

GUIDA AI LABORATORI



ELETTRICITÀ

Anno scolastico 2019/20

ELETTRICITÀ

Schede didattiche

Le attività e gli approfondimenti presentati in queste schede si basano sull'esperienza maturata dal Museo nell'ambito della sua attività educativa e vogliono essere uno strumento a disposizione degli insegnanti per fornire spunti e riflessioni da sviluppare in classe per approfondire le tematiche affrontate.

TEMI TRATTATI:

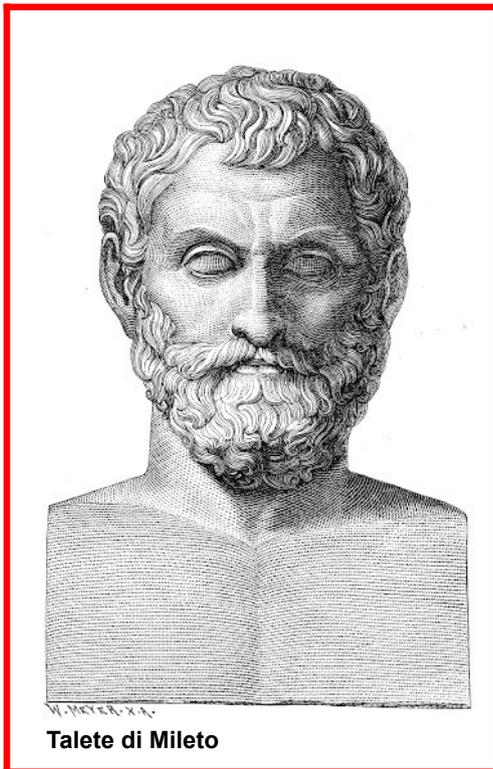
- Elettricità statica
- Le cariche elettriche
- Macchine elettrostatiche
- Elettricità e materia
- Magnetismo
- Corrente elettrica
- Elettromagnetismo

ELETTRICITÀ: LE ORIGINI

Tra tutte le forme di energia, quella elettrica è sicuramente la più versatile. Può essere, infatti, facilmente convertita in movimento, in luce, in calore, ecc. e il suo trasporto avviene in modo semplice.

Al giorno d'oggi, non ne possiamo fare a meno. Quando viene a mancare ci accorgiamo di quanti apparecchi di uso comune ne abbiano bisogno per funzionare (televisione, computer, radio, frigorifero, stufe, elettrodomestici, lampade, ecc.).

È una forma di energia “moderna”, ma alcuni fenomeni legati all'elettricità sono noti fin dall'antichità.



In Grecia, infatti, si conoscevano le proprietà elettrostatiche dell'ambra.

Fu il filosofo Talete di Mileto, nel VI secolo a.C., a scoprire che, strofinando questa resina fossile con un panno di lana, essa poi attirava piccoli oggetti leggeri, che si trovavano poco distanti, come foglie secche, piume, fili, ecc.

Talete ipotizzò che l'ambra avesse una sorta di anima grazie alla quale riusciva ad attrarre altri corpi.

In uno scritto del 360 a.C., il *Timeo*, Platone descrive questi fenomeni: “Si spiegano così lo scorrere delle acque, la caduta dei fulmini, e la meravigliosa forza d'attrazione dell'ambra e della calamita: in nessuno di tutti questi oggetti vi è la forza attraente, ma poiché il vuoto non c'è, questi corpi si respingono in giro l'uno con l'altro, e separandosi e congiungendosi, cambiano di posto, e vanno ciascuno nella propria

sede”.

Proprio dal nome greco dell'ambra, **èlektron**, il chimico e fisico inglese Michael Faraday derivò il termine elettricità.





Esperienza 1

L'elettricità statica

Tutti abbiamo giocato con una penna di plastica strofinata cercando di attrarre piccoli pezzetti di carta. Questo fenomeno è stato utilizzato, fin dall'antichità, per sorprendere e divertire i curiosi, studiandone diverse variazioni. Ne ricorderemo alcune.

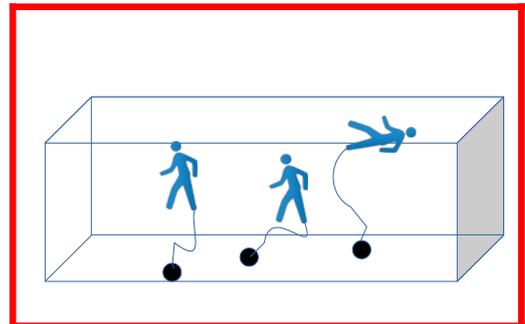
Strumenti di lavoro:

- Carta velina
- Scatola di plastica trasparente
- Pezzetti di materiali "leggeri"
- Piombini da pesca
- Panno di lana
- Pennarelli
- Filo di bava sottile

PROCEDIMENTO

Parte 1: La danza dei forzati

- Ricavare delle sagome ritagliando della carta velina e colorarle a piacere.
- Fissare alle sagome, per mezzo di un filo sottile, un piombino da pesca.
- Mettere le figure in una scatola di plastica trasparente tipo quelle per alimenti e ricoprirne il fondo con un foglio di carta.
- Strofinare la scatola con un panno di lana.

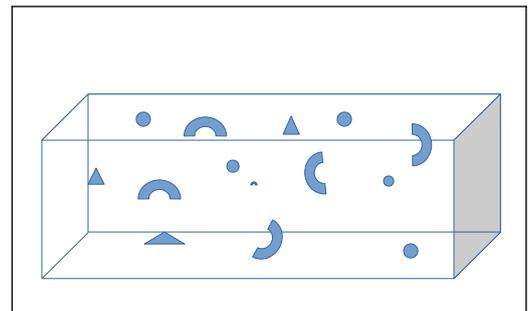


Osservazioni:

Strofinando delicatamente con il panno il coperchio della scatola, le figurine si alzano bruscamente e tentano di toccare il coperchio. Sembrano dei piccoli forzati, trattenuti da fili e da pallini, i cui gesti e movimenti sono molto divertenti.

Parte 2: Le pulci elettriche

- Preparare dei piccoli e leggeri pezzetti di materiali diversi (sono adatti pezzetti di resine usate per imballaggio, ad esempio polistirolo espanso e simili).
- Metterli nella scatola di plastica trasparente.
- Strofinare la scatola con un panno di lana.



Osservazioni:

Strofinando delicatamente con il panno il coperchio della scatola, i piccoli oggetti si sollevano bruscamente in aria e si attaccano al coperchio. Toccando la superficie di plastica li si vedrà proiettati in ogni direzione e saltellare proprio come pulci ammaestrate.



Commento:

Quando un corpo presenta i fenomeni osservati si dice che è elettrizzato, cioè possiede una carica elettrica. Un oggetto elettricamente carico è infatti in grado di attirare piccoli pezzi di carta o altri corpi leggeri. Poiché la carica risiede sull'oggetto, la si chiama carica elettrostatica e si parla di ELETTRICITÀ STATICA o, con un termine più moderno, TRIBOELETTRICITÀ, ossia elettricità ottenuta tramite strofinio.

Si produce comunemente elettricità statica sfregando tra loro due superfici a contatto. Numerosi sono gli effetti che possiamo osservare ogni giorno intorno a noi.

Sono manifestazioni di fenomeni elettrostatici: la scossa che talvolta è avvertita toccando la maniglia della portiera dell'auto, dopo essere stati seduti e quindi aver sfregato il sedile di plastica; il crepitio che si sente spazzolando i capelli asciutti; la tendenza dei fogli di carta sottili a resistere alla loro separazione; le scintille osservate togliendo certi indumenti in una stanza buia.



