

Elettricità' e magnetismo

M. De Gerone
F. Ferraro

aggiornaMenti

Corso di Formazione per insegnanti

INFN Genova, 18 settembre 2020

Scopo della lezione

- Cercheremo di mostrare alcuni semplici fenomeni / esperimenti che stimolino negli studenti un pò di domande:
 - che cosa è la **carica elettrica**?
 - **come si può accumulare** e, una volta accumulata, **come si può utilizzare**?
 - **cosa e' il magnetismo**? Come e' legato ai fenomeni elettrici?

In generale cercheremo sempre di partire dall'**osservazione dei fenomeni** per poi provare a darne una (semplice) spiegazione teorica...

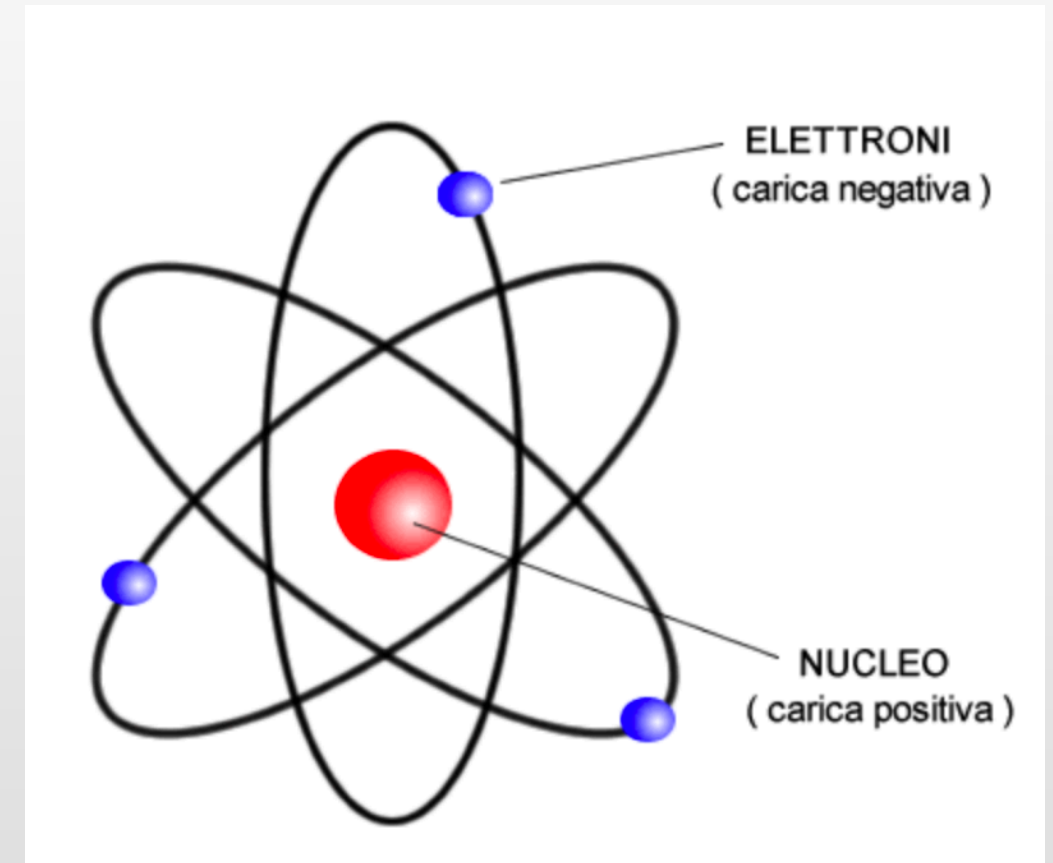
Tutti gli esperimenti saranno fatti con materiali di facile reperibilità, e possono essere facilmente ripetuti in classe o a casa. Nel caso servisse materiale più “tecnico” (es. un piccolo magnete) ve lo forniremo noi.

La carica elettrica e l'elettizzazione dei corpi

- Partiamo dall'esperienza più semplice: prendiamo un palloncino (o una penna di plastica), strofiniamolo su un panno e legghiamolo a un filo sottile, appendendolo ad un supporto.
- Prendiamo quindi un'altro palloncino, strofiniamo anch'esso sul panno e avviciniamolo al primo. Cosa succede?

La carica elettrica e l'elettizzazione dei corpi

- Cosa e' successo?
- La materia e' composta di atomi con un nucleo con carica elettrica positiva, circondato da una nuvola di elettroni con carica elettrica negativa ad esso legati.



