ESPERIMENTI SEMPLICI PER CAPIRE UNA TERRA COMPLESSA

8. ALLA CARICA!

ESPERIMENTI SULL'ELETTRICITÀ E IL MAGNETISMO

Testo: Francisco Fernández Escobar e Susana A. Alaniz-Álvarez
Ilustrazioni: Luis D. Morán Torres
Traduzione a cura di: Ana Diana Esparza Herrera,
Eomir Roel Antonio Solís e Michelangelo Martini

Universidad Nacional Autónoma del México

Enrique Luis Graue Wiechers
Rettore

Leonardo Lomelí Vanegas
Segretario Generale

William Henry Lee Alardín
Coordinatore della Ricerca Scientifica

Rosa Beltrán Álvarez
Coordinatrice della Diffusione Culturale

Socorro Venegas Pérez
Direttrice Generale delle Pubblicazioni e Sviluppo Editoriale

Lucia Capra Pedol
Direttrice del Centro de Geociencias

Susana A. Alaniz Álvarez
Ángel F. Nieto Samaniego
Yadira H. Hernández Pérez
Coordinatori della Serie

Ma. Teresa Orozco Esquivel
Revision Tecnica

Susana A. Alaniz
Redatore Tecnico

Prima edizione: agosto 2022

D.R. © Universidad Nacional Autónoma de México
Ciudad Universitaria, Coyoacán, 04510, México

Centro de Geociencias
Universidad Nacional Autónoma de México
No. 3001, Boulevard Juriquilla, Querétaro
C.P. 76230, México

ISBN (Collection integrale) 978-607-02-9407-5
ISBN 978-607-30-6548-1

Stampato in Messico. Questo libro non può essere riprodotto in tutto o in parte, con qualsiasi mezzo, elettronico o altro, senza l'autorizzazione scritta degli editori.

INDICE

Introduzione 3

Robert Andrews Millikan.....4

Esperimento 1. Cariche elettriche 5

Esperimento 2. Come si produce l'elettricità? 9

Esperimento 3. Conduttori e isolanti elettrici.....14

Esperimento 4. Connessioni elettriche basiche 19

Esperimento 5. Il magnetismo naturale 25

Esperimento 6. Scoperta di Oersted 31

Esperimento 7. L'elettromagnete 34

Esperimento 8. Deviazione con cariche elettriche 36

Esperimento di Millikan. La carica di un elettrone 37

Ringraziamenti 40

Sugli autori 40

A proposito dei traduttori.....41

Esperimenti semplici per capire una Terra complessa

8. Alla carica!
Esperimenti sull'elettricità e il magnetismo

Introduzione

Immagina di star facendo i compiti la domenica sera, sei da solo con tua sorella maggiore, i tuoi genitori sono andati a prendere un caffè dai vicini, la televisione è accesa e stai usando la calcolatrice per fare le divisioni. All'improvviso si sentono dei tuoni e pensi: "si sta avvicinando una tempesta elettrica". Dieci minuti dopo salta la corrente e tutto il quartiere rimane al buio. Volete chiamare la mamma, ma siccome il telefono è un cordless, non funziona senza elettricità, e quindi decidete di chiamarla con il cellulare, ma è scarico. Pensate di andare a cercare la mamma, ma avete paura che il campanello non suoni. Allora, decidete di andare a letto; comunque domani ti alzerai presto per finire i compiti. D'improvviso, svegli tua sorella perché non riesci a dormire, e lei ti consiglia di contare le pecore. Ancora insonne, torni da lei, e allora ti consiglia di contare gli elettrodomestici che hai in casa. Allora cominci: frullatore, aspirapolvere, computer, radio, macchina, lampada, tostapane, tritacarne, ventilatore, ascensore, caffettiera, forno a microonde, frigorifero, asciugacapelli, ferro da stiro, macchina da cucire, calcolatrice, batteria della macchina, trapano, sveglia, giocattoli, riscaldamento, stufa, orologio, frullino, piastra per i panini, proiettore, temperamatite elettrico… il sonno sta cominciando a vincerti quando, all'improvviso, ti domandi: Come mai tutto funziona con l'elettricità? Allora vai e svegli ancora tua sorella perché, di nuovo, non hai più sonno.

Quest'ottava contribuzione della serie "Esperimenti semplici per capire una Terra complessa" ha come scopo spiegare attraverso degli esperimenti cos'è e come funziona l'elettricità, che relazione ha con il magnetismo, e perché viene usata così tanto per muovere le cose. Alla fine, vi presentiamo l'esperimento con cui si è dimostrato che le cariche degli elettroni sono tutte uguali. Con questo esperimento si è riusciti a misurare la carica di un solo elettrone, un numero talmente piccolo che ha 18 zeri davanti alla prima cifra significativa. Questo si conosce come l'esperimento di Millikan, in onore del suo autore.

Robert Andrews Millikan

Nacque nel 1868 in Illinois, Stati Uniti, e morì in California nel 1953. Come professore all'Università di Chicago, ha pubblicato diversi libri di testo di fisica elementare, che hanno avuto molto successo. All'inizio del XX secolo, ci fu un progresso impressionante nella fisica: si parlava già di meccanica quantistica, si era scoperto l'elettrone nel 1897, si era già dimostrata la natura particellare (effetto fotoelettrico) e ondulatoria della luce e, addirittura, Einstein aveva già pubblicato la sua teoria della relatività. Quando Millikan compì 40 anni, era solo un professore. Però, a differenza di altri, egli fu sempre molto ambizioso, e aveva il desiderio de fare una scoperta scientifica importante. Per questo, cominciò a fare degli esperimenti per cercare di misurare la carica elettrica di un elettrone. Dopodichè, volle dimostrare sperimentalmente che Einstein aveva torto nel proporre che la luce si comportasse come delle particelle (oltre che come delle onde). Dopo dieci anni di esperimenti, Millikan solo poté dimostrare che Einstein, invece, aveva ragione. Millikan ricevette il premio Nobel nel 1923 grazie ai suoi esperimenti per misurare la carica dell'elettrone e sull'effetto fotoelettrico. Questi successi li ottenne grazie alla sua capacità di capire certi aspetti fondamentali della fisica, e anche perché i suoi esperimenti hanno dato dei risultati con una precisione davvero impressionante.

ESPERIMENTO 1
CON LA CARICA SULLE SPALLE

Cariche elettriche

Posso muovere qualcosa senza toccarlo?

Per muovere o fermare un corpo, bisogna applicargli una forza; qui ti mostriamo come muovere un oggetto senza toccarlo.

MATERIALI

- Due palloncini
- Un pennarello
- Del filo sottile
- Una maglietta di cotone
- Un foglio di carta

PROCEDIMENTO

1 Gonfia e chiudi i palloncini con un nodo.

2 Con il pennarello, disegna su un lato dei palloncini la tua mano, e, sull'altro, un cerchio.

3 Lega un palloncino con il filo e appendilo al tavolo per farci un pendolo.

4 Afferra il palloncino dalla parte dove hai disegnato la tua mano, e sfrega la parte del cerchio con la maglietta di cotone per dieci secondi. Facendo questo, caricherai il palloncino sul lato del cerchio.

5 Ora lascia il palloncino appeso, delicatamente, cercando di fare in modo che questo si accomodi in una posizione d'equilibrio. Aspetta che si stabilizzi completamente.