Esperienza 2

La carica elettrica

Lo studio dei fenomeni elettrostatici stimolò gli scienziati a preparare degli strumenti in grado di rilevare la presenza di cariche elettriche. Importanti furono anche le deduzioni che gli studiosi fecero per spiegare i fenomeni osservati.

Strumenti di lavoro:

- Asta di sostegno
- Filo di cotone
- Pallino di polistirolo espanso
- Grafite in alcol
- Bacchetta di ebanite
- Bacchetta di vetro
- Vasetto di vetro con coperchio
- Tappo di sughero
- Alluminio foglio
- Filo di rame grosso

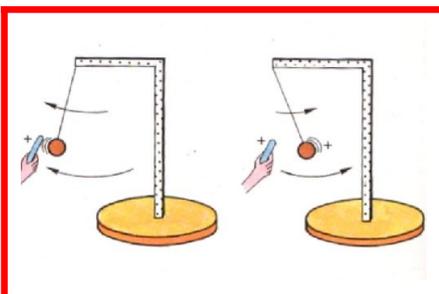
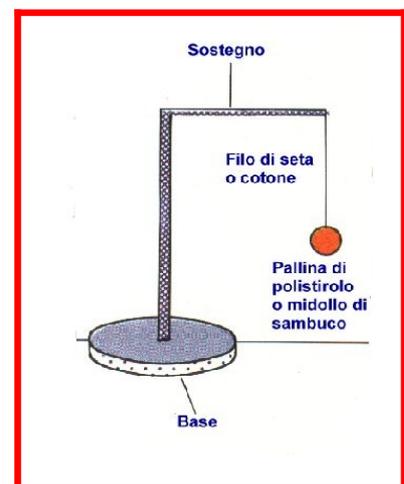
PROCEDIMENTO

Parte 1: Il pendolino elettrico

Abbiamo realizzato con semplici materiali un **elettroscopio**. È lo strumento più semplice per analizzare le cariche elettriche, costituito da una sferetta di midollo di sambuco (nel nostro caso sostituito da polistirolo espanso) sospesa ad un filo di seta (nel nostro caso sostituito da un filo di cotone).

L'elettroscopio è più sensibile se la sferetta viene ricoperta di alluminio o grafite.

- Elettrizzare una bacchetta di ebanite strofinandola con un panno di lana.
- Avvicinare l'estremità elettrizzata della bacchetta alla sferetta del pendolino.
- Toccare la sferetta con l'estremità elettrizzata della bacchetta.
- Elettrizzare una bacchetta di vetro strofinandola con un panno di lana.
- Avvicinare l'estremità elettrizzata della bacchetta alla sferetta del pendolino.

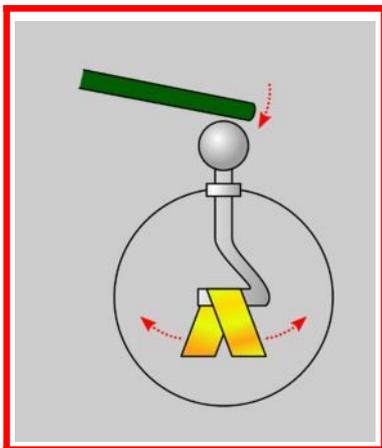


Osservazioni:

All'inizio la sferetta è attratta dalla bacchetta di ebanite elettrizzata, ma dopo essere stata a contatto con essa ne viene respinta. Quando avviciniamo la bacchetta di vetro alla sferetta dell'esperienza precedente, essa non viene respinta ma attratta.

Parte 2: L'elettroscopio

Gli elettroscopi veri e propri sono strumenti più sensibili del pendolino elettrico e consentono di ripetere importanti esperimenti di elettrostatica.



L'elettroscopio a foglie è costituito da una asticella metallica, alla cui estremità inferiore vengono attaccate due sottili "foglioline" d'oro libere di muoversi intorno alla loro posizione di attacco; il tutto è isolato e protetto dalle correnti d'aria mediante un contenitore trasparente. L'estremità superiore dell'asticciola sporge all'esterno dell'involucro e termina in alto con una sferetta metallica.

È possibile costruirne uno semplice usando un vasetto di vetro chiuso da un tappo di sughero attraverso il quale un filo di rame sostiene una sottile striscia di alluminio, del tipo usato per alimenti, ripiegata per rendere mobili le due parti. Sull'estremità esterna del filo di rame si può sistemare una

sfera preparata appallottolando il foglio di alluminio.

- Eseguire dei saggi usando le bacchette di ebanite e di vetro elettrizzate mediante strofinio con panno di lana.

Osservazioni:

*Quando si avvicina la bacchetta di ebanite strofinata alla sferetta dell'elettroscopio, si vedono le foglioline di alluminio aprirsi; si osserva cioè l'elettrizzazione per **induzione**. Allontanando la bacchetta le foglioline ritornano alla posizione iniziale.*

Toccando invece con la bacchetta la sferetta, la carica elettrica della bacchetta si trasferisce sulla sferetta, infatti le foglioline divergono e restano aperte anche allontanando la bacchetta.

L'angolo formato dalle strisce dipende dal valore della carica elettrica. Toccando più volte la sferetta con la bacchetta ricaricata si nota l'incremento dell'apertura delle foglioline.

Se si tocca con un dito la sfera di alluminio le foglioline tornano ad unirsi.

Utilizzando la bacchetta di vetro si nota un comportamento analogo, ma la carica che essa trasferisce ad un elettroscopio caricato con la bacchetta di ebanite ne provoca non l'incremento ma la scarica.



Commento:

I fenomeni di attrazione e repulsione si possono spiegare ammettendo l'esistenza di DUE TIPI DI CARICHE ELETTRICHE:

- La carica presente sulla bacchetta di ebanite viene denominata **CARICA NEGATIVA** e contrassegnata dal segno meno (-)
- La carica presente sulla bacchetta di vetro viene denominata **CARICA POSITIVA** e contrassegnata dal segno più (+)

Le esperienze dimostrano anche una delle leggi fondamentali dell'elettrostatica:

CORPI ELETTRIZZATI CON CARICHE DELLO STESSO SEGNO SI RESPINGONO, CORPI ELETTRIZZATI CON CARICHE DI SEGNO OPPOSTO SI ATTRAGGONO.



NOTA STORICA



William Gilbert

Si deve giungere agli inizi del XVII secolo affinché uno studioso inglese, **William Gilbert** (1540-1603), medico della regina Elisabetta I, approfondisca l'esperienza di Talete. Egli osservò che anche altri corpi, oltre all'ambra, avevano la proprietà, se strofinati, di attirare piccoli oggetti (vetro, zolfo, ceramica, resine solide, pietre dure). Iniziò così degli esperimenti che lo portarono a scoprire che i vari materiali non si comportano tutti nel medesimo modo. Il suo lavoro è riassunto nel grande trattato *De Magnete*, pubblicato nel 1600.

È da attribuire a Gilbert uno dei primi strumenti di misura elettrici: il **versorium**, costituito da una sottile striscia di metallo incernierata a compasso con una barretta e libera di muoversi sotto l'effetto di una forza elettrostatica, anticipazione di quello che più tardi fu chiamato **elettroscopio**.

Intorno alla metà del XVII secolo, **Otto von Guericke** (1602-1686), borgomastro di Magdeburgo, costruì una sfera di zolfo mescolato con vari minerali, che, ruotando su di un perno e sfregando contro una pelle, si caricava di elettricità tanto da dare una scossa sensibile accompagnata da crepitio e bagliori: si trattava della prima macchina elettrostatica.

Il passo successivo fu la distinzione tra conduttori e isolanti, in gran parte merito dello scienziato inglese **Stephen Gray** (1666-1736).

Infine, si deve al francese **Charles Dufay** (1698-1739) la scoperta che esistono 2 e solo 2 specie di elettricità, che egli chiamò elettricità vetrosa ed elettricità resinosa, perché si manifestavano, rispettivamente, strofinando il vetro o una sostanza resinosa. Egli accertò che elettricità di specie uguale si respingono ed elettricità di specie diverse si attraggono.



