo una superficie di contatto superiore.
- Non è quindi l'attrito a causare l'elettrizzazione che può avvenire anche per puro contatto.
- Il termine “elettricità da attrito” è ambiguo
- È meglio impiegare “**elettricità da contatto**”, “**elettrizzazione da contatto**”, “**separazione di cariche**” o “**creazione di sbilanciamento di carica**”



## Fraintendimenti relativi

- Tutte le cariche elettriche sono flussi di elettroni (**ERR**)
- “l'elettricità” è fatta di elettroni, non protoni (**ERR**)
- Gli elettroni sono una specie di particelle cariche (**ERR**)
- L'elettricità possiede una massa nulla perché gli elettroni hanno una massa piccola (**NO**)
- Le cariche positive sono una perdita di elettroni (**ERR**)
- Le cariche positive non possono fluire (**ERR**)
- Per creare una “carica statica”, muoviamo elettroni (**NON SEMPRE**)



## Tutte le cariche elettriche sono flussi di elettroni (ERR)

- Le correnti elettriche non sono flussi di elettroni ma flussi di cariche elettriche
- Entrambe elettroni e protoni posseggono la stessa quantità di “elettricità” (???)
- Entrambe possono fluire
- Nelle Acque salate, bulbi fluorescenti e negli acidi della batterie, gli atomi con eccedenza di protoni (ioni) possono fluire attraverso ....e tale flusso è chiamato “corrente elettrica”



## “L’elettricità” è fatta di elettroni, non protoni (ERR)

- La “carica elettrica” è una caratteristica (è posseduta) sia dagli elettroni che dai protoni
- Elettroni e protoni sono due tipi di particelle con differente peso (massa) ma con la stessa quantità di carica elettrica
- Gli elettroni possono essere facilmente rimossi dall’atomo mentre i protoni “IN GENERE” sono più legati agli altri protoni e ciò non influenza la carica elettrica che essi posseggono
- Se rimuoviamo un elettrone da un atomo, quest’ultimo mostrerà un eccesso di carica elettrica totale (positiva)



## Gli elettroni sono una specie di particelle cariche (ERR)

- Gli elettroni e i protoni sono “materia” non “energia”
- Un flusso di elettroni (così come di protoni) non è un “flusso di energia”
- Un elettrone in moto non porta energia con se



## Le cariche positive sono una perdita di elettroni (ERR)

- La carica positiva non è ottenuta con una “mancanza di elettroni”
- La carica positiva è di per se una carica
- Se elettroni e protoni sono messi assieme, le loro cariche si equilibrano e, quindi, si cancellano (sommatoria algebrica delle cariche nulla)
- La rimozione degli elettroni espone la carica positiva e ciò...provoca il fraintendimento...
- Un protone non è un elettrone mancante!!!



- Le cariche “statiche” o le cariche squilibrate possono essere create rimuovendo elettroni da atomi neutri.
- Ma...possono essere create anche aggiungendo o rimuovendo atomi carichi da un materiale e tali atomi possono essere ioni positivi o negativi
- È sempre possibile aggiungere o rimuovere protoni dai materiali



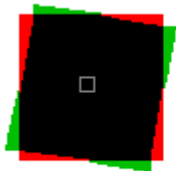
## *Rosso & Verde*



## Esempio di visualizzazione



## Modello di materia ordinaria





## Come violare la neutralità della carica



## Rapporto elettricità statica / attrito

- Più che dire che l'”**elettricità statica è causata dall'attrito**” sarebbe meglio dire che la “**separazione delle cariche**” è causata dal “**contatto**”



- Il processo è chiamato “**elettrizzazione per contatto**”



## Cosa può essere dimostrato

- Conservation of Charge.
- Electron (GREEN) transfer.
- Esistenza di cariche non cancellantesi nella materia: la materia è fatta di cariche perfettamente bilanciate fra loro.
  - Le cariche NON possono essere create ma solo SEPARATE .
- Ruolo del contatto: il caricamento” avviene con il contatto tra due superfici, il che implica che la superficie deve avere caratteristiche elettriche differenti altrimenti non interagirebbero.
- L’attrito gioca un contatto secondario nell’elettricità statica (caricamento di una superficie).
- La causa fondamentale del processo è il contatto



## Caricamento induttivo