6 Poco a poco, avvicina al palloncino prima la tua mano, e poi il foglio di carta.

7 Avvicina il secondo palloncino, dopo averlo caricato elettricamente anch'esso sul lato del cerchio.

OSSERVA

Ti accorgerai che, dato che è appeso a un filo, il palloncino si muove con facilità. Puoi osservare che il palloncino si avvicina alla mano e al foglio di carta, ma si allontana dall'altro palloncino che hai caricato elletricamente.

Se provi ad avvicinare i due palloncini velocemente, ma senza arrivare a farli toccare, ti accorgerai che il palloncino legato al filo si sposterà, e girerà su se stesso fino a che il suo lato con il cerchio sarà il più lontano possibile dall'altro palloncino. Potrai osservare anche che l'effetto di repulsione tra i due palloncini è maggiore dell'attrazione tra un palloncino e la mano o il foglio di carta.

COSA PUÒ ANDARE STORTO?

Se il lato del palloncino caricato elettricamente ha avuto contatto con un altro oggetto (come la tua mano o il foglio di carta), questo perderà la sua carica. Se c'è troppa umidità nell'ambiente, è più difficile caricare elettricamente il palloncino e altri oggetti isolanti. Se ci sono degli spifferi, il palloncino si può muovere anche se non è stato caricato elettricamente.

SPIEGALO

Ciò che hai visto durante l'esperimento è dovuto alle cariche elettriche. Una forza è di attrazione se le cariche sono di segno opposto, mentre è di repulsione se le cariche sono dello stesso segno.

In natura, ci sono due tipi di cariche elettriche, una positiva (+) e l'altra negativa (-). Solitamente, queste si trovano in uno stato di equilibrio; soltanto quando si altera quest'equilibrio, si possono notare gli effetti dell'attività elettrica.

Tutta la materia è costituita da atomi, e questi sono formati da particelle ancora più minuscole che si chiamano elettroni, protoni e neutroni. Gli elettroni possiedono la quantità minima di carica elettrica negativa conosciuta in natura (1.6×10^{-19} coulomb), e girano intorno ad un nucleo dove si trovano i protoni, i quali hanno la stessa quantità di carica degli elettroni, però di segno positivo. Anche i neutroni si trovano nel nucleo, ma questi non hanno nessuna carica elettrica.

Quando si sfrega la superficie del palloncino con la maglietta, la frizione che si genera rimuove molti degli elettroni superficiali dal cotone, i quali si trasferiscono sulla superficie del palloncino, e sulla quale rimangono intrappolati. Questo significa che il palloncino non è un buon conduttore di cariche elettriche, ma è, invece, un buon isolante elettrico. Quindi, sia il palloncino appeso al filo, sia l'altro, dopo essere stati sfregati contro la stoffa, acquisiscono una quantità di elettroni in eccesso, e si caricano negativamente nelle zone di sfregamento.

APPLICALO ALLA VITA QUOTIDIANA

Adesso, puoi spiegare perché a volte prendiamo la scossa elettrica quando tocchiamo un oggetto metallico come la maniglia della porta.

I vestiti fatti con delle fibre sintetiche funzionano come un isolante elettrico, esattamente come il palloncino; perciò, quando li indossiamo, è molto probabile che accumuliamo cariche elettriche per l'attrito con altre persone ed oggetti, oppure proprio con il vento visto che le sue molecole strofinano i nostri vestiti provocando l'accumulo graduale di carica elettrica. Se usi vestiti di poliestere o nylon, tocca frequentemente degli oggetti metallici, per non accumulare troppa carica elettrica. È sempre meglio usare vestiti di cotone, visto che, anche se possono rilasciare facilmente gli elettroni per la frizione, si neutralizzano rapidamente per il semplice contatto con altri oggetti.

TROVALO NELLA NATURA

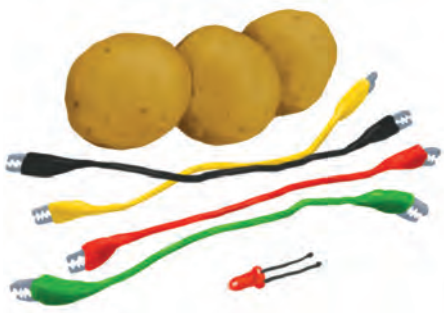
I fulmini si formano per la frizione che c'è tra i cristalli di ghiaccio e la grandine che ci sono nelle nuvole. Scontrandosi continuamente, gli elettroni si separano dalla superficie del ghiaccio e vengono catturati dalla grandine, la quale si carica negativamente. In genere, quando si accumula molta carica dello stesso segno alla base della nuvola, l'elettricità viene attratta dal suolo, sebbene ci siano anche lampi che viaggiano tra una nuvola e l'altra e tra la base e la cima di una stessa nuvola. I fulmini si formano anche durante le eruzioni vulcaniche, nelle nuvole di cenere rilasciate dai vulcani.

ESPERIMENTO 2
E LUCE SIA!

Come si produce l'elettricità?

La pila è una fonte di energia elettrica; in essa, l'energia elettrica si genera a partire da certe reazioni chimiche. La pila funziona quando alcuni metalli di diverso tipo entrano in contatto con una soluzione acida o salina. Puoi costruire una pila fatta in casa con una patata e altri materiali che puoi trovare facilmente dal ferramenta.

MATERIALI



- Tre patate.
- Un diodo che emette luce (led).
- Tre tubi sottili (o cavi spessi) di rame.
- Un pezzo di carta abrasiva (per i tubi di rame).
- Tre chiodi di grandezza media (o delle graffette grandi) di ferro galvanizzato.
- Quattro cavi da batteria con pinze.

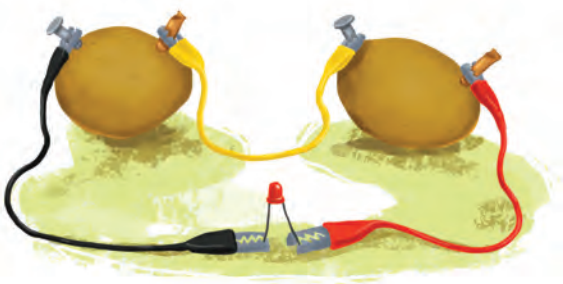
PROCEDIMENTO

1 Introduci un chiodo e un tubetto di rame in una patata; questa formerà una pila, le cui terminazioni elettriche sono il chiodo galvanizzato (polo -) e il tubo di rame (polo +).

2 Collega il led ai poli della patata usando i cavi da batteria, facendo attenzione che la parte "+" del led si connetta con il tubo di rame, mentre la parte "-" con il chiodo. Osserva che, nonostante la connessione sia fatta nel modo giusto, il led non si accende. Questo perché il led ha bisogno di almeno 1.5 volt, mentre, con la patata, ne vengno prodotti circa 0.9.

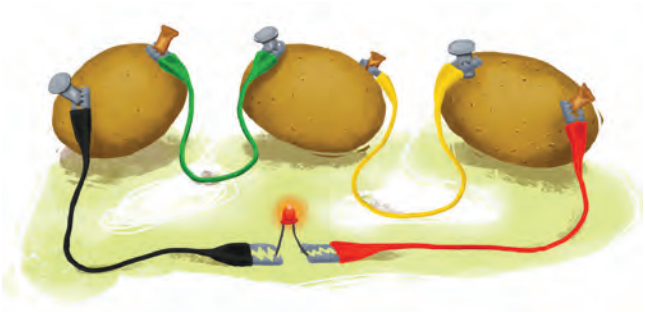
Dato che il led ha bisogno di pochissima energia per accendersi, lo puoi usare come rilevatore e misuratore relativo del voltaggio elettrico e della potenza della tua pila di patate. L'unica cosa importante è connettere la pila in modo corretto. Devi perciò identificare correttamente il polo positivo (+) e quello negativo (-) del led. Potrai osservare che escono fuori due linguette metalliche dal bulbo del led; la linguetta più corta è il polo negativo, mentre quella più lunga è quello positivo. Considera che il led si accende solitamente con 2 volt e 0.015 ampere di corrente, anche se con 1.5 volt e una corrente minore può gia iniziare ad emettere una luce fioca.