La macchina elettrostatica di Otto von Guericke



Esperienza 3

Le macchine elettrostatiche

Verso la fine del XVII, ma soprattutto nel XVIII secolo, i fenomeni elettrici diventano di dominio pubblico. L'aspetto che più colpisce è la possibilità di far scoccare scintille e di verificare gli effetti dell'elettrizzazione sugli esseri umani mediante l'uso di macchine elettrostatiche.

Strumenti di lavoro:

- Macchina di Wimshurst
- Bottiglia di Leida
- Elettroforo di Volta
- Sfera al plasma

PROCEDIMENTO

Parte 1: Le macchine elettrostatiche

Le macchine elettrostatiche sono dispositivi che consentono di accumulare notevoli quantità di elettricità statica sfruttando il principio dello strofinio. Si deve a Otto von Guericke la costruzione, attorno al 1660, della prima macchina elettrostatica a strofinio. Nel corso del XVIII secolo le macchine furono perfezionate fino a raggiungere la struttura definitiva verso il 1772.

La macchina di Wimshurst è formata da due dischi di vetro, ebanite o altro materiale isolante, posizionati uno di fronte all'altro, che tramite una manovella vengono fatti ruotare entrambi, ma in verso contrario, intorno ad un asse orizzontale. Sui dischi sono incollati alcuni settori metallici, isolati l'uno dall'altro. Due piccole spazzole in rame sfregano sulla superficie dei due dischi, raccogliendo in modo opportuno le cariche elettriche che si originano e convogliandole alle sferette dello spinterometro.



- Far ruotare, utilizzando la manovella, i dischi della macchina elettrostatica di Wimshurst.

Osservazioni:

Mentre i dischi sono in movimento tra le due sfere dello spinterometro scocca una piccola scintilla continua.

- Far comunicare, spostando l'apposita leva, le armature esterne delle due bottiglie di Leida (condensatori) poste ai lati della macchina elettrostatica.

Osservazioni:

La scintilla tra i due elettrodi è molto più forte e si manifesta anche allontanando le due sfere.



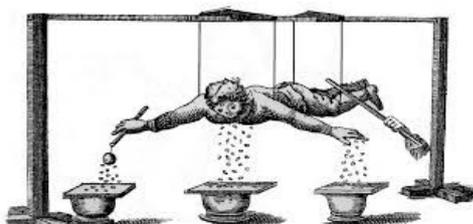
Commento:

I due dischi della macchina elettrostatica ruotano in antifase (uno in senso orario e l'altro in senso antiorario) e, sfregando contro le spazzole, immagazzinano sulle loro superfici delle cariche di polarità opposta. Ogni volta che un settore entra in contatto con una spazzola, la sua carica cambia da positiva a negativa o viceversa. Il risultato è che i settori si caricano positivamente su una metà del disco e negativamente sull'altra. La carica statica sulle spazzole viene trasferita allo spinterometro, costituito da due elettrodi di forma sferica, tra i quali scocca una scintilla.

Riunendo i due poli con le armature interne delle due bottiglie di Leida (condensatori), di cui si fanno comunicare tra loro le armature esterne, si aumenta la capacità della macchina: si può così arrivare facilmente a ottenere una differenza di potenziale di 300.000 volt.



NOTA STORICA



Esperimento di elettrizzazione di Stephen Gray

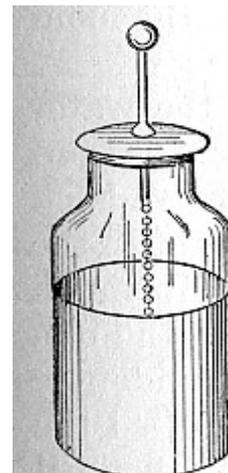
Nel 1730 si realizza per la prima volta l'elettrizzazione di una persona, tenuta sospesa e isolata dal suolo mediante fili di seta. Tale esperienza diviene successivamente di moda e fa il giro di tutti i salotti aristocratici dell'epoca, rendendo l'elettricità di dominio pubblico. Dilettanti, praticoni, ciarlatani, ma anche alcuni fisici, cominciano a fare esperimenti sempre più ap-

pariscenti: il globo elettrizzato di una macchina elettrostatica viene scaricato attraverso catene di molti uomini e si comincia a studiare se gli uomini si elettrizzano più o meno facilmente delle donne, i giovani dei vecchi. Insomma, tutta l'Europa bene si elettrizza e si stupisce dinanzi alle sempre nuove meraviglie.

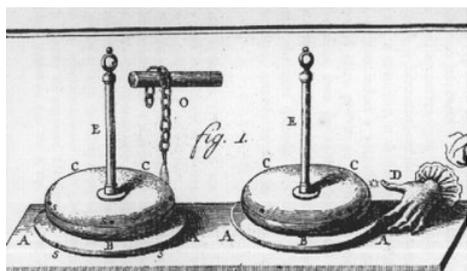
Nel 1745, nel corso di esperimenti per elettrizzare l'acqua contenuta in una bottiglia di vetro, verrà realizzato il primo "condensatore di elettricità". Furono due studiosi, indipendentemente l'uno dall'altro, a giungere alle stesse conclusioni: lo scienziato tedesco **Ewald Jürgen Georg von Kleist** (1700-1748) e il fisico olandese **Pieter van Musschenbroeck** (1692-1761), che presentò il condensatore alla comunità scientifica internazionale nel 1746, battezzandolo, dal nome della propria città, **bottiglia di Leida**.

Il condensatore non consente di generare una carica elettrica, ma di accumularla amplificando fortemente gli effetti della scarica elettrica.

L'anno successivo, con un dispositivo simile, si fa provare la scossa a più di seicento soldati che si tengono per mano.



Bottiglia di Leida



Elettroforo di Volta

Alessandro Volta realizza il suo primo dispositivo elettrico, l'elettroforo, nel 1775. Si tratta di uno strumento in grado di accumulare una modesta quantità di carica elettrica in modo discontinuo.

Con l'elettroforo si dà il via alla realizzazione di tutte le macchine ad induzione.

Nella versione moderna esso è costituito da una lastra isolante di plexiglas (schiacciata) e da una lastra metallica (scudo) dotata di manico isolante. La schiacciata viene elettrizzata per strofinio e si carica negativamente. Ponendo sulla schiacciata lo scudo, questo si elettrizza per induzione: positivamente, nella parte inferiore a contatto con il piano, e negativamente in quella superiore. Mettendo a terra lo scudo, per esempio toccandolo con un dito, la carica negativa si scarica a terra e lo scudo resta carico positivamente, come è possibile verificare con l'elettroscopio.

Parte 2: La sfera al plasma

Anche oggi i fenomeni elettrici sono utilizzati per stupire. La lampada nota anche col nome di “fulmini in bottiglia”, è un dispositivo costituito essenzialmente da una sfera di vetro entro cui è contenuto un gas a bassa pressione (1-10 mm di mercurio) e da un elettrodo centrale a circa 10.000 volt, anch'esso sferico. Nel basamento è alloggiata la parte elettrica che serve ad alimentare l'elettrodo centrale, la cui polarità si inverte con una frequenza di circa 35.000 hertz. Quando l'interruttore è acceso si formano filamenti luminosi e diffusi che partono radialmente dall'elettrodo centrale. Il loro colore è caratteristico del gas contenuto nella sfera, oltre che dalla pressione a cui il gas si trova. In fisica un gas ad alta temperatura e molto ionizzato viene detto “plasma”. Le scariche elettriche creano zone dove il gas entro la sfera ha le caratteristiche del plasma, da cui il nome alla lampada.