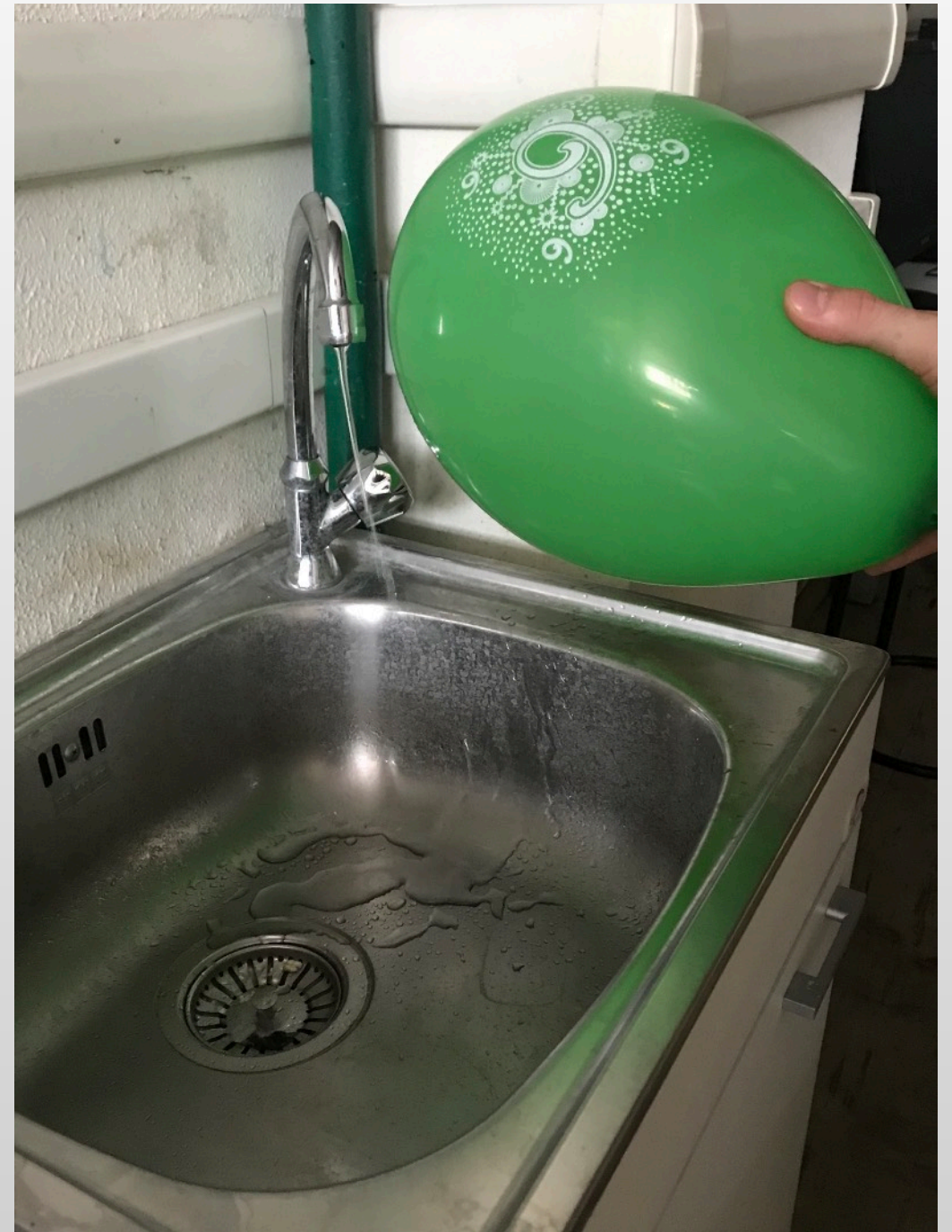
- Cariche dello stesso segno si respingono, cariche di segno opposto si attraggono: questa e' la ragione (una delle...) per cui gli elettroni stanno legati ai nuclei.

La carica elettrica e l'elettrizzazione dei corpi

- Strofinando, riesco a fornire abbastanza energia da strappare alcuni elettroni dai loro atomi: le cariche si separano, i due corpi strofinati si troveranno con degli elettroni in più o in meno e di conseguenza con una carica elettrica negativa (o positiva).
- Il fenomeno della separazione delle cariche per strofinamento e' detto effetto triboelettrico, ed è noto sin dal VI secolo a.c. (Talete di Mileto).
- L'ambra è un materiale che ha questa proprietà e come detto ciò è noto sin dai tempi antichi: il nome elettricità deriva dal termine greco per ambra - electron

