

laboratori didattici al musil - museo dell'**energia idroelettrica** di cedegolo

APPUNTI RELATIVI ALLE ESPERIENZE SVOLTE PRESSO I LABORATORI DIDATTICI DEL MUSEO DELL'ENERGIA IDROELETTRICA DI CEDEGOLO

di Paolo Fiorini

INDICE

Introduzione	Pag. 03
Calamite	Pag. 05
Palloncini	Pag. 09
Pile	Pag. 15
Circuiti	Pag. 21
Macchine elettriche	Pag. 27
Bibliografia	Pag. 33

In questa dispensa ho raccolto le schede relative alle esperienze
che abbiamo realizzato al museo di Cedegolo.

Per chiarimenti sulla dispensa scrivetemi all'indirizzo:

paolo.fiorini2@tin.it

I laboratori didattici sono stati realizzati nell'ambito del
PROGETTO INTEGRATO D'AREA - LUNGO I CRINALI.
Percorsi tra natura e cultura per lo sviluppo integrato della Valle Camonica.



musil - museo dell'**energia idroelettrica** di cedegolo

Via Roma 48 - 25051 Cedegolo - Brescia, Italia - Tel. +39 030 3750663 - Fax +39 030 2404554

www.musilcedegolo.it - fondazione@musil.bs.it

Per informazioni e prenotazioni: Cooperativa Inexodus - Tel. 0364 62 21 79 - segreteria@inexodus.it

Introduzione

Questa attività di laboratorio intende proporre al visitatore un percorso che, attraverso alcune esperienze nel campo dell'elettricità e del magnetismo, permetta di comprendere alcuni aspetti legati alle forze e all'energia, che sono alla base del funzionamento di una centrale idroelettrica.

Tale itinerario si articola in cinque tappe:

- 1) calamite e studio della forza magnetica
- 2) palloncini e studio della forza elettrica
- 3) pile e produzione di corrente elettrica continua
- 4) circuiti e accensione di lampadine
- 5) macchine elettriche e produzione di corrente alternata.

Nelle seguenti schede si trovano indicati lo scopo dell'esperienza, i materiali da preparare, il procedimento da seguire e le conclusioni che si possono trarre, oltre ad un breve inquadramento storico, nella convinzione che sia rilevante per una comprensione del progresso scientifico.

Questa proposta didattica è stata pensata secondo un approccio di concreta sperimentazione, cercando di stimolare nel visitatore una visione razionale dei fenomeni naturali.

Calamite

Scopo

Sperimentare le proprietà delle calamite e delle forze magnetiche. Costruire una bussola galleggiante.

Materiali

Calamite, bussolotto di acciaio, vite di ferro, tappo in ghisa, pomello in nichel, lamina di zinco, anello di rame, tappo sintetico, giunto in materiale plastico, elastico, rondelle zincate, monetine da cinque e dieci centesimi, barattolo di limatura di ferro, ripiano di plastica. Bacinella d'acqua, forbici, tappi di sughero tagliati, nastro adesivo, chiodini d'acciaio magnetizzati con il polo nord sulla punta.



Materiale da preparare

Procedimento

1) Avvicinare la calamita agli oggetti disponibili e stabilire quali sono i corpi che vengono attirati. Provare con le monetine e le rondelle, formulare ipotesi sulla loro composizione.

Le calamite sono magneti permanenti e possiedono la proprietà di attirare certi corpi metallici tramite una forza detta magnetica in quanto dovuta al magnete. Abbiamo riconosciuto che attirano quelli in acciaio, ghisa, ferro e nichel. Questi materiali sono chiamati ferromagnetici.

Teniamo presente che gli oggetti di uso comune non sono mai puri ma si trovano in lega, in particolare gli acciai sono leghe ferro-carbonio in cui quest'ultimo non supera il 2,1%, oltre tale valore si parla di ghise. Oggetti in lega composti prevalentemente da rame o da zinco non sono attirati dalla calamita, perciò non sono materiali

ferromagnetici; analogamente sono inerti anche i materiali non metallici.

Le rondelle zincate e le monetine da cinque centesimi, esternamente in rame, vengono attratte dalla calamita, perciò dobbiamo ipotizzare che al loro interno siano costituite da materiale ferromagnetico; internamente le rondelle sono di ferro, le monetine da cinque centesimi di acciaio. Le monetine da dieci centesimi sono composte di una lega di rame, alluminio e zinco, detta oro nordico, che come immaginabile non è attratta dalla calamita.

2) Avvicinare la calamita al barattolo contenente la limatura, stabilire se la forza magnetica esercita la sua azione attraversando le pareti.