Si possono osservare alcuni fenomeni interessanti:

- Avvicinare alla sfera un dito e poi muoverlo sulla sua superficie.
- Avvicinare alla sfera una placca di metallo.
- Avvicinare alla sfera una bacchetta di vetro.

Osservazioni:

Avvicinando un dito alla sfera i filamenti luminosi tendono ad addensarsi verso di esso e, se si sposta il dito, tendono a seguirlo. La stessa cosa avviene avvicinando la placca di metallo, mentre con la bacchetta di vetro i filamenti non si spostano.



Conclusioni:

Sia il dito che la placca di metallo sono dei conduttori, mentre il vetro è un isolante: i filamenti luminosi della sfera al plasma sono attratti dai conduttori.

- Avvicinare alla sfera un tubo al neon.

Osservazioni:

Il tubo al neon si illumina sempre di più man mano che si avvicina alla superficie della sfera.

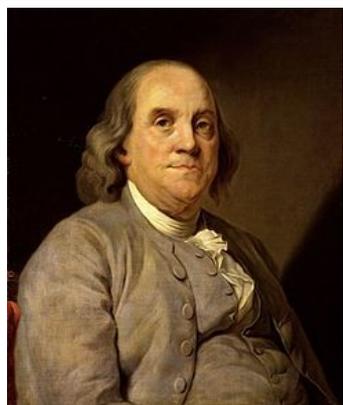


Commento:

I filamenti luminosi generati dall'alta tensione a cui si trova l'elettrodo centrale sono analoghi ai fulmini che si verificano durante i temporali; la diversità dipende dalla maggior pressione dell'aria atmosferica.



NOTA STORICA



Benjamin Franklin

Fu l'americano **Benjamin Franklin** (1706-1790) a dimostrare che il fulmine altro non è che una grande scintilla elettrica attraverso cui masse di elettricità, diffuse dalle nuvole, si scaricano, non dissimile dalla scintilla prodotta dalle macchine elettrostatiche.

A Franklin si deve la prima invenzione di utilità pratica in campo elettrico: il **parafulmine** (1752). Fino a questo momento, infatti, le conoscenze in campo di elettrostatica erano state usate per lo più per stupire e divertire.

Secondo Franklin in ogni corpo esiste un misterioso fluido, da lui chiamato **fluido elettrico**. Quando due corpi vengono sottoposti a reciproco strofinio, essi possono cedere o acquisire questo fluido e quindi diventarne più ricchi o più poveri. I corpi con fluido

elettrico in eccesso o in difetto si dicono elettrizzati, se il fluido elettrico è in equilibrio si dicono corpi neutri.

Egli chiamò positivo il fluido elettrico in eccesso (vetro) e negativo il fluido in difetto (ambra). In questo modo, sia pure invertendone i ruoli, introdusse i concetti di carica positiva e negativa.

Un importante contributo alla studio dell'elettrostatica fu dato dal fisico francese **Charles Augustin de Coulomb** (1736-1806). Nel 1785 fece misure quantitative su attrazioni e repulsioni elettriche e ne dedusse le leggi che le governano.

Ideò un apparato, la **bilancia di torsione**, mediante il quale ricavò il seguente risultato:

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

Nota come **legge di Coulomb** e valida per cariche puntiformi.

L'intensità della forza che si esercita tra due cariche q_1 e q_2 è direttamente proporzionale al prodotto delle cariche ed inversamente proporzionale al quadrato della distanza.

La legge di Coulomb ha la stessa dipendenza dalla distanza della legge di gravitazione di Newton (all'epoca degli esperimenti di Coulomb nota da 100 anni). Le forze gravitazionali sono, tuttavia, sempre attrattive: questo corrisponde al fatto che vi sono due specie di elettricità, ma (apparentemente) solo una specie di massa.

È curioso osservare che la dipendenza della forza dall'inverso del quadrato della distanza era stata dedotta circa 20 anni prima di Coulomb da **Joseph Priestley** (1733-1804), interpretando le osservazioni di Franklin circa l'assenza di cariche all'interno dei corpi cavi.

L'unità di misura della carica elettrica è il Coulomb. È una grandezza derivata, proprio per la difficoltà di misurarla direttamente, dalle misure di intensità di corrente Ampere (A) e dal tempo:

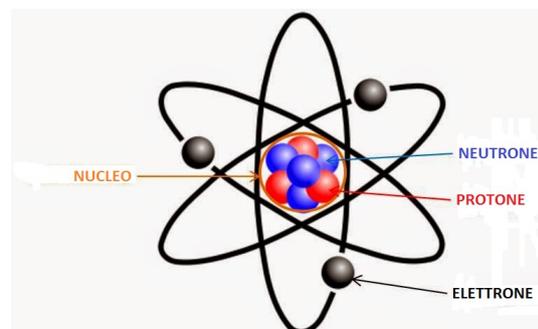
$$q = i \cdot t$$



Charles Augustin de Coulomb



ELETTRICITÀ E MATERIA



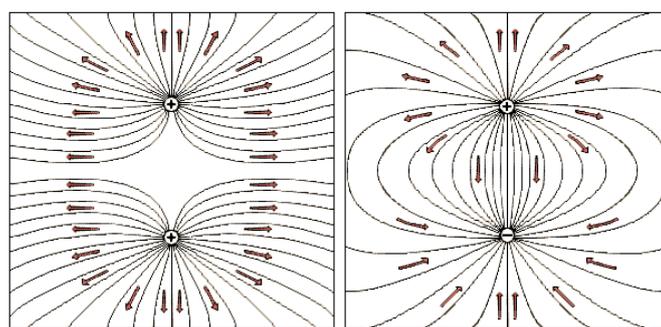
Raffigurazione dell'atomo

Oggi sappiamo che la materia è costituita da **atomi** composti a loro volta da tre particelle distinte: **elettrone**, **protone** e **neutrone**.

Protone e neutrone costituiscono il nucleo dell'atomo; il primo ha carica positiva, mentre il secondo, come dice il nome, è privo di carica. L'elettrone che si muove attorno al nucleo ha carica negativa.

In ogni atomo il numero dei protoni è uguale al numero degli elettroni, quindi la materia è normalmente neutra. Tuttavia, strofinando tra loro due corpi, è possibile che alcuni elettroni passino dall'uno all'altro, così che entrambi i corpi risultino carichi, uno per eccesso di elettroni (carico negativamente), l'altro per difetto (carico positivamente).

La regione che circonda un corpo elettrizzato assume proprietà singolari. Una seconda carica introdotta in questa regione subisce, ad esempio, l'azione di una forza di attrazione o repulsione. Una tale regione si dice **campo elettrico**. L'intensità del campo elettrico, come pure la sua direzione, si può rappresentare graficamente mediante linee di forza. Le linee di forza sono uscenti dalla carica positiva ed entranti in quella negativa, attraendo così cariche di segno opposto e respingendo cariche di uguale segno.



Campo elettrico

La carica elettrica non si propaga in tutti i corpi nella stessa maniera: se si propaga velocemente i corpi si dicono **elettroconduttori** (vedi i metalli), se lentamente **isolanti** (vedi legno).



Esperienza 4

I magneti

Alcuni corpi di natura ferrosa, come ad esempio la magnetite, hanno la proprietà di attirare altri corpi e quella di attirare o respingere corpi dello stesso materiale a seconda della relativa posizione. Ciò avviene grazie a forze dette forze magnetiche. Questa proprietà era già nota ai Greci e ai Romani. I corpi che la possiedono vengono chiamati calamite o magneti.

