

Cariche elettriche

AggiornaMenti

M. De Gerone
INFN Genova, 8 novembre 2024

AggiornaMenti

- Lo scopo del corso e' mostrare alcuni semplici fenomeni / esperimenti che stimolino negli studenti domande su "come funzionano le cose"
- Tutti gli esperimenti saranno fatti con materiali di facile reperibilità, e possono essere riprodotti in classe o a casa.
- Ogni incontro verte su un argomento specifico (cariche elettriche, fluidi, ottica, meccanica...)
- Alcuni strumenti piu' "tecnici" che userete durante il corso ve li forniremo noi.

Oggi: cariche elettriche

- Stimolare domande come:
 - che cosa è la **carica elettrica**?
 - perche' alcuni corpi si caricano?
 - **si può accumulare?**
 - e, una volta accumulata, **come si può utilizzare?**

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

La carica elettrica e l'elettrizzazione dei corpi

- Partiamo dall'esperienza più semplice: prendiamo un palloncino, 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'elettrizzazione 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.
-
- Cosa e' successo?
 - 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 il palloncino, **riesco a fornire abbastanza energia da strappare alcuni elettroni dai loro atomi: le cariche si separano**, i due corpi si troveranno con degli elettroni in più o in meno e di conseguenza con un eccesso di carica elettrica negativa (o positiva).
- Il fenomeno della separazione delle cariche per strofinamento è detto effetto triboelettrico, ed è noto sin dal VI secolo a.c. (Talete)
- Il nome elettricità deriva dal termine greco elektron, che significa ambra: un materiale che già nell'antichità era noto avere questa proprietà'.

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!**
- Altra osservazione: **avviciniamo il palloncino ad un getto di acqua sottile** (es. un filo di acqua dal rubinetto, o proveniente da un piccolo foro fatto sul fondo di una bottiglia di acqua):
 - **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 cariche elettriche in questi corpi)...e quindi?



Polarizzazione della materia

- Le molecole 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 positive verso il palloncino e quelle negative in direzione opposta.
- Le cariche positive si trovano ora leggermente più vicine al palloncino e la forza di attrazione su di esse prevale su quella di repulsione sulle cariche negative.

Ancora sul segno delle cariche

- Cariche dello stesso segno si respingono.
- Vediamo come possiamo averne conferma sperimentale, costruendo un elettroscopio, uno strumento che ci permette di stabilire se un corpo e' carico elettricamente.
- Lo costruiamo utilizzando un barattolo, un coltello metallico (o un'asta di qualsiasi materiale conduttore), una graffetta e due strisce di alluminio.
- Praticiamo un buco nel tappo e inseriamoci il conduttore. (E' importante che questo conduttore sia isolato dal tappo metallico, ad esempio con del nastro isolante). Poi, con una graffetta, fissiamo le due strisce di alluminio al conduttore stesso.