Una delle caratteristiche più importanti di una forza è se sia di contatto oppure se agisca a distanza. Abbiamo potuto osservare che la forza magnetica si esercita a distanza, è possibile, infatti, trascinare la limatura con la calamita senza contatto diretto.

3) Spargere la limatura sul ripiano di plastica distribuendola in modo uniforme e avvicinare la calamita da sotto evitando di metterla in contatto diretto con la limatura. Analizzare il modo in cui si dispone.



Visualizzazione del campo magnetico

Avvicinando la calamita alla limatura, questa si orienta allineandosi verso due aree della calamita dette polo nord e polo sud. Si può ipotizzare che la forza magnetica si origini da tali zone. La regione di spazio dove è attiva la calamita, evidenziata dall'orientamento della limatura, viene detta campo magnetico.

4) Avvicinare tra loro due magneti con i poli colorati, stabilire quale interazione avviene sapendo che, in genere, il nord è rosso mentre per il sud si usano bianco, verde o blu.

L'interazione sperimentata mostra che poli dello stesso tipo si respingono e poli opposti si attraggono.

5) Prendere un chiodino d'acciaio già magnetizzato. Appoggiarlo sul centro di un tappo di sughero tagliato in modo che galleggi facilmente, fissarlo con il nastro adesivo e metterlo in una bacinella d'acqua. Capire l'utilità di quanto è stato costruito.

Posizionando un oggetto ferromagnetico vicino ad una calamita diventa magnetico anch'esso, si parla di magnetizzazione. Questa può essere temporanea o permanente se la proprietà magnetica viene mantenuta stabilmente anche dopo l'allontanamento dalla calamita. La maggior parte degli acciai si magnetizza in modo permanente quindi possono essere sfruttati per costruire dispositivi, detti bussole, che indicano la direzione e il verso del campo magnetico terrestre e la posizione del nord geografico.

In laboratorio, nei pressi di una calamita, abbiamo tenuto per molto tempo dei chiodini di acciaio in modo da magnetizzarli con il polo nord sulla punta. Nell'esperienza appena realizzata li abbiamo sfruttati per costruire una bussola galleggiante.

A priori abbiamo immaginato che, una volta riposta sull'acqua e libera di ruotare, risenta del campo magnetico terrestre e si orienti verso il polo nord geografico, che è un sud magnetico e quindi attira il nord della bussola.

All'atto pratico la bussola si allinea al campo magnetico presente in quel momento nel laboratorio e abbiamo verificato che non sempre è diretto verso nord a causa di alcuni disturbi magnetici, in parte dovuti alla presenza delle nostre calamite che vanno allontanate il più possibile.

6) Prendere una calamita e perturbare la bussola galleggiante osservandone gli effetti. Appoggiare sull'acqua una seconda bussola, stabilire se interagisce con la prima. Perturbare entrambe le bussole con la calamita.

Le bussole galleggianti seguono il movimento della calamita, che può essere sfruttata per governarle. Se messe una dietro l'altra si attaccano con facilità perché i loro poli opposti si attraggono.



Bussole galleggianti

Conclusioni

Quando una calamita esercita la sua azione sulla limatura di ferro affermiamo di essere in presenza di una forza magnetica. Questa forza agisce non solo sul ferro ma su una classe di materiali detti ferromagnetici. Abbiamo visto che la forza magnetica è caratterizzata da un'azione a distanza e che si origina da due zone della calamita dette poli magnetici.

Sussiste la seguente regola di interazione: poli dello stesso tipo si respingono, poli opposti si attraggono. E' possibile sfruttare le forze magnetiche per costruire dispositivi di orientamento detti bussole.

Notizie storiche

Ci sono notizie vaghe sulla conoscenza dei fenomeni magnetici nell'antichità. Pare che Talete di Mileto (filosofo greco vissuto nel VI sec. a.C.) conoscesse un minerale ferroso, chiamato pietra di Magnesia dal nome di una città dell'Asia Minore, che attira il ferro ed è soggetto a effetti di attrazione e repulsione con altri campioni dello stesso minerale [ReA]. Si pensa che i Greci conoscessero tali fenomeni anche prima del VI sec. a.C.

Per un certo periodo gli storici hanno ritenuto che la scoperta dei fenomeni magnetici fosse da attribuire ai Cinesi. Qualche fonte parla del 1000 a.C., ma il primo documento autentico che accenna alle proprietà dei magneti, usati per arti divinatorie, è del 114 d.C. e si tratta di un cucchiaino di magnetite fatto ruotare per vedere dove si ferma. Un successivo documento cinese del 1100 d.C. accenna all'uso dell'ago magnetico nel campo della navigazione da parte di marinai stranieri [GI05].