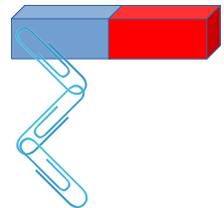
Strumenti di lavoro:

- Due calamite
- Foglio di cartoncino
- Piccoli oggetti di materiali diversi
- Limatura di ferro
- Due magneti cilindrici
- Tubo di vetro o di plastica

Parte 1: Le caratteristiche dei magneti

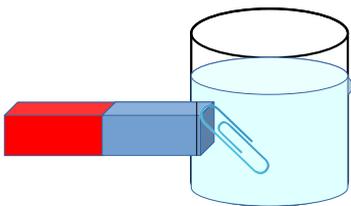
Disponendo di una calamita è possibile verificare il comportamento dei diversi materiali in vicinanza di un magnete.

- Provare l'effetto su oggetti diversi (monete, graffette, legnetti sottili, bottoni di plastica, ecc.).
- Provare l'effetto attraverso un foglio di carta o sotto l'acqua.
- Provare il comportamento di una calamita in presenza di un'altra eguale.



Osservazioni:

La calamita è in grado di far muovere, attirandoli, oggetti di certi materiali come quelli di natura ferrosa. Non risentono dell'effetto della calamita oggetti di legno, plastica, vetro, ecc.



La forza magnetica della calamita si manifesta anche sott'acqua o attraverso sottili spessori di diversi materiali (carta, legno, vetro, ecc.).

Quando si avvicina una seconda calamita si osserva repulsione o attrazione, fino ad unirsi, a seconda della posizione reciproca.

Quando si attirano degli spilli con una calamita, si osserva che, dopo essere stati a contatto con essa, sono in grado a loro volta di attirare altri spilli; sono

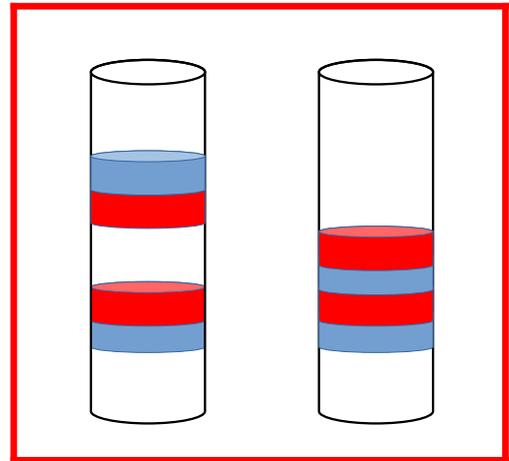
cioè diventati anch'essi dei magneti.

- Inserire due magneti cilindrici all'interno di un tubo di vetro o di plastica, farli scorrere e osservare.
- Estrarre uno dei due magneti, capovolgerlo e rimetterlo nel tubo.

Osservazioni:

Quando due magneti scorrono entro un tubo di vetro sembra che galleggino uno sull'altro, tant'è vero che se spingiamo in basso quello superiore, quando lo lasciamo libero tornerà nella sua posizione iniziale, proprio come se ci fosse una molla che lo respinge verso l'alto. Questo comportamento è tipico di forza senza contatto, come quelle che agiscono a livello microscopico fra atomi e molecole.

Se estraiamo il magnete superiore e lo introduciamo capovolto, esso aderirà saldamente all'altro rivelando una potente forza di attrazione tra i due magneti.



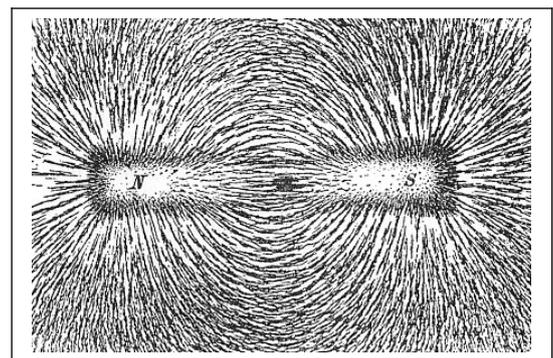
Commento:

I fenomeni osservati ci fanno capire che i magneti presentano due zone detti POLI che hanno caratteristiche diverse. L'uno è detto POLO NORD (polo N) e l'altro POLO SUD (polo S). Entrambi i poli hanno la capacità di attirare materiali ferrosi, ma quando si avvicinano ad un altro magnete si osserva che POLI UGUALI SI RESPINGONO, POLI OPPOSTI SI ATTRAGGONO.

Non si è mai osservato un polo isolato, in natura esistono soltanto DIPOLI.

Parte 2: Il campo magnetico

- Porre la calamita sul tavolo e coprirla con un cartoncino.
- Far cadere dall'alto, uniformemente, della sottile polvere di ferro.



Osservazioni:

La limatura non si dispone a caso, ma forma figure caratteristiche a seconda del tipo di calamita. Si notano delle linee che congiungono i due estremi della calamita, queste linee magnetiche ci danno un'informazione sul modo con cui la forza magnetica agisce nei diversi punti della zona di spazio che circonda la calamita.



Commento:

La regione che circonda un magnete è sede di un **CAMPO MAGNETICO** che esercita una forza su certi materiali o magneti introdotti in questa regione.

Possiamo rappresentare un campo magnetico ed anche un campo elettrico mediante linee di flusso che escono da un polo ed entrano in quello opposto.

Le analogie che si osservano tra i fenomeni elettrostatici e quelli magnetici non sono casuali. L'approfondimento dello studio rivelerà che i due fenomeni sono strettamente collegati. Si parla oggi, più propriamente, di **ELETTROMAGNETISMO**.



Esperienza 5

Il magnetismo terrestre

È noto fin dai tempi più antichi che la Terra si comporta come un enorme magnete. Lo verificheremo osservando l'azione su una piccola calamita.

Strumenti di lavoro:

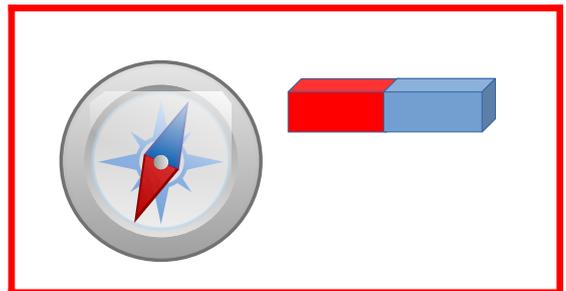
- 1 bussola
- 1 calamita
- 1 tubo da saggio
- Limatura di ferro
- 1 piccolo magnete
- 1 palloncino di vetro

Parte 1: La bussola

- Sistemare la bussola su di un piano.
- Far ruotare la bussola e poi rimetterla sul piano.

Osservazioni:

L'ago della bussola si posiziona lungo le linee di forza del campo magnetico terrestre. Anche se si fa ruotare la bussola l'ago si dispone sempre con lo stesso orientamento.



- Avvicinare uno dei poli della calamita alla bussola, prima da un lato e poi dall'altro.
- Avvicinare l'altro polo della calamita alla bussola.

Osservazioni:

L'ago della calamita ruota e poi si ferma. La parte blu dell'ago punta verso la calamita. Se si sposta la calamita da un altro lato della bussola, la parte blu dell'ago si orienta e punta di nuovo verso il polo della calamita; se si muove la calamita, la stessa punta dell'ago la segue. Se si avvicina l'altro polo della calamita alla bussola, è l'estremo rosso dell'ago che si muove verso il magnete.



Conclusioni:

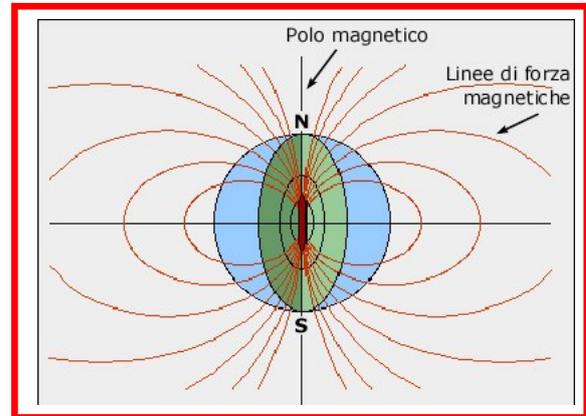
La parte rossa dell'ago della bussola viene attirata dal polo blu della calamita e viceversa. La bussola si comporta come una calamita e ruota a seconda del polo che l'attira.