Ancora sul segno delle cariche

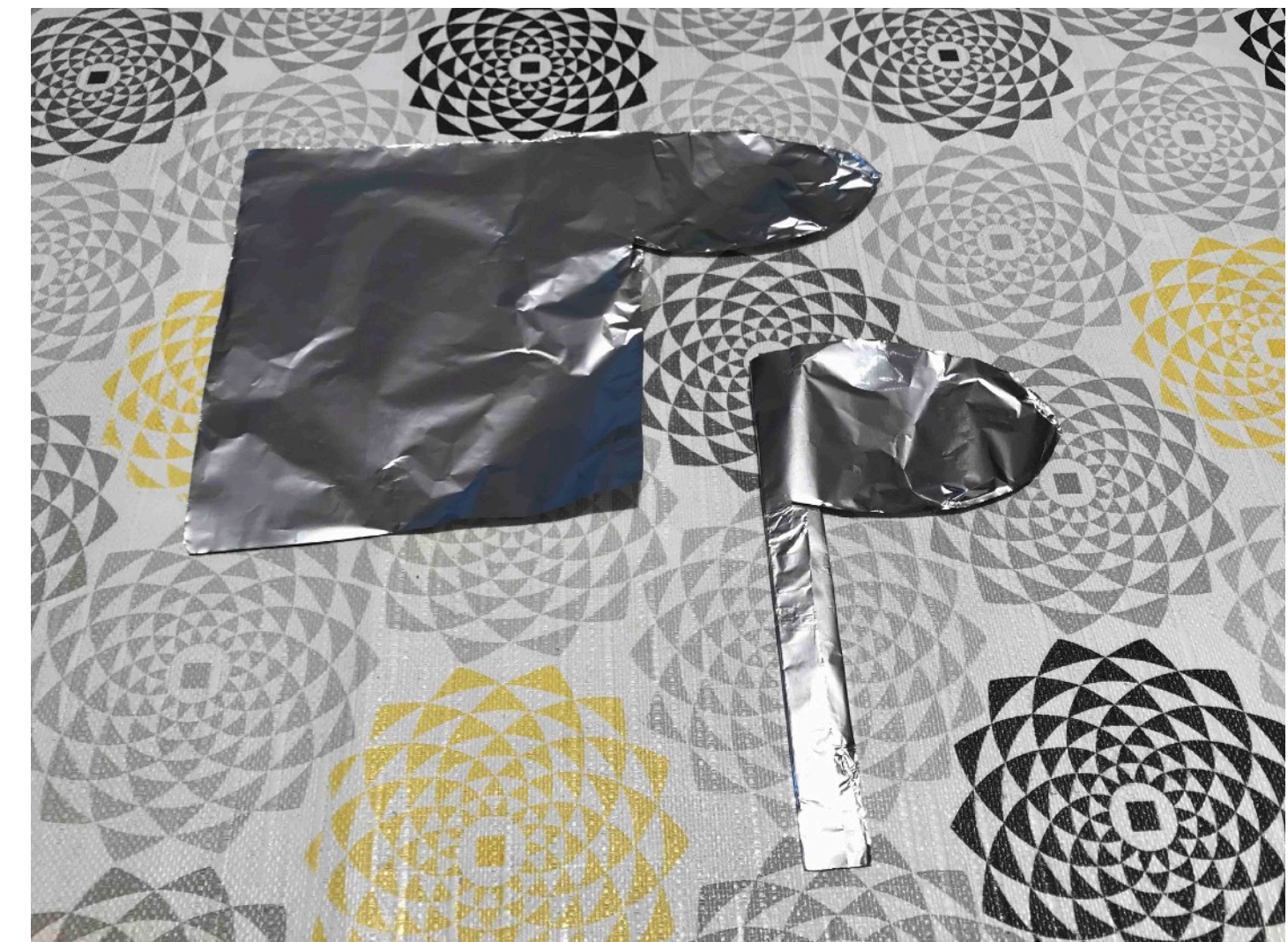
- Carichiamo il palloncino per strofinio e avviciniamolo al conduttore.
- Su questo verranno indotte delle cariche, ovvero, pur rimanendo nel complesso neutro, avverrà una redistribuzione degli elettroni nel conduttore: in particolare, essendo il palloncino carico negativamente, questi verranno “spinti” lontano dal palloncino stesso, e tenderanno ad accumularsi all’estremo del conduttore - ovvero in prossimità delle 2 strisce di alluminio.
- A questo punto le strisce di alluminio sono cariche elettricamente e con cariche dello stesso segno, che tenderanno a respingersi.

Accumulare le cariche

- Fino a qui abbiamo visto che la materia, nel complesso neutra, è composta da particelle che hanno una carica elettrica.
- La carica elettrica può avere segno negativo o positivo.
- 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 carta 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 attorno al primo bicchiere, inseriamolo dentro il secondo e nel mezzo inseriamo il conduttore “a bandiera”.
- Realizziamo l’armatura esterna con il secondo foglio di stagnola e il condensatore e’ pronto.
- Accorgimenti: cerchiamo di sagomare la carta stagnola in maniera precisa, evitando che le due pareti metalliche entrino in contatto fra loro.
- Anche il conduttore deve essere in contatto solo con una parete, altrimenti non funziona: perche’?