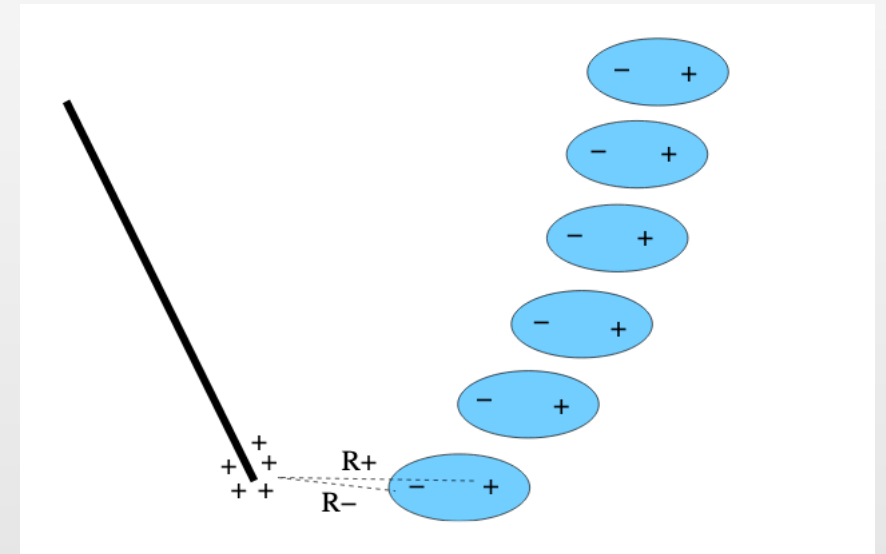
Polarizzazione della materia

- Proviamo adesso a **caricare il palloncino**, avviciniamolo a dei **pezzettini di carta** e osserviamo cosa succede:
 - **la carta viene attratta dal palloncino e rimane attaccata!**
- Altra esperienza: **avviciniamo il palloncino ad un getto di acqua sottile** (es. un filo di acqua dal rubinetto):
 - **L'acqua viene attratta dal palloncino, il getto di acqua viene deviato!**
- Pero' i pezzetti di carta e l'acqua sono neutri (niente ha separato delle cariche in questi corpi)...e quindi?



Polarizzazione della materia

- Le molecole di acqua e della carta sono elettricamente neutre, tuttavia sono composte di elettroni (-) che “orbitano” intorno a dei nuclei (+).
- Avvicinando un oggetto carico (ad esempio +) le molecole si orientano, rivolgendo le loro cariche negative verso il palloncino e quelle positive sul lato opposto: si dice che il materiale si polarizza.
- Le cariche negative si trovano ora leggermente più vicine al palloncino e la forza di attrazione su di esse prevale su quella di repulsione sulle cariche positive.



Accumulare le cariche

- Fino a qui abbiamo visto che la materia, nel complesso neutra, è composta da particelle che hanno una carica elettrica, che può essere di due segni.
- Ci chiediamo adesso se sia possibile accumulare questa carica elettrica...
- E' possibile fare ciò attraverso dei dispositivi chiamati condensatori.
- Possiamo realizzare un condensatore molto semplicemente con due bicchieri di plastica e un foglio di carta stagnola. Vediamo come.

Il condensatore

- Prendiamo il foglio di stagnola e ritagliamo due sagome che corrispondano alla superficie laterale dei bicchieri di plastica (saranno le “armature” del condensatore).
- Costruiamo un conduttore sagomato a “bandiera”, ci permetterà di caricare il condensatore.



Il condensatore

- Costruiamo il condensatore: avvolgiamo il primo foglio di stagnola al primo bicchiere, inseriamolo dentro il secondo e nel mezzo inseriamo il conduttore. Realizziamo l'armatura esterna con il secondo foglio di stagnola e il condensatore e' pronto.



Il condensatore

- Adesso carichiamo il condensatore, ovvero trasferiamo delle cariche su di esso: strofiniamo il palloncino con il panno di lana e avviciniamolo al conduttore, facendo in modo che tutta la superficie strofinata del palloncino scorra sul conduttore. Facciamolo per un po' di volte...
- Tocchiamo con le dita l'armatura esterna e la bandiera contemporaneamente: prenderemo la scossa!