3 Per riuscire ad accendere il led, ci vogliono almeno due patate collegate in serie, affinché si uniscano i due voltaggi e si ottenga l'equivalente di una pila di 0.9+0.9=1.8 volt. Per la connessione in serie, usa un cavo da



batteria, e unisci un tubo di rame con il chiodo dell'altra patata (unisci "+" con "-"). Il chiodo e il tubo rimanenti in ognuna delle patate corrispondono alle terminazioni "+" e "-" della tua pila di 1.8 volt. Se adesso riconnetti correttamente il led alla tua pila di patate, vedrai che questo si accende emettendo una luce debole; questo vuol dire che hai raggiunto il voltaggio minimo indispensabile.

4 Prova ad accendere il led collegandolo a tre patate in serie. In questo modo, avrai una pila di 2.7 volt. Vedrai che adesso il led si accenderà ed emetterà una luce più intensa. L'intensità della luce non è, comunque, la massima possibile per il led. Quindi, per poter vedere bene la luce, ti raccomandiamo oscurare un po´ lo spazio intorno al led con la mano.



OSSERVA

L'intensità con cui si accende il led non dipende soltanto dal voltaggio applicato (più patate in serie = più voltaggio), ma dipende anche dalla corrente che è in circolazione nel circuito. Questa viene fornita dalle patate, ed è proporzionale all'area di contatto con i metalli che vi hai introdotto.

Con il led acceso, spingi i sei elettrodi piu in profondità nelle

patate, e poi prova a ritirarli fino che non siano quasi fuoriusciti dalle esse. Osserva i cambiamenti nell'intensità del led.

COSA PUÒ ANDARE STORTO?

I tubetti di rame possono avere delle impurezze di altri materiali che incidono sul funzionamento della tua pila. Per risolvere questo problema, prova a levigare i tubetti di rame, ma non levigare mai i chiodi, altrimenti gli toglierai la superficie galvanizzata, che è fatta di zinco, metallo indispensabile per il funzionamento della pila. Un'altra cosa che può impedire che l'esperimento riesca è che la connessione dei poli sia al contrario, cioè che il positivo del led non coincida con il positivo (tubo di rame) della tua pila di patate.

SPIEGALO

Ogni patata è come una piccola batteria elettrica, in cui i metalli sono gli elettrodi, e l'acido naturale che si trova all'interno della patata (acido fosforico) è l'elettrolita. Il tubo di rame emana elettroni, ragione per cui rappresenta l'elettrodo positivo; il chiodo galvanizzato, invece, assorbe gli elettroni, perciò si carica negativamente.

Affinché si accenda un led, una lampadina o qualsiasi apparecchio elettrico, la corrente elettrica deve scorrere in un circuito chiuso. Il voltaggio che si produce nella patata è dovuto alla reazione dei metalli con l'elettrolita (acido fosforico). La disponibilità di corrente dipende sia dell'estenzione della superficie lungo la quale avvengono le reazioni chimiche (si vede quando si spingono gli elettrodi in profondità nelle patate), sia dall'intensità delle reazioni. Nelle pile commerciali, si usano acidi aggressivi, che sono pericolosi e inquinanti.

APPLICALO ALLA VITA QUOTIDIANA

Ci sono molte varietà di pile: alcune sono piccole, come quelle chiamate "pile a bottone", che si usano in alcuni orologi, calcolatrici e torce led; altre sono di dimensione AAA, AA, C o D, e si usano per le laterne con lampadine a incandescenza, oppure in altri apparecchi elettrici e giocattoli che funzionano con dei piccoli motori elettrici. Tutte queste pile, anche se di dimensioni diverse, sono capaci di fornire 1.5 volt. Le differenti dimensioni riflettono la quantità di corrente che le pile possono offrire e il tempo durante il quale possono mantenere la corrente.

Per ogni fonte di energia elettrica, non solo è importante il voltaggio, ma anche la sua potenza. La potenza elettrica si calcola moltiplicando il voltaggio per la corrente.

ESPERIMENTO 3
TUTTI I MATERIALI SONO CONDUTTORI DI ELETTRICITÀ?

Conduttori e isolanti elettrici

Con questo esperimento, potrai distinguere i materiali che conducono l'elettricità da quelli che non lo fanno perché sono degli isolanti elettrici. Potrai anche notare che ci sono dei materiali intermedi, cioè, che conducono l'elettricità, però lo fanno con un certo grado di difficoltà, senza arrivare ad essere completamente isolanti.

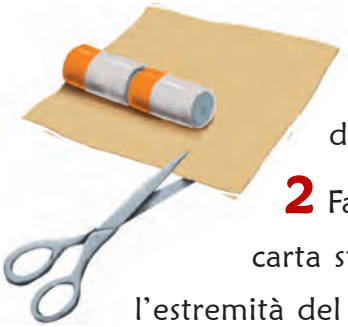
MATERIALI

- Due pile di 1.5 volt di dimensione D.
- Una spilla da balia di grandezza media.
- La lampadina di una torcia (una che funzioni con due pile AA). Non deve essere un led, ma una lampadina a incandescenza (2.2 volt, 0.25 ampere).

- Tre cavi da batteria con pinze.
- Due matite numero 2 o HB.
- Un cartoncino. Si può usare la metà di una cartellina portadocumenti.

- Un pezzo di carta stagnola di circa 12 x 12 centimetri.
- Forbici e nastro adesivo isolante.

PROCEDIMENTO



1 Taglia una striscia di cartoncino, e fai un cilindro che avvolga le due pile insieme, una dietro l'altra (in serie).

2 Fai una pallina al centro della carta stagnola e usala per coprire l'estremità del cilindro di pile, facendo sì che la pallina sia in contatto con il lato piatto, o polo negativo, della pila che si trova all'estremità.

3 Chiudi la spilla da balia intorno alla base a vite della lampadina; assicurati che il metallo della spilla sia in contatto con quello della vite. Usa il nastro adesivo isolante per fissare il cilindro di pile e il suo supporto di carta stagnola; lascia fuoriuscire un po' di carta stagnola, per poterci collegare uno dei cavi da batteria. Collega l'altro estremo del cavo alla spilla da balia.

4 Praticamente hai costruito una torcia di due pile in serie e, per controllarla, devi soltanto chiudere il circuito toccando il polo positivo del cilindro di pile con l'altro polo che si trova alla base della vite della lampadina. Fai attenzione che il contatto non avvenga con il metallo della vite o con la spilla da balia, sennò provocherai un corto circuito. Puoi coprire la maggior

parte della spilla da balia e della vite con il nastro adesivo isolante, per assicurarti di non provocare il cortocircuito. Se non hai lasciato falsi contatti, vedrai che la lampadina si accenderà alla sua massima intensità.

5 Togli le gomme alle due matite; taglia una matita a metà e appunta bene entrambe le estremità, in modo da avere una matita grande e due piccole, tutte con doppia punta.