Parte 2: Campo magnetico terrestre

- Versare della sottile limatura di ferro in un palloncino di vetro.
- Inserire un piccolo magnete in un tubo da saggio.
- Inserire il tubo da saggio col magnete nel palloncino con la limatura.
- Agitare e osservare.

Osservazioni:

Un campo magnetico reale si estende non solo sul piano, ma in tutto lo spazio che circonda la calamita. Il dispositivo fornisce un'idea del campo magnetico nello spazio quale, ad esempio, quello che circonda la terra.



Commento:

La Terra è proprio un enorme magnete. I poli si trovano vicini ai poli geografici (il polo Nord magnetico è leggermente spostato verso la Groenlandia). Lo spazio circostante la Terra, dove vengono esercitate le forze magnetiche, prende il nome di CAMPO MAGNETICO TERRESTRE. La costruzione e l'uso della bussola facilitarono enormemente l'orientamento, soprattutto dei marinai.



Esperienza 6

La corrente elettrica

Affinché elettricità e magnetismo possano finalmente essere messi in relazione, è necessario attendere la fine del XVIII secolo con la costruzione del primo dispositivo in grado di fornire corrente elettrica con continuità: la **pila**.

Strumenti di lavoro:

- Modello della pila di Volta
- Pila con le mani

Parte 2: La pila di Volta

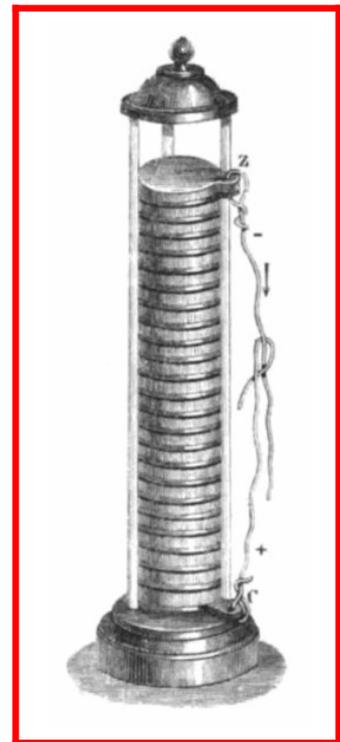
Nel 1799, Alessandro Volta costruisce la prima pila: uno strumento in grado di produrre corrente intensa in modo ininterrotto. Fino a questo momento, infatti, si era sempre parlato di elettricità statica, non sfruttabile come fonte energetica vista la sua temporaneità.

- Smontare il modello di pila di Volta per capirne il funzionamento.

Osservazioni:

La pila di Volta è costituita da una serie di dischetti "impilati" (da qui il nome di "pila"), di rame e zinco (alluminio nel nostro modello) intervallati da feltrini imbevuti di acido.

Il passaggio di elettroni da un metallo all'altro tramite il conduttore (feltrino) crea una sorgente di energia elettrica continuativa.

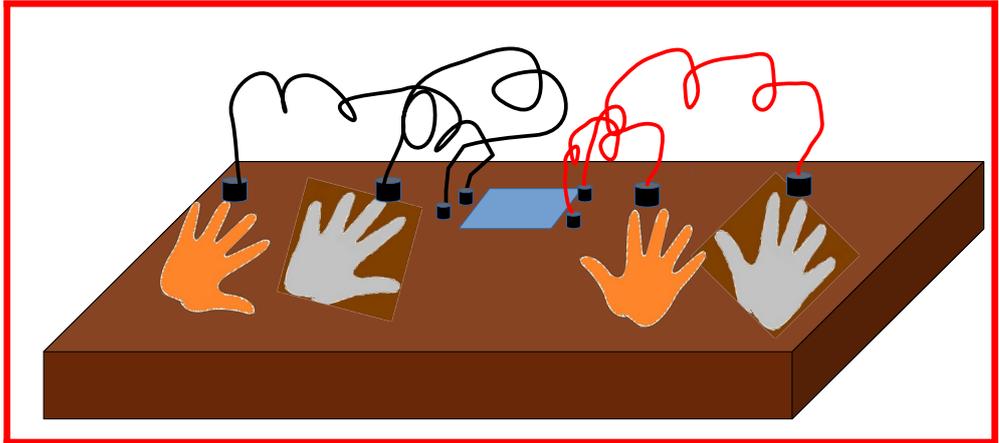


Commento:

La pila si può definire come un DISPOSITIVO IN GRADO DI TRASFORMARE ENERGIA CHIMICA IN ENERGIA ELETTRICA

Parte 2: La pila con le mani

Proviamo ora ad utilizzare un altro tipo di pila, formata da lamine metalliche, di rame e alluminio, sagomate come delle mani, collegate ad un voltmetro che consente la misura della differenza di potenziale tra di esse.



In questo caso saranno le nostre mani a fungere da conduttori.

- Collegare con le mani le placche di metallo uguale, prima toccando sia con la destra che con la sinistra il rame, poi sia con la destra che con la sinistra l'alluminio.
- Collegare con le mani le placche di metallo diverso, prima toccando con la destra il rame e con la sinistra l'alluminio, poi toccando con la destra l'alluminio e con la sinistra in rame.

Osservazioni:

Toccando le lamine dello stesso metallo lo strumento non registra differenze di potenziale, ma quando vengono messi in contatto metalli diversi si ha un passaggio di corrente nel circuito. Invertendo la posizione di metalli ai capi dello strumento appare un segno meno davanti al valore letto, che rivela un cambio di direzione della corrente elettrica che ora circola in senso inverso rispetto a prima.



Conclusioni:

Non tutti i metalli si comportano alla stessa maniera: ci sono metalli che tendono a cedere elettroni e metalli che tendono ad acquistarli. In questo caso l'alluminio cede gli elettroni.

Il passaggio dunque sarà sempre dall'alluminio al rame.

- Provare a collegare i due poli della pila (placca di rame e placca di alluminio) attraverso più persone che si tengono per mano.

Osservazioni:

Si osserva comunque un passaggio di corrente, ma il valore indicato dal voltmetro è inferiore. Se una sola persona si stacca non c'è più il passaggio di corrente.



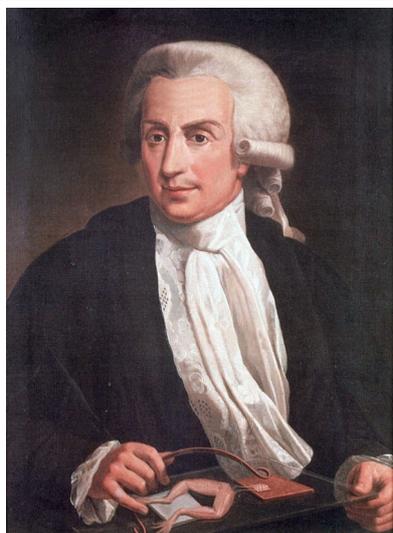
Conclusioni:

Collegando più persone si è formato un circuito.

Maggiore è il numero di soggetti coinvolti, maggiore sarà la dispersione e quindi il valore indicato dal voltmetro sarà inferiore.



NOTA STORICA



Luigi Galvani

Nel 1791, il medico e fisiologo bolognese **Luigi Galvani** (1737-1798) pubblica un'opera rivoluzionaria: *De viribus electricitatis in motu musculari commentarius*.