Il condensatore

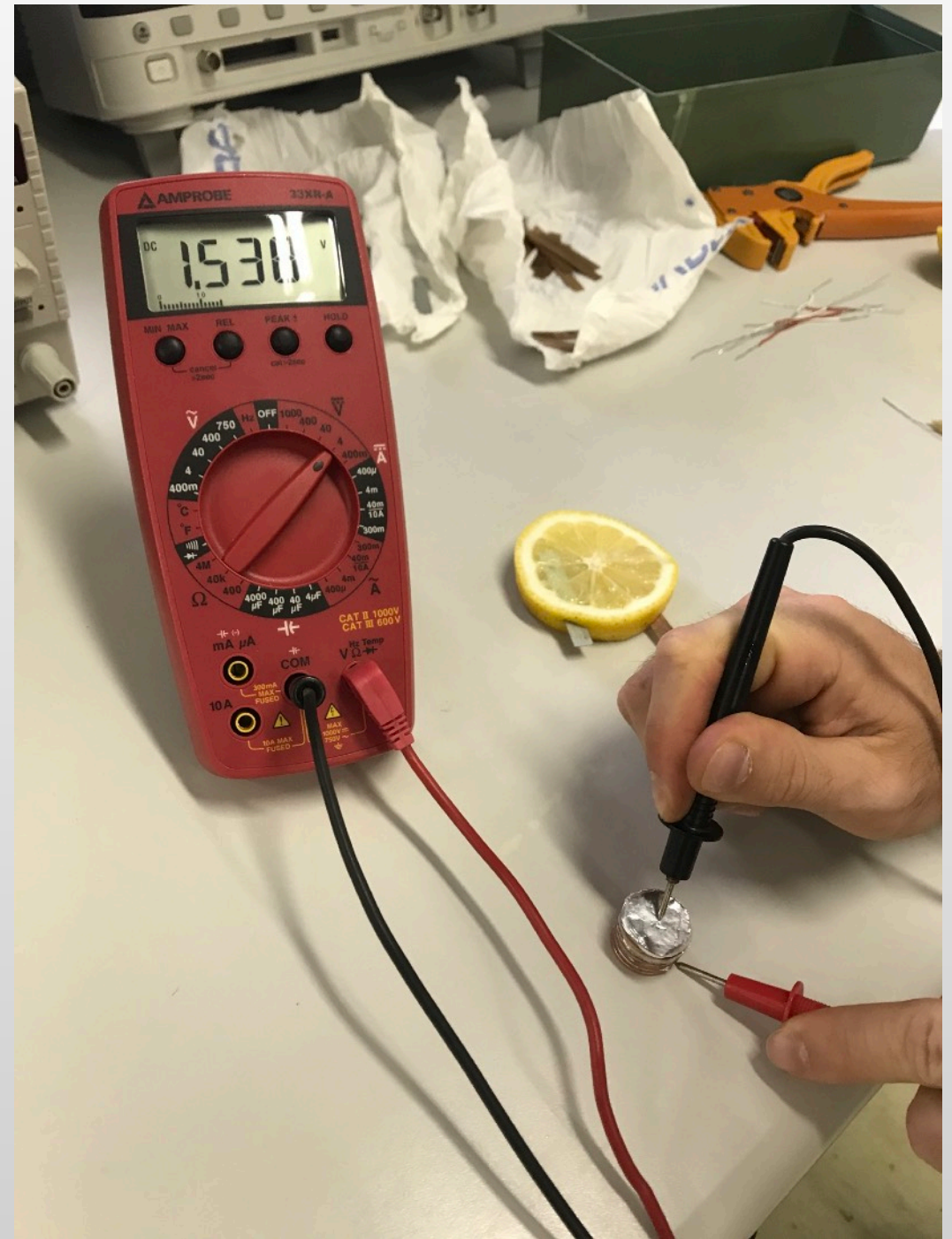
- Le cariche elettriche che abbiamo trasferito dal palloncino al conduttore si accumulano sulla parete metallica del condensatore e generano una differenza di potenziale con l'armatura esterna.
- La differenza di potenziale è così elevata che se avviciniamo il conduttore a bandiera all'armatura esterna si genera una piccola scarica visibile.
- La scarica è una reazione a catena: gli elettroni presenti nell'aria sono accelerati ad energie così elevate da ionizzare altri atomi, estraendo altri elettroni...
- È lo stesso fenomeno che genera i fulmini: l'accumulo di carica elettrostatica nelle nuvole può arrivare a valori tali da provocare la ionizzazione dell'aria e quindi una scarica che disperde la carica a terra.

Accumulare le cariche: la pila di Volta

- Un condensatore e' in grado di accumulare carica elettrica e generare una scarica, ma per le applicazioni pratiche sono necessarie tensioni e/o correnti che si mantengano costanti nel tempo. Questo e' il ruolo delle pile.
- Proviamo a costruire una pila utilizzando due metodi: il primo è lo stesso sistema usato da Alessandro Volta nel 1799...
- **Ci serviranno alcuni dischi di rame** (monete da 5 cent), **di alluminio e di carta** dello stesso diametro, e **una soluzione di acqua e sale** (o succo di limone, aceto...)