6 Usa un cavo da batteria per inserire una delle matite piccole nel circuito della tua torcia, ma fai sì che le pinze dei cavi da batteria non vengano applicate sulla mina della matita, ma sul legno. Chiudi ancora una volta il circuito, connettendo il polo positivo delle pile con il polo libero della lampadina, e ti accorgerai che non si accende.

7 Se connetti le pinze alla mina della matita, la lampadina si accenderà, ma la sua intensità sarà minore di quando non c'era la matita nel circuito. Prova a riaccendere la lampadina, ma sostituendo la matita piccola con quella grande, e assicurati che le pinze siano ben applicate alla mina della matita. Vedrai che la lampadina si accende quasi impercettibilmente, oppure non accende affatto. Succede lo stesso se, invece della matita grande, inserisci le due piccole in serie (una dietro l'altra), usando il terzo cavo da batteria.

8 Unisci le due matite piccole, una accanto all'altra, e connetti le loro punte con dei pezzetti di carta stagnola. Fissa tutto con il nastro isolante, ma lascia libero un po' di alluminio in ogni estremità per poterci applicare le pinze.

Questa nuova disposizione può chiamarsi "matite in parallelo" e, se la inserisci nel tuo circuito, vedrai che, quando lo chiudi, la lampadina si accenderà con più intensità di quanto lo faccia con una sola matita piccola.

SPIEGALO

Quando ci sono solo i cavi nel tuo circuito, praticamente nulla impedisce che la corrente di cui ha bisogno la lampadina per accendersi (0.25 ampere) fluisca. Questo succede perché i cavi e le pinze metalliche sono dei buoni conduttori di elettricità. Per questo, la lampadina si accende alla sua massima intensità. Il legno della matita impedisce il flusso della corrente; questo succede perché è un buon isolante elettrico, anche in piccole quantità. Quando hai inserito il legno della matita, è come se il circuito si fosse aperto e, per questo, la lampadina non si accendeva. Il legno della matita, però, è soltanto l'involucro di una mina fatta di grafite. La grafite è un materiale non completamente isolante, ma neanche un buon conduttore di elettricità; si oppone semplicemente al passaggio della corrente. Questa proprietà è nota come "resistività elettrica", la quale è una proprietà di tutti i materiali. Quindi, si può dire che i materiali isolanti hanno

una resistività molto grande (praticamente infinita), mentre nei conduttori la resistività è molto piccola (quasi nulla).

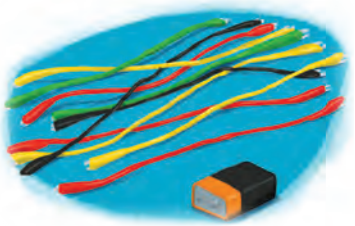
Quando si introduce in un circuito qualche materiale come la grafite della matita, quello che stiamo creando è una "resistenza elettrica". La capacità di attenuare la corrente di una resistenza elettrica aumenta con la lunghezza del materiale resistente, e diminuisce con il suo spessore. Di conseguenza, è ovvio che la matita piccola abbia presentato una resistenza minore della matita grande, il che ha permesso che passasse più corrente. Confrontando gli effetti che risultano dall'introduzione di una matita piccola e due della stessa lunghezza collegate in parallelo, si osserva che, all'aumentare dello spessore del materiale, diminuisce la sua resistenza e, perciò, passa più corrente.

ESPERIMENTO 4
CONNETTITI!

Connessioni elettriche basiche

Ci sono due forme di collegare diversi apparecchi elettrici ad una stessa fonte di energia: in serie e in parallelo.

MATERIALI



- Una pila di 9 volt.
- Dieci cavi da batteria con le pinze.
- Quattro led di 5 mm di diametro e di colore rosso.
- Una resistenza di 470 ohm (a 1 watt e 5% di tolleranza).
- Un pezzo di polistirolo.
- Un pennarello.

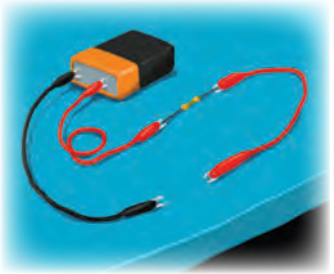
PROCEDIMENTO

Collegamento di led in serie

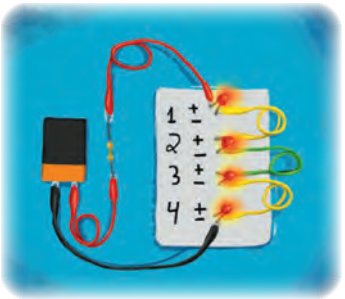
1 Con il pennarello, segna sul polistirolo quattro posizioni per i led; le posizioni devono essere etichettate dall'1 al 4 e distribuite in verticale, con i simboli "+" e "-" che si dovranno alternare passando da una posizione all'altra.

2 Inserisci i led nel polistirolo, in ognuna

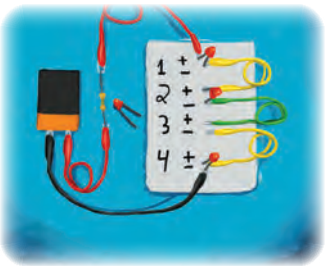
delle posizioni segnate, facendo attenzione a rispettare le polarità che hai stabilito anteriormente (identifica nel led il "+" e il "-" come nell'esperimento 2). Prendi 3 cavi da batteria per collegare il "-" del led 1 con il "+" del led 2, poi il "-" del led 2 con il "+" del led 3 e, finalmente, il "-" del led 3 con il "+" del led 4.



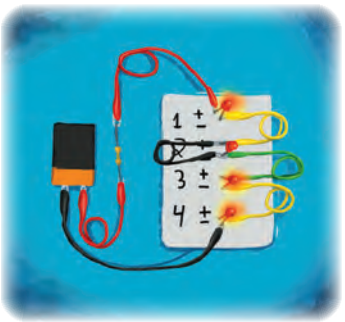
3 Collega la resistenza di 470 ohm alla pila. Usa dei cavi rossi per il collegare il polo "+" della pila e uno nero per quello "-". Non collegare la pila direttamente (senza usare la resistenza), sennò i led si danneggiare all'istante.



4 Collega la pila e la resistenza alle estremità ancora libere nel polistirolo: il "+" della pila al "+" del led 1 e il "-" della pila al "-" del led 4. Vedrai che tutti i led si accendono.



5 Se rimuovi uno dei led, facendo finta che si siano rotte le sue linguette, vedrai che tutti i led si spengono.



6 Ora riconnettilo, e fai finta che uno dei led sia andato in cortocircuito, unendo le sue linguette con un cavo da batteria. Vedrai che il led in cortocircuito si spegne, ma tutti gli altri rimarranno accesi.

Il cortocircuito lo puoi estendere a due o tre led, per verificare che quelli che non sono in cortocircuito rimangono accesi, ma con un'intensità luminosa maggiore.

Collegamento di led in parallelo

7 Usa l'altro lato del polistirolo per segnare le posizioni, i numeri e le polarità dei led; adesso, dovrai distribuirli uno accanto all'altro, parallelamente al lato lungo del polistirolo.