In essa descrive la sua scoperta: le rane, scuoiate e sezionate, sono in grado di produrre movimenti delle zampe, se vengono collegati alcuni loro nervi e muscoli.

Galvani spiega il fenomeno ipotizzando l'esistenza di un'elettricità specifica degli animali che si origina nel cervello, si propaga tramite i nervi e si immagazzina nei muscoli. Questi si comporterebbero come una bottiglia di Leida: immagazzinando l'elettricità, che è poi pronta ad essere scaricata, anche dopo la morte

delle rane, producendo le famose contrazioni.

Il volume susciterà l'interesse di numerosi scienziati, tra cui **Alessandro Volta** (1745-1827), fisico dell'Università di Pavia. Volta passerà da un iniziale entusiasmo per le teorie di Galvani ad una profonda critica.

Secondo Volta la scarica elettrica osservata da Galvani non ha origine animale, ma è provocata da fattori esterni, ovvero dal contatto tra metalli diversi e i liquidi fisiologici. La rana quindi si comporterebbe come una sorta di elettroscopio le cui lamine si muovono a contatto con l'elettricità.

Ne nascerà un lungo dibattito che dividerà il mondo scientifico tra i sostenitori delle due opposte teorie.

Galvani sarà il fondatore della **moderna elettrofisiologia**.

Volta, cercando di imitare nel mondo inorganico i fenomeni evidenziati da Galvani, arriverà a realizzare la sua più famosa invenzione: la **pila**.



Alessandro Volta



Esperienza 7

L'elettromagnetismo

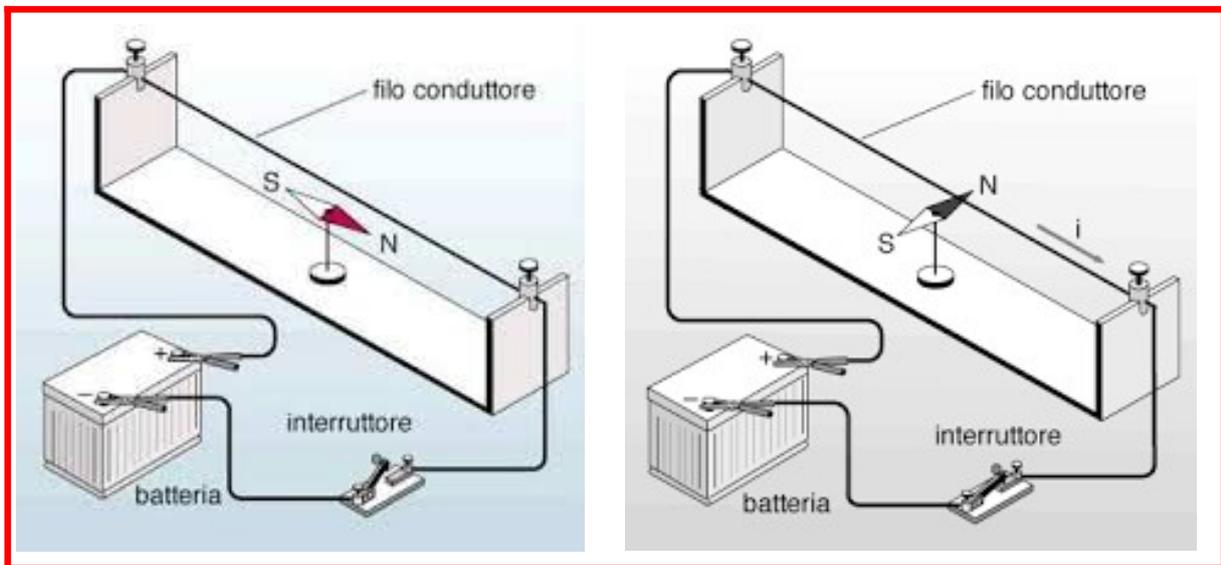
Con l'invenzione della pila è finalmente possibile unificare elettricità e magnetismo.

Strumenti di lavoro:

- Banco di induzione

Parte 1: Esperimento di Oersted

La conferma della relazione tra magnetismo ed elettricità si ha per la prima volta nel 1820 ad opera dello studioso danese Hans Christian Oersted.



- Premere il primo pulsante del banco dell'induzione: una corrente elettrica passa attraverso il filo di rame teso sopra ad una bussola. Una seconda bussola è posta un po' più lontano dal filo.
- Osservare il comportamento delle due bussole.

Osservazioni:

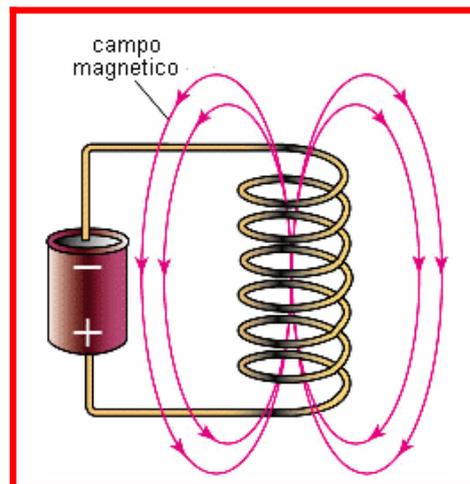
Si genera un campo magnetico che fa deviare l'ago magnetico della bussola posta al di sotto del filo, ma non quello di una bussola posta più lontano. Quando la corrente viene tolta, l'ago della bussola posta sotto il filo ritorna nella posizione di partenza

Parte 2: Passaggio di corrente in un solenoide

- Premere il secondo pulsante del banco dell'induzione: la corrente percorre questa volta un conduttore piegato in un insieme di spire (solenoido).
- Osservare il comportamento della bussola posta a una certa distanza dal solenoide.

Osservazioni:

Al passaggio della corrente l'ago della bussola comincia a muoversi, come se fosse in presenza di una calamita. Appena la corrente cessa l'ago della bussola ritorna nella posizione di partenza.



Conclusioni:

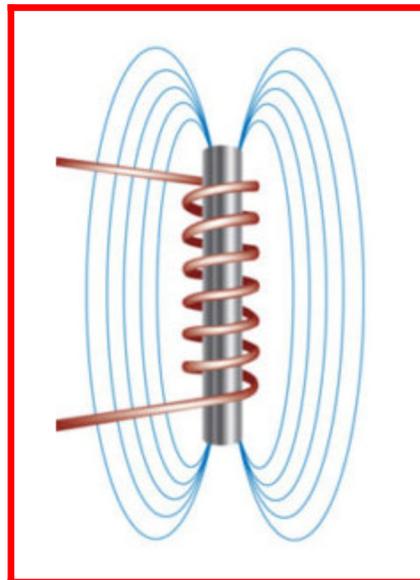
Quando una corrente passa nel solenoide la colonna d'aria che si estende per tutta la lunghezza dell'avvolgimento (nucleo) diventa un magnete del tutto simile ad una sbarretta magnetizzata.

Parte 3: Elettrocalamita

- Premere il terzo pulsante del banco dell'induzione: la corrente percorre di nuovo le spire di un solenoide al cui interno è inserito, questa volta, un cilindro di ferro. Una bussola è posta distante dal solenoide.
- Osservare il comportamento della bussola.