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 carica 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

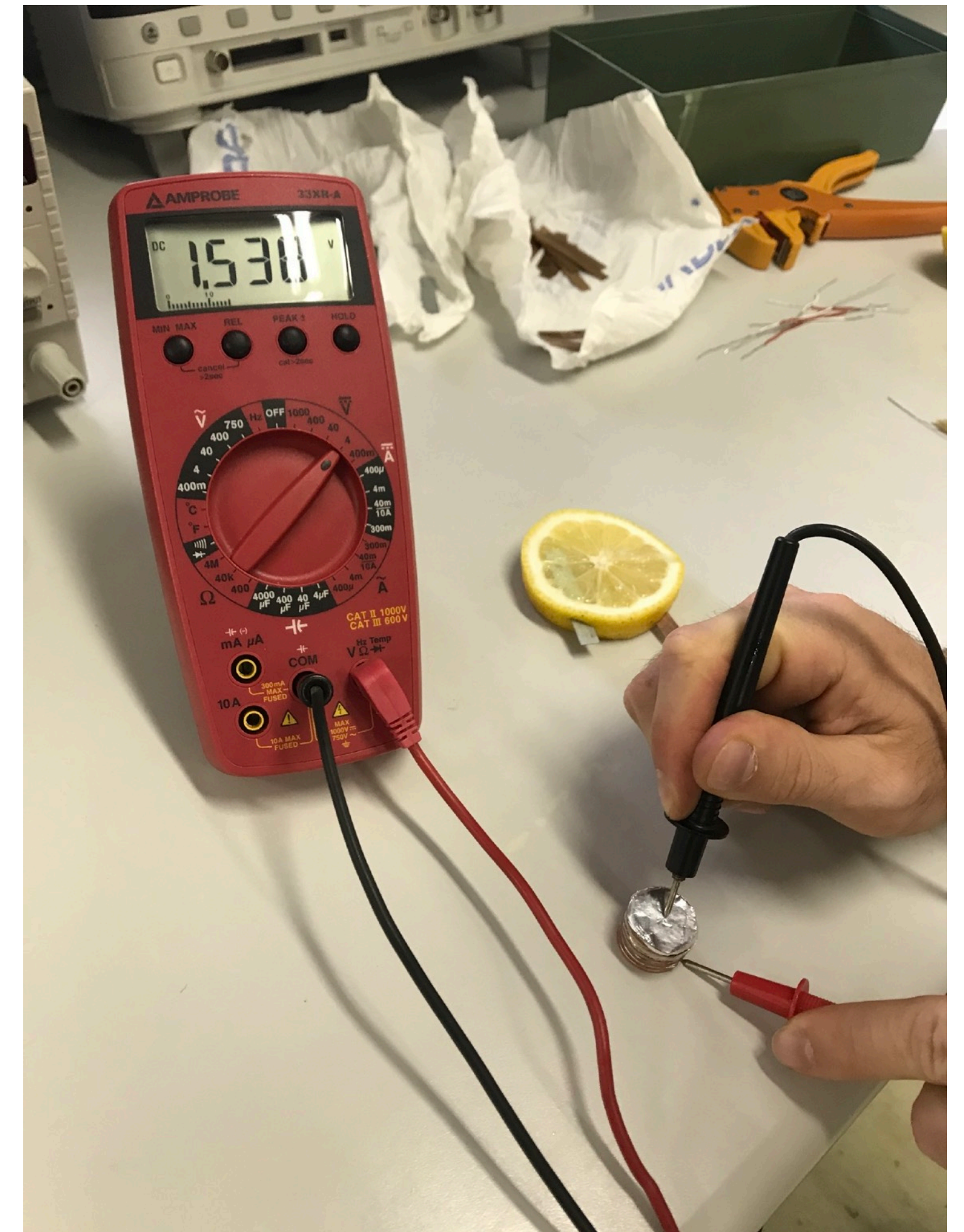
- **Le cariche elettriche** che abbiamo trasferito dal palloncino al conduttore **si accumulano sulla parete metallica del condensatore e generano una differenza di potenziale** con l'armatura esterna.
- Se avviciniamo con cautela il conduttore a bandiera all'armatura esterna (va manovrato con un oggetto isolante, altrimenti?) quando questi saranno sufficientemente vicini si genererà una piccola scarica visibile a occhio nudo.
- Perché? Localmente la quantità di carica accumulata è tale da generare un campo elettrico molto intenso, in grado di separare le cariche degli atomi che compongono il dielettrico, rendendolo un conduttore.
- **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 generata dall'esterno e a sua volta puo' "scaricarla"... ma come si genera la carica? E come si ottiene una corrente / tensione costante nel tempo?
- Il primo generatore di energia elettrica mai realizzato e' la pila di Volta.
- 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 una cella della pila.**
- Ripetiamo l'operazione più volte, ovvero **colleghiamo fra loro più celle in serie, 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 generata e' sufficiente per accenderlo...