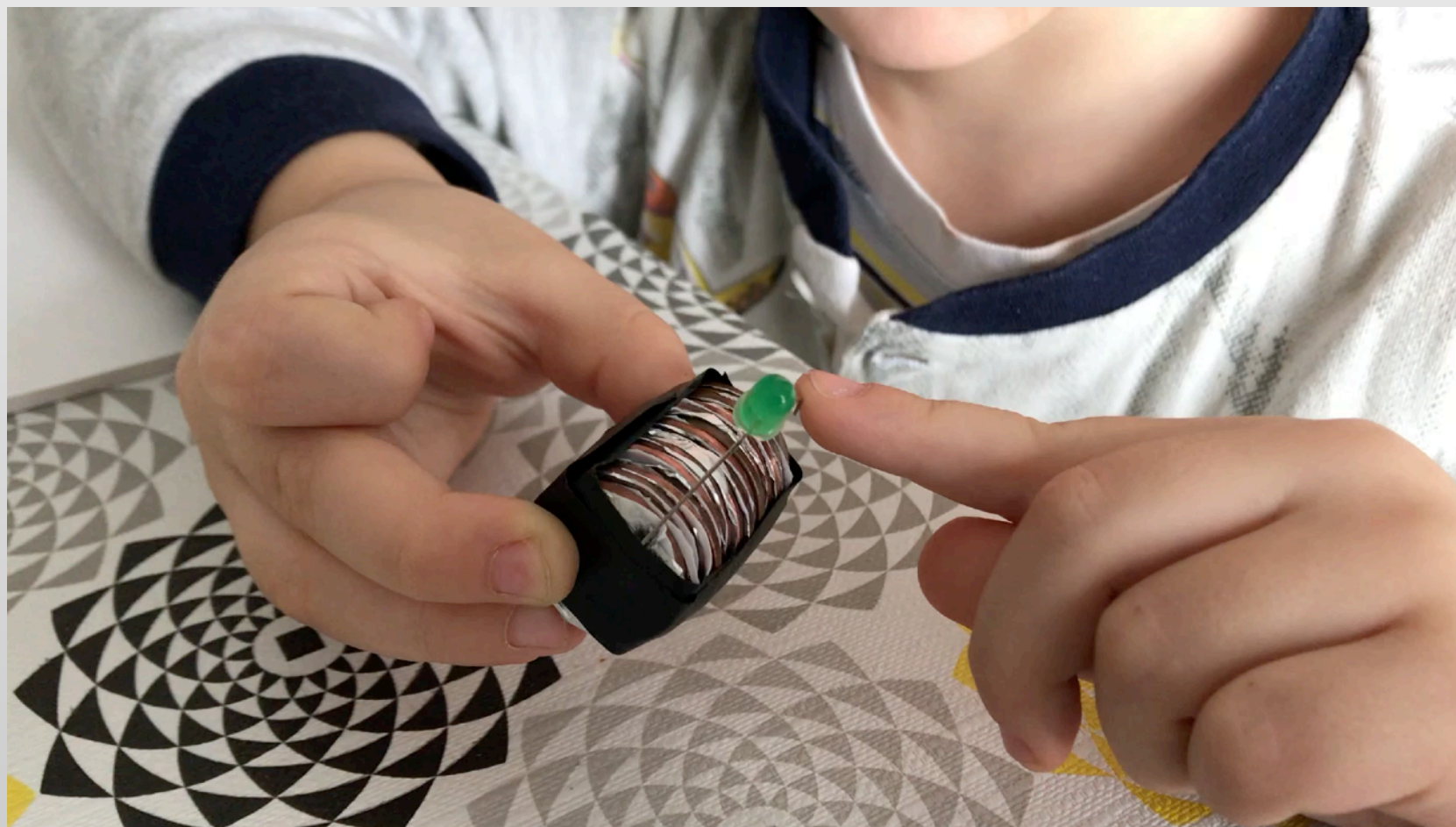
Accumulare le cariche: la pila di Volta

- Se necessario togliamo l'ossido dalle monete con un prodotto apposito.
- Prepariamo una soluzione di acqua e sale (o succo di limone), e costruiamo la pila: **alterniamo una moneta, un disco di alluminio e un disco di carta imbevuto di soluzione**. L'insieme di questi 3 dischi è detto **cella della pila**.
- Ripetiamo l'operazione una decina di volte, ovvero **colleghiamo fra loro più celle**, lasciando ai capi della pila **due dischi di materiale diverso** (contatto positivo e negativo).



Accumulare le cariche: la pila di Volta

- Colleghiamo un tester alla pila: misuriamo una differenza di potenziale tra i contatti di segno opposto.
- Possiamo collegare un LED ai capi della pila e vedere che la differenza di potenziale e' sufficiente per accenderlo...