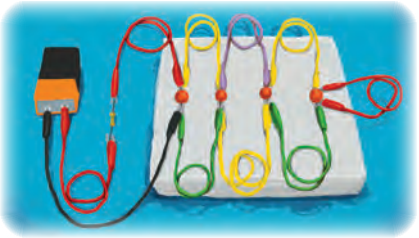
8 Con i tre cavi da batteria, connetti i poli negativi tra di loro e fai lo stesso con i poli positivi; in questo modo, avrai i quattro led collegati in parallelo.

9 Collega la pila con la resistenza ai rispettivi poli "+" e "-" dei led, come mostrato nell'illustrazione; vedrai che tutti e quattro i led si accendono.

10 Se rimuovi uno dei led (mantenendo però le connessioni tra le pinze), vedrai che questo si spegne, ma gli altri rimangono accesi. Se vuoi, puoi rimuovere un altro led, e poi un altro ancora, per vedere che quelli che sono ancora dentro al circuito rimangono accesi, e con un'intensità maggiore di quando erano inclusi tutti nel circuito.

11 Finalmente, ricollega i tuoi led in parallelo, e vedrai che tutti e quattro si accendono. Prova a vedere cosa succede quando si provoca un cortocircuito. Scegli un led e unisci le sue linguette

con le pinze dei cavi da batteria. Ti accorgerai che tutti si



spengono (indipendentemente da quello che hai scelto per il cortocircuito) e, quando rimuovi il cavo, tutti i led si riaccendono normalmente.

OSSERVA

Quando si estrae un led del circuito in serie, tutti si spengono. Quando si estrae dal circuito in parallelo, i led restanti rimangono accesi. La configurazione in serie permette che, se un led va in cortocircuito, tutti gli altri restino accesi. Se il cortocircuito avviene quando i led sono in parallelo, questi si spengono tutti.

SPIEGALO

Nel circuito in serie, c'è solo una strada possibile per la corrente, e cioè attraverso la resistenza e ognuno dei led. Dunque, quando si rimuove uno qualsiasi dei led, la corrente s'interrompe, e tutti si spengono.

Mentre il circuito resta chiuso, il voltaggio della pila (9 volt) viene distribuito sia nei led accesi che nella resistenza. Ogni led consuma 2 volt; per cui, se tutti e quattro sono accesi, il consumo totale è di 8 volt, lasciando 1 volt per la resistenza. Provocando un cortocircuito in uno dei led, la corrente non s'interrompe, permettendo che 3 led restino accesi. Questi consumano 6 volt in totale, per cui alla resistenza rimarranno 3 volt. Se il cortocircuito si verifica in due led, ne restano accesi due, che consumano 4 volt, per cui alla resistenza spettano 5 volt. Il caso estremo è quando vanno in cortocircuito tre led;

ne resta uno solo acceso consumando 2 volt, mentre gli altri 7 volt rimangono nella resistenza.

Si è raccomandato di usare una resistenza di 470 ohm perché, nel caso estremo (solo un led acceso), la corrente (I) nella resistenza è, per la legge di ohm: I= Voltaggio (V)/ Resistenza (R) = 7 volt / 470 ohm= 0.0149 ampere, la quale è quella stipulata per l'accensione di un led (0.0150 A). Essendo maggiore la quantità di led accesi, minore sarà il voltaggio attraverso la resistenza e, pertanto, ci sarà meno corrente nel circuito, facendo che i led brillino di meno, ma senza danneggiarli.

Ancora un esercizio: con tutti e quattro led accesi, la corrente nella resistenza è: I = 1 volt/470 ohm = 0.0021 ampere. Ricorda che ogni led consuma 2 volt, per quattro led sono 8 volt e, perciò, resta soltanto 1 volt nella resistenza.

Nel circuito in parallelo, il voltaggio è lo stesso in ogni led (2 volt), poiché sono collegati uno accanto all'altro. Così, la corrente che attraversa la resistenza è di 0.0150 ampere; ma adesso è distribuita tra i led accesi, in modo simile alla corrente di un fiume che divide la sua acqua nei vari canali che trova. Con quattro led accesi, la corrente in ognuno è di 0.0037 ampere, con tre è di 0.0050 A, con due è di 0.0075 A e con uno solo è di 0.0150 A.

Provocando un cortocircuito in un led qualsiasi del circuito, anche i led rimanenti si spengono. Questo succede perché la corrente preferisce scorrere attraverso un conduttore con meno resistenza, come se non ci fossero i led rimanenti. Ecco perché nella resistenza si accumula tutto il voltaggio della pila. Con il cortocircuito, di nuovo abbiamo ancora una corrente di

9 volt /470 ohm = 0.019 ampere, che viene spesa per riscaldare un po' la resistenza.

APPLICALO ALLA VITA QUOTIDIANA

Uno degli esempi più comuni di connessione in serie sono le luci natalizie. A natale, quando si bruciava una delle lampadine, si apriva il circuito e si spengeva un intero settore, finché non si provavano tutte le lampadine e si rimpiazzava quella bruciata.

Il collegamento in parallelo è, in generale, quello più utilizzato. L'energia elettrica che abbiamo a casa si distribuisce nelle ciabatte multipresa, che funzionano tutte in parallelo. Possono essere connessi molti, pochi o nessun apparecchio senza alcun impatto sul funzionamento degli altri. Questo tranne quando si supera il consumo massimo possibile di corrente, che può verificarsi sia per avere troppe lampadine o apparecchi accesi allo stesso tempo o, ancora peggio, per un cortocircuito. Per questo motivo, gli impianti elettrici hanno dei fusibili che aprono il circuito elettrico quando questo si sovraccarica.

Non tentare mai di fare esperimenti con l'energia elettrica in casa, perché il voltaggio è molto alto e puoi mettere a rischio la tua vita.

ESPERIMENTO 5
QUAL'È IL NORD DI UNA CALAMITA?
Il magnetismo naturale

Le prime conoscenze sul magnetismo si attribuiscono ai greci, giacché, verso il 600 a.C., trovarono per la prima volta, nella regione di Magnesia, certe pietre che avevano la proprietà di attrarre piccoli pezzetti di ferro. Tali pietre erano composte da un minerale al cui si dette il nome di magnetite, che, nel linguaggio di tutti i giorni, non è altro che che la calamita o magnete naturale.

Tra le prime applicazioni del magnetismo, oltre ai rituali magici, c'è l'invenzione della bussola, verso il IX secolo della nostra era. Nelle bussole attuali, si usa una freccetta o un disco magnetizzato che ha la possibilità di girare e orientarsi. Nella bussola, è inclusa anche la Rosa dei venti, che serve da guida per identificare i punti cardinali ed altre direzioni. Puoi costruire una bussola anche tu, usando materiali semplici e alla portata di mano. Con la tua bussola potrai orientarti e fare degli esperimenti interessanti con altre calamite.

MATERIALI

- Una calamita.
- Una pallina di polistirolo (3 a 5 cm di diametro).
- Un ago da cucire sottile.
- Uno stuzzicadenti a sezione circolare e con la punta su entrambi i lati.

- Due chiodi da legno di 1 e 2 pollici rispettivamente. Fai attenzione che lo spessore del chiodo piccolo sia leggermente inferiore

a quello dello stuzzicadenti. Lo spessore del chiodo grande, invece, deve essere un po' superiore a quello dello stuzzicadenti.

- Un tappo di plastica (di una bottiglia da 20 litri) o o qualsiasi altro oggetto equivalente.
- Un bicchiere con dell'acqua.
- Un cerotto, una penna e delle forbici.