Osservazioni:

L'effetto sull'ago della bussola risulta notevolmente amplificato: il cilindro di ferro è diventato un'elettrocalamita. L'effetto dura solo fintanto che si ha il passaggio di corrente



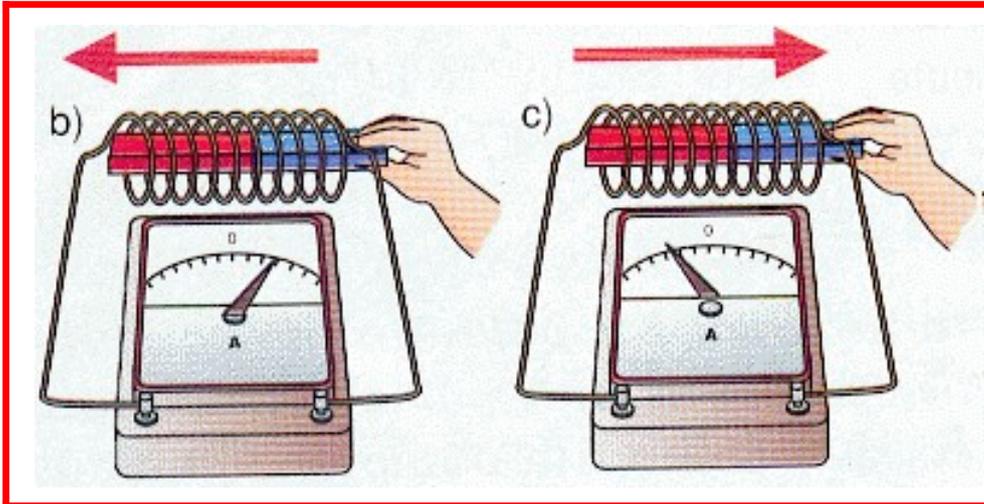
Conclusioni:

Queste esperienze mostrano che fenomeni elettrici e magnetici sono intimamente connessi. Quando le cariche elettriche sono in movimento si producono effetti magnetici. Anche il campo magnetico di una calamita ha la stessa origine: sono le cariche elettriche elementari, in continuo movimento nel materiale, ad originare il campo magnetico.

Parte 4: Esperimento di Faraday

Dopo il primo esperimento di Oersted, che dimostra la connessione tra elettricità e magnetismo, molti fisici si interrogano sulla possibilità di sfruttare un campo magnetico per ottenere corrente elettrica.

Nel 1831, Michael Faraday, con un celebre esperimento, dimostra per la prima volta che un campo magnetico può generare una corrente elettrica.



- Premere il quarto pulsante del banco dell'induzione: un braccio meccanico mette in movimento un magnete naturale posto all'interno di un solenoide ai cui capi è collegato un galvanometro.
- Osservare il comportamento del galvanometro.

Osservazioni:

Quando il magnete è fermo l'ago del galvanometro è fermo indicando assenza di corrente elettrica. Se il magnete viene messo in movimento, l'ago del galvanometro si sposta a destra o a sinistra, secondo il movimento avanti o indietro del magnete, indicando la presenza di corrente. Il galvanometro indica che il verso della corrente nel circuito cambia nel tempo.



Conclusioni:

La corrente può essere indotta dal movimento di un magnete all'interno di un conduttore fermo, come nel nostro caso, oppure muovendo il conduttore entro il campo magnetico.

Il verso della corrente indotta è legato al verso del movimento del conduttore nel campo magnetico.



NOTA STORICA



Hans Christian Oersted

Nel 1820, quasi per caso, il professore di fisica dell'Università di Copenhagen **Hans Christian Oersted** (1777-1852), scopre che il flusso di corrente elettrica, attraversando un filo di rame, crea un campo magnetico locale che influenza l'ago di una bussola posta nelle immediate vicinanze.

Viene così dimostrata la connessione tra elettricità e magnetismo e si può parlare, lo propone lo stesso Oersted, di **elettromagnetismo**.

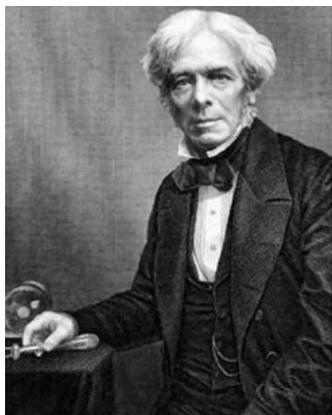
Una settimana dopo l'esperimento di Oersted il matematico francese **André Marie Ampère** (1775-1836)

nota che quando due fili paralleli sono attraversati da una corrente elettrica, tra di essi si sviluppa una forza. In particolare, quando le correnti scorrono nello stesso verso, la forza è attrattiva, mentre quando le correnti si muovono in versi opposti la forza è repulsiva. Questo perché ciascuno dei fili produce un campo magnetico nello spazio circostante. Ogni filo è quindi immerso nel campo generato dall'altro e la forza che subisce è l'effetto, sulla sua corrente, di tale campo magnetico.

Ampère scopre poi che tale forza è direttamente proporzionale alle intensità di corrente che scorrono nei fili ed alla loro lunghezza, mentre è inversamente proporzionale alla distanza cui i fili sono posti (**legge di Ampère**).



André Marie Ampère



Michael Faraday

Nel 1831, il fisico inglese **Michael Faraday** (1791-1867) compie un altro importante esperimento: costruisce un avvolgimento di filo e vi inserisce una barra magnetica che fa scorrere avanti e indietro. Agli estremi dell'avvolgimento un amperometro rileva una corrente elettrica indotta dal movimento del magnete. In questo modo Faraday dimostra che è possibile ottenere elettricità a partire dal movimento meccanico.

Egli scopre così il principio dell'**induzione elettromagnetica** ponendo le basi per la costruzione sia dei generatori elettrici (dinamo e alternatori) sia dei motori elettrici.

PER SAPERNE DI PIÙ...

Bibliografia essenziale:

Agassi Aaron, Agassi Joseph, *Dialogo senza fine. Una storia della scienza dai Greci ad Einstein*, Armando, Roma, 1989.

Ageno Mario, *Elementi di fisica*, Boringhieri, Torino, 1960.

Assis Andre Koch Torres, *The Experimental and Historical Foundations of Electricity*, Apeiron, Montreal, 2010.

Beltran Alain, *La fée électricité*, Découvertes Gallimard, Parigi, 1991.

Blondel Christine, *Histoire de l'électricité*, Pocket, Parigi, 1994.

Borvon Gérard, *Histoire de l'électricité, de l'ambre à l'électron*, Vuibert, Parigi, 2009.

Cosmai Umberto, *Divagazioni sui fenomeni elettrici e sulle loro applicazioni*, Delfino, Milano, 2019.

Desbeaux Emile, *Physique Populaire*, Flammarion, Parigi, 1891.

Franklin Benjamin, *Autobiografia*, Savelli, Roma, 1982.

Polvani Giovanni, *Alessandro Volta*, Domus Galileiana, Pisa, 1942.

Reuleaux Francesco, *Le grandi scoperte*, Unione Tipografico-Editrice, Torino, 1886.

Segrè Emilio, *Personaggi e scoperte della fisica classica. Da Galileo alla termodinamica*, Mondadori, Milano, 2011.

Per bambini e ragazzi:

Dispezio Michael A., *Elettricità e magnetismo. Come svelarne i segreti con esperimenti facili e divertenti*, Il Castello, Milano, 2008.

Foresta Martin Franco, *Dall'ambra alla radio*, Editoriale Scienza, Trieste, 2002.

Novelli Luca, *Volta e l'anima dei robot*, Editoriale Scienza, Trieste, 2008.

Sgardoli Guido, *Che idea. L'elettricità*, EL, San Dorligo della Valle, 2018.

Siti Internet:

<https://sciencecue.it/elettricità-statica/16753/>

<http://www.ampere.cnrs.fr/histoire/parcours-historique/galvani-volta/controverse/it>

<http://www.openfisica.com/>

<https://www.energialeggera.it/blog/elettricità%20spiegata-ai-ragazzi-esperimentida-fare-in-casa>

<https://www.chimica-online.it/fisica/elettroscopio.htm>

<https://www.yumpu.com/it/document/read/16097121/breve-storia-delle-macchineelettostatiche>

Ideazione e realizzazione: Museo del Patrimonio Industriale

Consulenza scientifica: Andrea Assiri