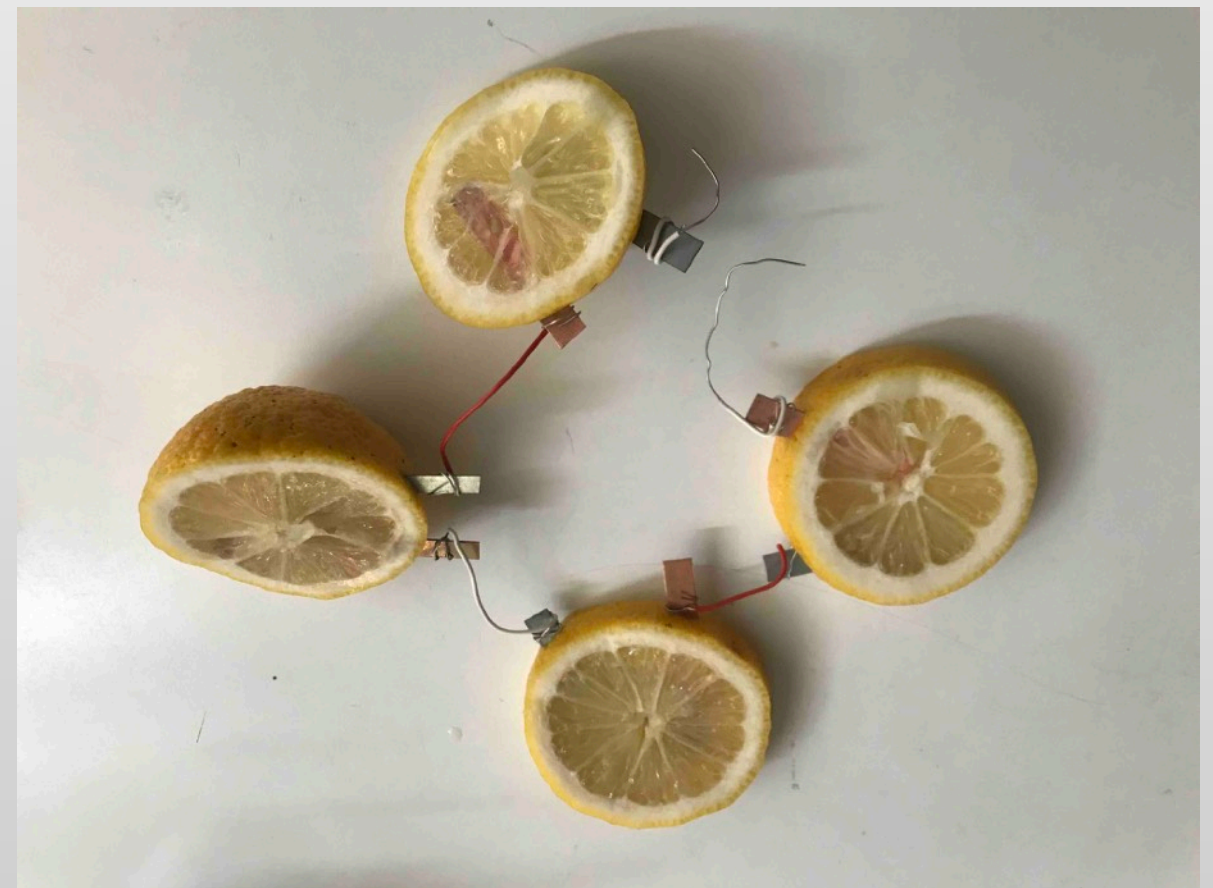


La pila di Volta: funzionamento

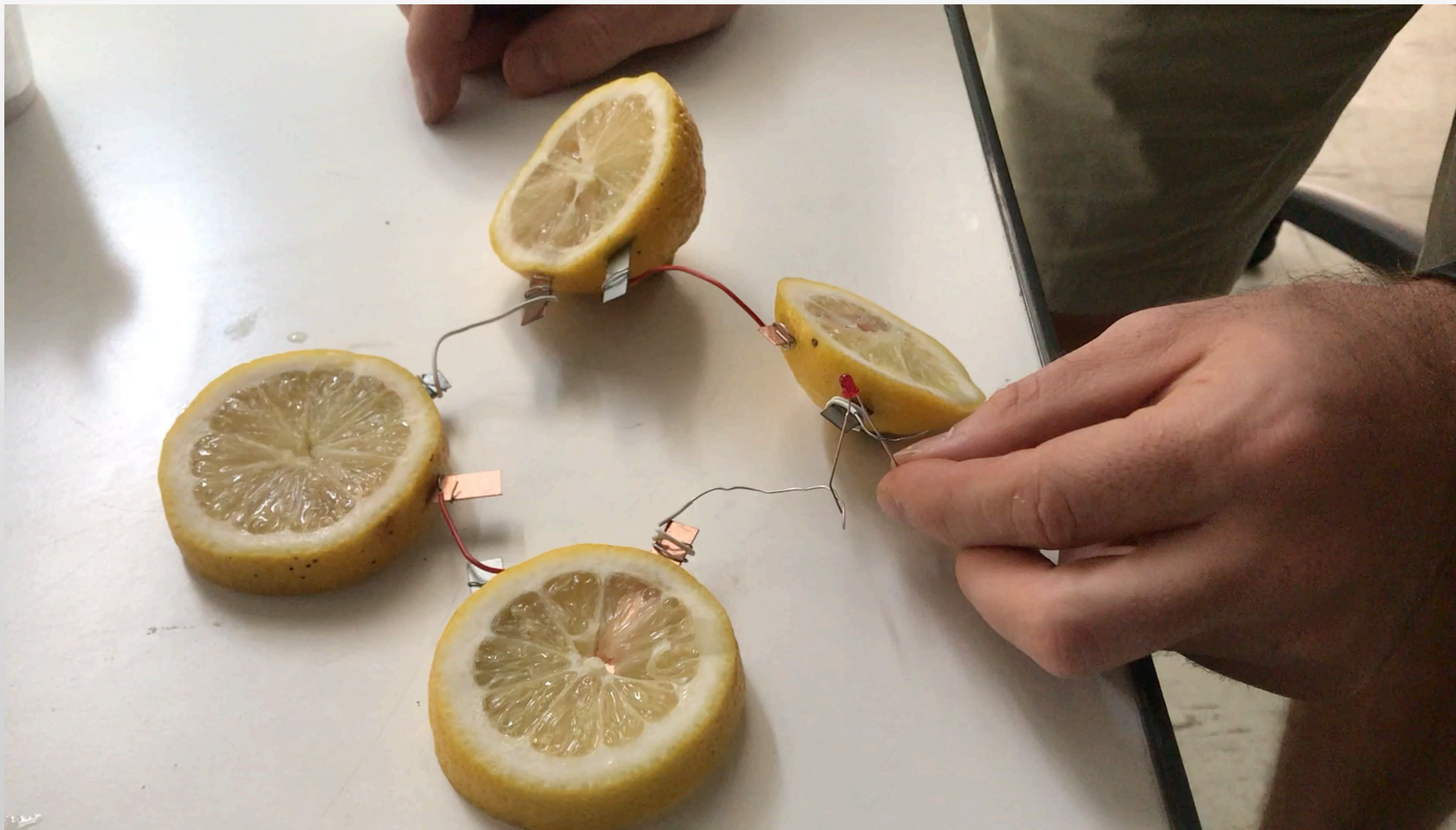
- Sotto l'azione dell'elettrolita (la soluzione di acqua e sale) l'alluminio "perde" elettroni, che passano in soluzione e si ricombinano con lo ione H^3O^+
- La tendenza del rame a rilasciare elettroni è inferiore a quella dell'alluminio -> fra i due metalli si crea una differenza di potenziale.
- Ad alimentare il passaggio di corrente sono le reazioni agli elettrodi:
 $2\text{Al} \rightarrow 2\text{Al}^{3+} + 6\text{e}^-$ e $6\text{H}^+ + 6\text{e}^- \rightarrow 3\text{H}_2$.
- Il sale aumenta la conducibilità della pila, l'acqua fornisce gli ioni H^+ .
- La pila è formata da molte celle collegate in serie: ciascuna cella fornisce una differenza di potenziale che si somma alle altre.

La pila di Volta

- Possiamo creare una pila anche con un limone in cui inseriamo alternativamente delle lamelle di rame e zinco (stesso effetto dell'alluminio), collegate fra loro da un filo elettrico. Di nuovo, l'insieme di una lamella di rame e una di zinco collegate fra loro formano una cella.



La pila di Volta



Circuiti: conduttori e isolanti

- Adesso che sappiamo che la carica elettrica può essere accumulata, possiamo vedere alcuni esempi pratici di come può essere utilizzata.