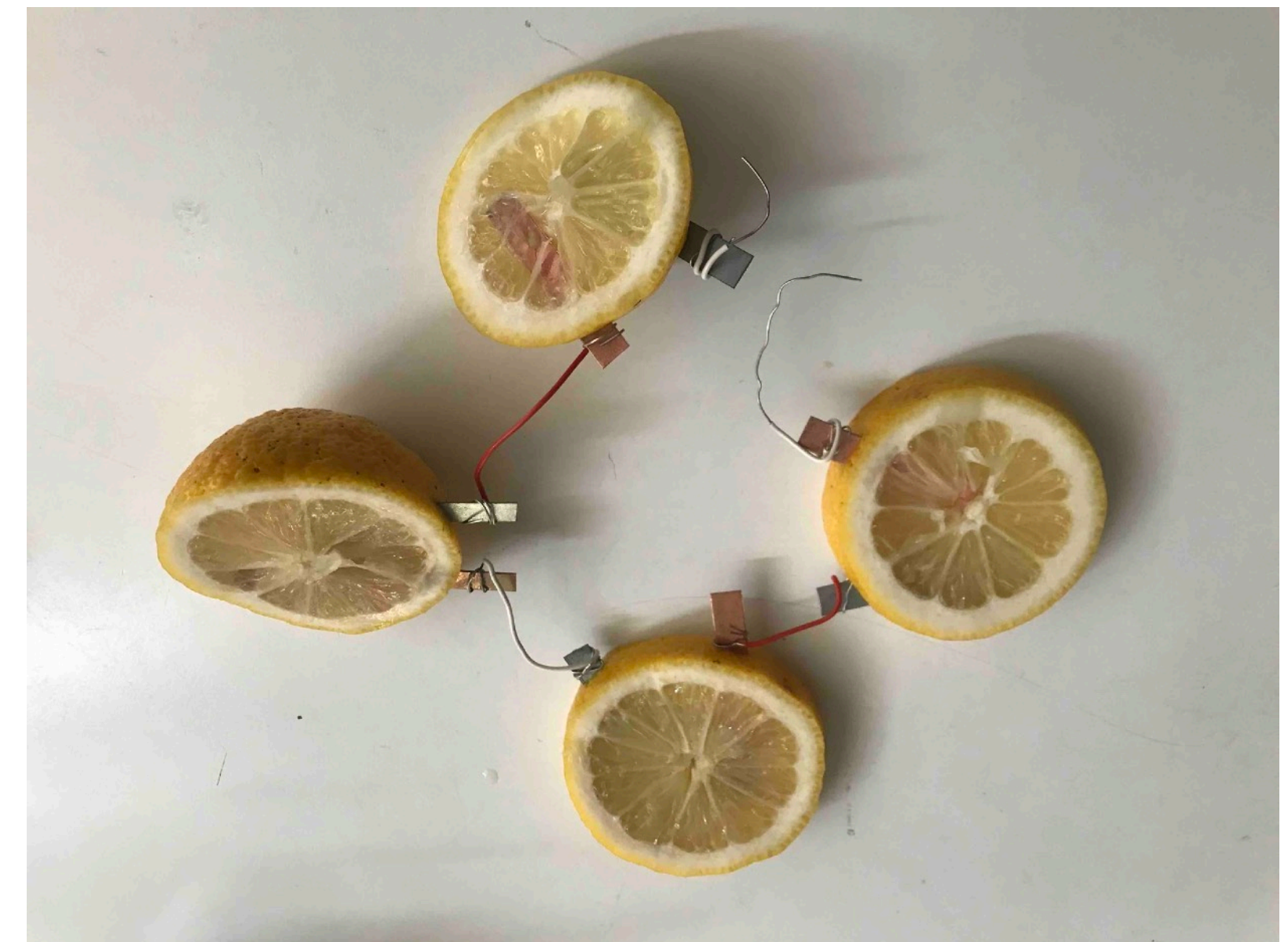


La pila di Volta: funzionamento

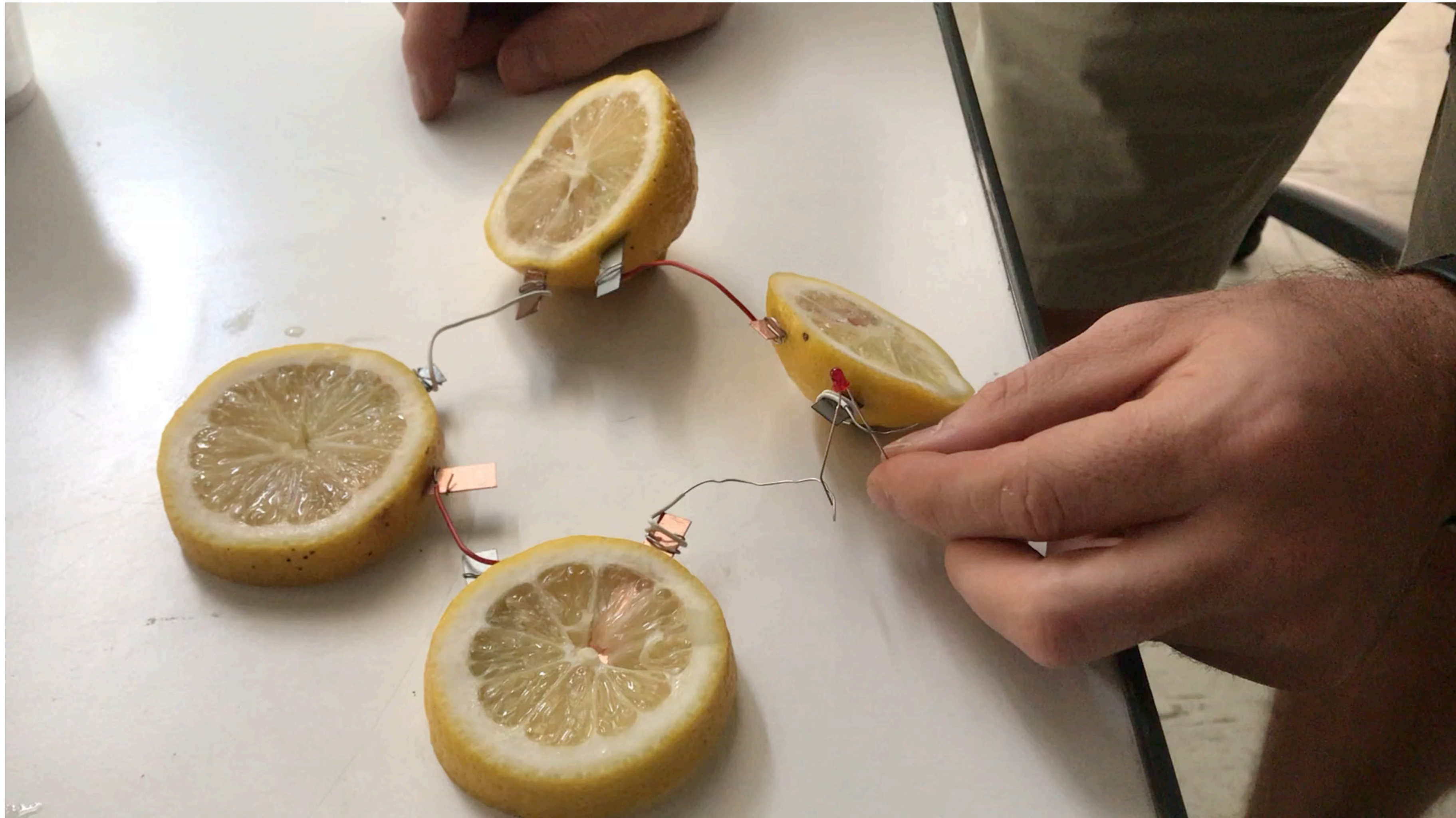
- Sotto l'azione dell'elettrolita (la soluzione di acqua e sale) l'elettrodo di Zn si “scioglie” in soluzione come Zn^{2+} e $2e^-$.
- La tendenza del rame a rilasciare elettroni è inferiore a quella dell'alluminio -> fra i due metalli si crea una differenza di potenziale.
- Ad alimentare il passaggio di corrente sono le reazioni agli elettrodi
- 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 come la carica elettrica può essere generata, 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 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 condurre cariche elettriche e chiudere il circuito facendo accendere la lampadina.
-
- La grafite pertanto, pur non essendo un metallo, e' un conduttore di elettricità'
- 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. Inoltre, anche conduttori di sezione maggiore daranno come risultato luce piu' intensa.

E' la seconda legge di Ohm: a parità di materiale, la resistenza di un conduttore e' direttamente proporzionale alla lunghezza del conduttore e inversamente proporzionale alla sua sezione...