COSTRUZIONE DELLA BUSSOLA

1 Chiedi ad un adulto di tagliare un po' meno della metà della pallina di polistirolo, per formare un emisfero di 8 a 10 mm di spessore. Con il chiodo grande, fai un buco nel centro dell'emisfero, attraversandolo.

2 Prendi il tappo di plastica e utilizza il chiodo piccolo per forarne il fondo, attraversandone il centro. Rimuovi il chiodo e lascia da parte il tappo.

3 Taglia un pezzo dello stuzzicadenti, per ottenere un'asticella di lunghezza compresa tra 1.2 e 1.4 cm, la quale includa una delle sue punte. Inserisci il pezzo dello stuzzicadenti nel buco del tappo, spingendolo fino a che l'estremità senza punta sia al livello della

superficie esterna del tappo, e la punta rimanga dentro lo spazio interno. Copri il lato esterno del tappo con un cerotto per evitare perdite d'acqua. In questo modo, avrai finito di costruire la struttura di base della tua bussola, includendo il suo perno di rotazione.

4 Adesso, magnetizza l'ago, sfregandolo con la calamita per qualche secondo. Posiziona l'ago sulla faccia piatta dell'emisfero, assicurandoti che la parte centrale dell'ago coincida con il buco. Usa un altro cerotto per fissare l'ago all'emisfero di polistirolo. Inserisci l'emisfero con l'ago magnetico nello stuzzicadenti del tappo di plastica.

5 Aggiungi dell'acqua al tappo, finché l'emisfero possa galleggiare e girare facilmente. In questo modo, avrai finito di costruire la tua bussola. Ti accorgerai che l'ago della bussola si allineerà con la direzione geografica nord-sud.

6 Colloca una bussola commerciale vicino alla tua bussola, facendo in modo che queste non si tocchino, per verificarne il funzionamento. Potrai capire se la cruna dell'ago sta puntando verso il nord o il sud. Gira manualmente entrambe le bussole o spostale; osserverai che l'ago magnetico mantiene sempre il suo

orientamento, a meno che non ci siano delle calamite o altre fonti di campo magnetico nelle vicinanze. Prova ad avvicinare le due bussole, e vedrai che di due non ne fanno una, perché, per la loro vicinanza, iniziano ad interferire tra di loro.

IDENTIFICA IL NORD

1 Etichetta tutte le facce della calamita usando i cerotti e una penna. Per esempio, puoi chiamare lato A e B le sue facce più grandi.

2 Avvicina la calamita in posizione orizzontale alla tua bussola, muovila piano piano e ad un'altezza costante dal piano su quale gira l'ago (utilizza qualche supporto se necessario). Avvicina la calamita finché inizia a l'ago della bussola inizia a desviarsi dalla sua posizione iniziale. Prova ad avvicinare la calamita alla bussola con un'altra orientazione, avvicinando un lato differente. Potrai osservare che ci sono delle differenze importanti nel modo in cui gira l'ago della bussola, dipendendo da come orienti la calamita (se è rivolto verso l'alto il lato a A o B).

3 Adesso avvicina la calamita in posizione verticale; vedrai che l'ago girerà piu rapidamente, e il senso in cui gira dipende dalla parte della calamita che hai avvicinato.

SPIEGALO

Le calamite hanno sempre due poli magnetici chiamati nord e sud. Nel corso del tempo (nel XIX secolo), si scoprì che la Terra è una gigantesca calamita naturale, i cui poli magnetici sono molto vicini ai poli geografici nord e sud. Analogamente alle cariche elettriche, anche tra i poli delle calamite ci sono forze di attrazione e repulsione, la cui intensità dipende dalla vicinanza tra di essi. Il polo nord di una calamita attira il polo sud di un'altra calamita, mentre respinge il suo polo nord. Allo stesso modo, il polo sud di una calamita attira il polo nord di un'altra calamita, mentre ne respinge il polo sud.

L'ago magnetizzato della tua bussola è una piccola calamita, con un polo nord e un polo sud, che si trova immersa nel campo magnetico del nostro pianeta. Nell'esperimento, la cruna dell'ago punta verso la direzione nord della Terra; il che vuol dire che la cruna è il polo magnetico sud dell'ago.

La distanza tra i poli del nostro pianeta (la grande calamita naturale) è molto grande e, per questo, l'intensità del suo campo magnetico è molto debole. Solo gli oggetti magnetizzati leggeri e liberi di poter girare (come l'ago della tua bussola) possono rilevare il campo magnetico terrestre. Quando avvicini un'altra calamita alla tua bussola, questa smette di orientarsi con il campo magnetico terrestre, perché prende il sopravvento il campo magnetico dell'altra calamita, per quanto piccola essa sia.

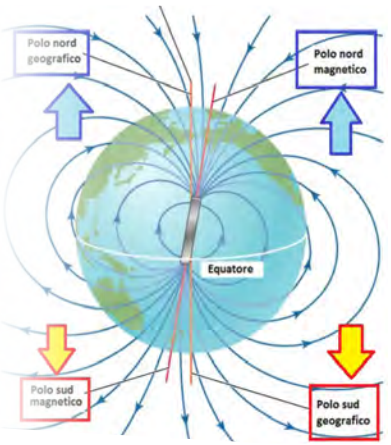
Potrai identificare i poli magnetici di qualsiasi calamita semplicemente avvicinandola alla bussola e osservando quale parte di essa produce la maggiore deviazione dell'ago. Nel caso descritto in questo esperimento, i poli della calamita sono i lati A e B, essendo A il polo nord (ha attirato intensamente la cruna del ago) e B il polo sud (la punta dell'ago si è orientata verso di esso).

COSA PUÒ ANDARE STORTO?

Se un giorno usi una bussola per orientarti, evita la vicinanza di calamite e oggetti magnetizzabili (come alcuni metalli), sennò questa ti darà un risultato sbagliato e potresti prendere una strada che non è quella che volevi.

TROVALO NELLA NATURA

La Terra ha un campo magnetico naturale, perché il suo nucleo esterno è formato in gran parte da ferro fuso in continuo movimento. I poli del campo magnetico della Terra sono cambiati molte volte nel corso del tempo, e questo lo sappiamo grazie alle rocce vulcaniche, che, raffreddandosi, hanno congelato l'informazione sul campo magnetico esistente in quel momento.



ESPERIMENTO 6
Scoperta di Oersted

Fino a poco più di 200 anni fa, si sapeva che il magnetismo si produce per il flusso di elettroni, cioè, per il passaggio di una corrente elettrica. Nel 1820, il fisico danese Hans Christian Oersted scoprì che l'ago magnetizzato di una bussola si deviava dalla direzione nord-sud quando gli si avvicinava un cavo della corrente.

MATERIALI

- Una bussola.
- Un tubo sottile (o filo spesso) di rame, con una lunghezza maggiore o uguale a 6 cm
- Il cilindro di due pile che hai costruito nell'Esperimento 3.
- Una resistenza da 1.5 ohm a 10 watt di potenza.
- Tre cavi da batterie con pinze.

PROCEDIMENTO

1 Collega le estremità del filo di rame ai poli della pila da 3 volt, con la resistenza da 1.5 ohm collegata in serie; la resistenza eviterà che la pila si scarichi velocemente e si surriscaldino i cavi. Utilizza i cavi da batteria neri per collegare il polo negativo e uno rosso per collegare il polo positivo. Non collegare ancora il cavo rosso.

2 Posiziona il filo di rame sopra la bussola, in modo da essere allineato con l'ago. Vedrai che, quando colleghi il cavo rosso con la pila, l'ago della bussola inizia a girare; guarda in che senso gira. Sconnettendo la pila, l'ago della bussola torna alla sua posizione iniziale.