- Creiamo un semplice circuito elettrico formato da una pila da 9V, un filo elettrico ed una lampadina a incandescenza.
- Se chiudiamo il circuito, ovvero colleghiamo la lampadina ai cavi della batteria, vediamo che la lampadina si accende.
- Proviamo adesso a chiudere il circuito attraverso un materiale differente, ad esempio una penna di plastica o una matita (sul legno! Della grafite ne parliamo dopo...)
- La lampadina non si accende!
- Plastica e legno non conducono la corrente elettrica (sono isolanti), i metalli conducono la corrente (sono conduttori). Notate come i conduttori/isolanti elettrici sono anche conduttori/isolanti termici: a trasportare la corrente e il calore nei metalli sono gli elettroni di conduzione (quelli meno legati agli atomi).

Circuiti: conduttori e isolanti

- Le cariche elettriche fluiscono attraverso il filo, passano nel filamento della lampadina; quest'ultimo si scalda a causa del passaggio di corrente (effetto Joule) fino a raggiungere temperature tali per cui il suo spettro di emissione contiene componenti nel visibile.
- Questo riscaldamento causa un aumento della resistenza del filamento e quindi una diminuzione di corrente.
- Si giunge così a un equilibrio dinamico in cui la resistenza elettrica opposta dal filamento di tungsteno al passaggio della corrente elettrica assume un valore stazionario che bilancia la potenza dissipata per effetto Joule.