3 Ripeti questa stessa operazione, ma stavolta invertendo la polarità della pila. Vedrai che l'ago della bussola gira adesso in senso contrario.

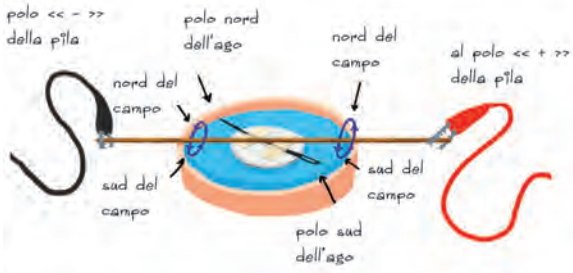
4 Prova ora mettendo il filo di rame perpendicolarmente all'ago della bussola. Se l'hai messo bene, l'ago non girerà, anche se inverti la polarità della pila.

SPIEGALO

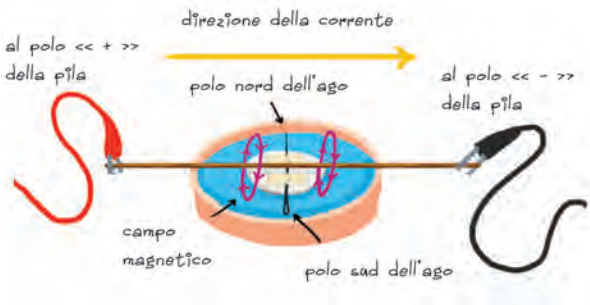
Oersted scoprì che ogni corrente elettrica produce un campo magnetico circostante alla sua direzione. Attualmente, si usa "la regola della mano destra" per sapere la direzione del campo magnetico. Con il pollice si indica la direzione della corrente elettrica, che va dal

polo “+” al polo “-“ della pila, e le dita rimanenti, curve in posizione di una mano semichiusa, indicano la direzione del campo magnetico.

Il campo magnetico prodotto dalla corrente devia l’ago della bussola quando il filo di rame è orientato



parallelamente ad esso, mentre, se è orientato con una direzione perpendicolare, non causa alcun effetto. Nel primo caso, il campo magnetico interferisce trasversalmente con l’ago della bussola, mentre, nel secondo caso, il campo magnetico è allineato con esso.



ESPERIMENTO 7
COSTRUISCI UNA CALAMITA!

L'elettromagnete

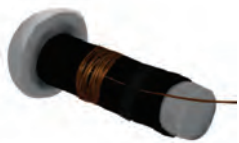
Un'applicazione immediata dell'esperimento di Oersted è l'elettromagnete (o elettrocalamita); lo puoi costruire avvolgendo del filo smaltato su di un nucleo ferromagnetico, e collegando il tutto ad una fonte di energia elettrica.

MATERIALI

- Una pila di tipo D o il cilindro di due pile D che hai usato nell'esperimento 3.
- Cinque metri di filo smaltato calibro 28.
- Una vite spessa (con diametro di ¼ pollici o più grande) di ferro, lunga almeno 3 cm.
- Due cavi da batteria con pinze
- Un pezzo di carta abrasiva, del nastro adesivo isolante e delle forbici.

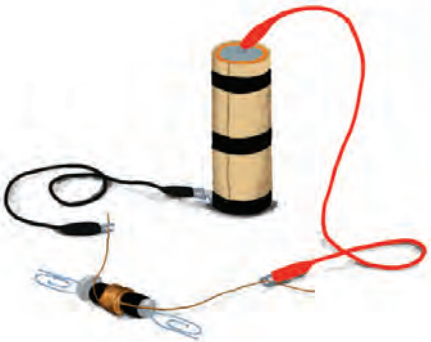
PROCEDIMENTO

Fissa un'estremità del filo smaltato sulla vite con un pezzo di nastro adesivo, arrotolando il filo il più uniforme possibile, fino a completare tre strati di bobinatura, o fino a che non finiscono i 5 metri di filo. Dopo, leviga un po' le estremità del filo per rimuovere lo smalto dalla parte dove collegherai la batteria.



Quando avvolgi il filo, stai facendo sí che i campi magnetici generati per ogni giro si sovrappongano all'interno del nucleo ferromagnetico, il quale è un materiale che consente di essere attraversato da un campo magnetico con molta facilità.

Facendo quanto indicato, il tuo elettromagnete sarà pronto per funzionare. Per provarlo, collega una delle sue estremità al polo negativo della batteria, e lascia l'altra per il polo positivo.



Avvicina una graffetta all'elettromagnete prima di connetterlo, e vedrai che non succede niente. Adesso connettilo, e vedrai che la graffetta sarà attratta dall'elettromagnete. L'attrazione elettromagnetica è cosi forte che potrai anche sollevare la graffetta fintanto che manterrai collegata la pila.

APPLICALO ALLA VITA QUOTIDIANA

L'elettromagnete ha il vantaggio sulla calamita normale di generare un campo magnetico che può essere controllato facilmente, collegando e scollegando la corrente elettrica. Viene usato in molte occasioni; per esempio, con un elettromagnete si raccolgono i rottami di ferro, serve per aprire una serratura da un interfono, per attivare i freni di un'automobile e molte altre applicazioni nella vita di ogni giorno.

ESPERIMENTO 8
CAMBIANDO IL CORSO

Deviazione con cariche elettriche

MATERIALI

- Un palloncino grande
- Dell'acqua
- Un contagocce
- Un foglio bianco A4.

PROCEDIMENTO

1 Riempi il contagocce con dell'acqua e lascia cadere delle gocce sulla carta.

2 Carica il palloncino, strofinandolo sui tuoi capelli o su una maglietta di cotone.

3 Posiziona il palloncino con la zona caricata vicino alla traiettoria di caduta delle gocce. Vedrai che le gocce d'acqua vengono deviate dalla traiettoria originale, anche se il palloncino non entra direttamente in contatto con l'acqua.

SPIEGALO

Le gocce d'acqua si caricano elettricamente (per induzione) quando passano vicino alla zona caricata del palloncino. Pertanto, le gocce sono attratte dal palloncino,

facendo sì che la loro traiettoria di caduta venga deviata. Le gocce cadono per la gravità. Se invece di mettere un palloncino lateralmente alla loro traiettoria di caduta metti sopra le gocce un materiale che possiede una carica molto grande, potrai ridurre la velocità con cui cadono le gocce. Se la carica fosse davvero molto grande, invece di cadere, le gocce inizierebbero ad ascendere.

SPIEGAZIONE DELL'ESPERIMENTO DI MILLIKAN
La carica di un elettrone!

Nota: Questo esperimento si può fare soltanto in un laboratorio di fisica sperimentale.

La carica elettrica più piccola che esiste in natura è quella di un elettrone. Nel seguente esperimento, ti spieghiamo come Robert Millikan ha ottenuto il valore di questa unità fondamentale.

MATERIALI

- Dell'olio
- Uno spruzzino
- Un microscopio
- Due piastre metalliche
- Un generatore elettrico da molte migliaia di volt
- Un contenitore chiuso

PROCEDIMENTO

1 Millikan fece tre buchi nelle pareti del contenitore : uno per l'illuminazine, uno per il microscopio e l'altro per lo spruzzino.