Circuiti

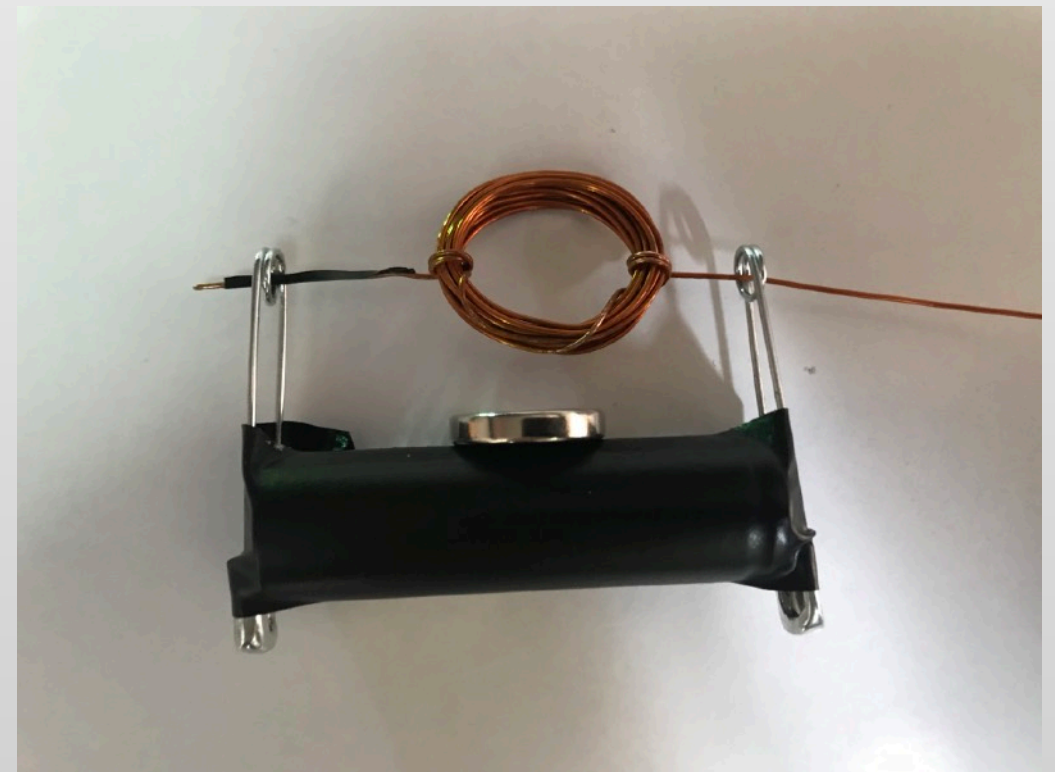
- Abbiamo esperienza che, applicando una tensione o differenza di potenziale (ad esempio con una pila) ai capi di un conduttore, si sviluppa una corrente elettrica descritta dalla legge di Ohm $I = \Delta V / R$, dove R e' la resistenza del conduttore.
- Maggiore e' la lunghezza della parte di circuito composta di grafite (o minore la sua sezione) maggiore sara' la resistenza e pertanto, dalla legge di Ohm, fissata la differenza di potenziale (e' quella fornita dalla pila) diminuisce la corrente che scorre nel circuito (e quindi nella lampadina) -> vediamo meno luce.

Circuiti

- Anche la mina di una matita, fatta di grafite, e' in grado di chiudere il circuito e far accendere la lampadina.
- La grafite pertanto, pur non essendo un metallo, e' un conduttore di elettricit . Il motivo nasce dalla sua struttura. La grafite e' formata da tanti atomi di carbonio disposti in strati paralleli in cui gli atomi si dispongono ai vertici di esagoni regolari. Ogni atomo   legato ad altri tre. Siccome gli elettroni "esterni" (per formare legami) del carbonio sono quattro, resta un elettrone spaiato, delocalizzato e responsabile della conduzione della corrente.
- Non e' un conduttore buono come i metalli, pero'. Possiamo vederlo chiudendo il circuito in punti differenti della mina di grafite: meno percorso dovra' fare la corrente nella grafite, piu' luminosa sara' la lampadina

Magnetismo

- Una spira (ovvero degli avvolgimenti di cavo elettrico) percorsa da una corrente produce un campo magnetico...sotto molti aspetti e' equivalente ad una calamita.
- Vediamo come costruire un piccolo "motore magnetico" con una spira, una calamita, una pila da 1.5V e delle spille da balia...



Magnetismo

- E' importante spellare il filo della spira solo da una parte. In questo modo, mettendo in rotazione la spira a mano, ad ogni mezzo giro la spira sara' percorsa da una corrente di verso opposto, conseguentemente cambiando polarita' al magnete equivalente. Questo fa si che ad ogni semigiro la spira risenta di una forza che la tiene in rotazione.