2 Poi, mise le piastre metalliche orizzontalmente nel contenitore;

fece un buco a quella superiore, affinché cadessero le gocce di olio provenienti dallo spruzzino.

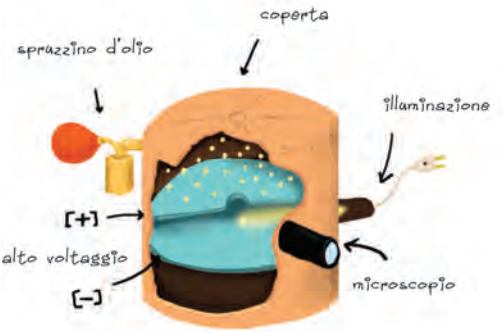
3 Successivamente, caricò le piastre a migliaia di volt.

4 Con lo spruzzino, spruzzò delle gocce d'olio nel contenitore, e attraverso il microscopio le vide cadere.

5 Infine, regolò il voltaggio elettrico per fare in modo che le gocce d'olio cominciassero a rimanere sospese tra le due piastre.

HA OSSERVATO

Grazie al microscopio, Millikan poté vedere le gocce d'olio cadere tra le due piastre. Controllando il voltaggio (e di conseguenza il campo elettrico), riuscì a fare rimanere una goccia in equilibrio tra le due piastre.



COME HA FATTO MILLIKAN A CALCOLARE LA CARICA DELL'ELETTRONE

Inizialmente, le gocce cadevano per gravità. All'uscire dallo spruzzino, le gocce si sono caricate elettricamente per l'attrito che si è generato tra di loro. Più piccole erano le gocce, più attrito si è generato, permettendo un un funzionamiento migliore dell'esperimento.

La caduta delle gocce è stata rallentata sia dalla viscosità dell'aria dentro al contenitore, sia dall'intensità della forza elettrica che generavano le piastre metalliche.

La carica di un elettrone è stata calcolata equilibrando le forze che agiscono sulla goccia d'olio, e cioè: la forza di gravità (diretta verso il basso), a la forza di frizione e la forza elettrica (dirette entrambe verso l'alto).

La forza elettrica (F_e) è determinata dalla carica elettrica (q) della goccia d'olio e il campo elettrico (E) tra le piastre. L'equazione che ha usato Millikan è: $F_e=qE$. Ciò che egli cercava era proprio q, cioè la carica elettrica. Il campo elettrico si ottiene conoscendo il voltaggio e la distanza tra le piastre.

Quello che Robert Millikan scoprì fu che tutte le cariche elettriche calcolate erano multipli di un solo valore molto piccolo. Ha cercato il numero più piccolo da cui tutti i valori ottenuti di q erano multipli. Questo valore è la carica elettrica di un elettrone.

Il valore della carica elettrica che Millikan ha ottenuto è molto simile a quello che oggi conosciamo, che è di $1.602176487 \times 10^{-19}$ coulomb; si può scrivere anche come:

0.00000000000000000001602 C.

Se vuoi saperne di più, ti invitiamo a visitare il sito

https://tellus.geociencias.unam.mx/wp-content/uploads/2020/01/brujula_completo_impreso.pdf.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori vogliono ringraziare i Dottori Achim M. Loske Mehling, Angel F. Figueroa Soto y Ángel Fco. Nieto Samaniego, che hanno controllato la parte tecnica del lavoro. Ringraziamo anche Jorge Escalante González, Paola A. Botero Santa, Alexis del Pilar Martínez, Patricia Alaniz, Fabricio Sánchez "Faboc", Leonel Fernández, Hector Martínez y Juan Pablo Martínez, che hanno verificato che gli esperimenti si potessero realizzare seguendo le spiegazioni del testo. La correzione stilistica è stata fatta da Odette Alonso. Questo libro fa parte del progetto PE102513 (UNAM).

SUGLI AUTORI

Francisco Fernández Escobar

Fisico laureato alla Facultad de Ciencias della UNAM, con un Master in Scienze presso la stessa istutuzione. Come fisico sperimentale, ha lavorato alla UNAM dal 1976. Si dedica alla tecnologia scientifica e alla docenza. Ha lavorato presso la Facultad de Ciencias (1976-1986) e l'Instituto de Fisica (1986-2001), in Cd. Universitaria CMDX, con attività primordiali nella strumentazione elettronica. Negli ultimi 14 anni si è dedicato alla sperimentazione con onde d'urto nel Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada dell'UNAM campus Juriquilla Qro., dove è anche professore di studi post-laurea in Ingegneria de Materiales.

Susana A. Alaniz Álvarez

È laureata in Ingenieria geológica ed ha ottenuto il suo dottorato in Ciencias de la Tierra presso l'Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). É ricercatrice tipo "C" presso il Centro de Geociencias ed è insegnante post-laurea e laurea in Ciencias de la Tierra al campus Juriquilla dell'UNAM. È autrice di 87 pubblicazioni scientifiche. Appartiene all'Academia Mexicana de Ciencias, è livello III del Sistema Nacional de Investigadores ed è Académica de número de la Academia de Ingeniería.

A PROPOSITO DEI TRADUTTORI

Ana Diana Esparza Herrera

È laureata in Lingua e Letteratura Italiana, Lettere italiane, presso la Facoltà di Filosofia e Lettere dell'UNAM con specializzazione in traduzione. Nel 2005 ha frequentato il corso di Lingua Italiana e Cultura Ligure presso l'Univesità di Genova, sede estiva. Attualmente lavora come insegnante di italiano presso la Scuola Nazionale Preparatoria dell'UNAM.

Eomir Roel Antonio Solis

È professore di lingua italiana dal 2011 presso varie istituzioni, tra cui il CELEX del Politecnico Nazionale e l'UNAM. Nel 2008 ha frequentato il corso di Lingua e Cultura Italiana presso l'Università del Salento, Lecce, Italia. Attualmente lavora come docente della materia "A" della lingua italiana presso la Scuola Nazionale Preparatoria dal 2015.

Michelangelo Martini

Si è laureato in geologia presso il Dipartamento di Scienze della Terra dell´Università di Pisa nel 2004. Ha fatto il dottorato presso il Centro di Geoscienze dell'UNAM e, attualmente, svolge attività di ricerca presso l´Istituto di Geologia dell'UNAM. La sua area di ricerca è l´evoluzione dei bacini sedimentari del Mesozoico associati alla rottura della Pangea.

La serie “Esperimenti semplici per capire una Terra complessa” è basata sull’elenco degli esperimenti più belli della storia, pubblicata dalla rivista Physics World a settembre del 2002. Sono stati scelti per la loro semplicità, eleganza e per la transformazione che hanno provocato nel pensiero scientifico della loro epoca. Ogni fascicolo di questa serie è dedicato a uno di questi esperimenti. Il nostro proposito è che tu riesca a capire, attraverso la sperimentazione, fenomeni che avvengono tanto nella nostra vita quotidiana quanto nel nostro pianeta. Questo fascicolo è dedicato all’esperimento delle gocce d'olio di Millikan.

Libri di questa serie:

1. La pressione atmosferica e la caduta dei corpi.
2. La luce e i colori.
3. Eureka! I continenti e gli oceani galleggiano.
4. Il clima appeso a un filo.
5. La Terra e le sue onde.
6. Misurare la Terra
7. L’età della Terra
8. **Alla Carica!**

La serie completa la puoi scaricare dal sito web:
https://tellus.geociencias.unam.mx/index.php/lenguas-ciencia/

https://sites.google.com/site/recursos4miradas/8