In Occidente l'introduzione dell'uso di aghi magnetici nella navigazione risale al 1180 d.C. ed è citata in un'opera di Alexander Neckam (un abate inglese vissuto attorno al 1200 d.C.).

La tecnica della bussola galleggiante è descritta da uno scienziato arabo, Baylek al-Qabajaqi, che nel 1242 la vide applicata dal comandante della nave.

Il dispositivo venne progressivamente migliorato fino all'invenzione della bussola a rosa mobile, attribuita agli amalfitani da Francesco da Buti in un commento alla Divina Commedia nel 1380 d.C. [GI05].

Ad Amalfi esiste un monumento dedicato al presunto inventore della bussola a rosa mobile, tale Flavio Gioia, anche se in realtà è stato scambiato con Flavio Biondo, colui che ha riportato in un documento la notizia della scoperta. [ReA]

Palloncini

Scopo

Comprendere le caratteristiche dell'elettrizzazione per strofinio e delle forze elettriche. Costruire un elettroscopio.

Materiali

Pompetta, palloncini (eventualmente già gonfiati), forbici, barattolo contenente pezzetti di carta, panno di lana.

Tappo grosso di sughero, stuzzicadenti, foglio di carta o alluminio opportunamente ripiegato.

Accesso ad un rubinetto o borraccia d'acqua.



Materiale da preparare

Procedimento

1) Distribuire sul tavolo dei pezzetti di carta, prendere un palloncino gonfiato, strofinarlo con il panno di lana e avvicinarlo ai pezzetti di carta. Analizzare quanto accaduto.

Una volta strofinato, il palloncino acquisisce la proprietà di attirare i pezzetti di carta, diciamo che possiede una carica elettrica. Il fenomeno è denominato elettrizzazione per strofinio, non è semplice da mettere in evidenza ma con materiali sintetici come i palloncini diventa visibile.

I palloncini hanno strappato al panno degli elettroni e, per convenzione, si sono caricati negativamente.

Possiamo osservare che la forza elettrica agisce a distanza, non ha bisogno di un contatto diretto.

2) Prendere due palloncini, strofinarli entrambi sul panno di lana e avvicinarli, stabilire quale interazione avviene.

L'interazione tra i palloncini strofinati sul panno di lana indica che cariche dello stesso tipo si respingono.

3) Strofinare energicamente tra loro due palloncini e interpretare il risultato.

Quando vengono strofinati tra loro si crea uno sbilanciamento tra gli elettroni che possiedono, perciò i palloncini saranno carichi elettricamente. L'interazione che avviene però non è repulsiva, devono essere carichi in modo diverso tra loro e quindi esiste un secondo tipo di carica detta positiva.

Un palloncino, a causa dello strofinamento, avrà un eccesso di elettroni e sarà carico negativamente, l'altro sarà caratterizzato da una perdita di elettroni e sarà carico positivamente: cariche di segno opposto si attraggono.

4) Avvicinare un palloncino strofinato ad una parete oppure al vostro corpo o vicino ai capelli. Che cosa succede?

Osserviamo sperimentalmente che un corpo elettrizzato subisce un'attrazione da parte di oggetti neutri, come la parete della stanza o il nostro corpo. Questo avviene perché si tratta di corpi nei quali le cariche elettriche hanno grande libertà di movimento, detti conduttori.

All'interno di un corpo neutro di questo tipo, posto nelle vicinanze di un corpo elettrizzato, le cariche si ridistribuiscono in modo da formare una carica di segno opposto affacciata al corpo carico; un'altra dello stesso segno si forma a distanza perché il corpo rimane globalmente neutro. Avvicinando il palloncino siamo riusciti a realizzare una situazione in cui una distribuzione negativa è vicina ad una distribuzione positiva, la forza che si è determinata è di tipo attrattivo, a conferma che cariche di segno opposto si attraggono.

Avremmo potuto realizzare un'attrazione avvicinando il palloncino elettrizzato a un'asta di vetro strofinata. Quest'ultima si carica, infatti, positivamente (perde i propri elettroni), perciò si verifica un'attrazione se avvicinata al palloncino. All'atto pratico, abbiamo però riscontrato come sia abbastanza difficile elettrizzare le aste di vetro a nostra disposizione, spesso l'effetto è stato minimo, mentre l'interazione tra due palloncini strofinati tra loro o del palloncino carico con un conduttore è stata rilevante e più facile da realizzare.

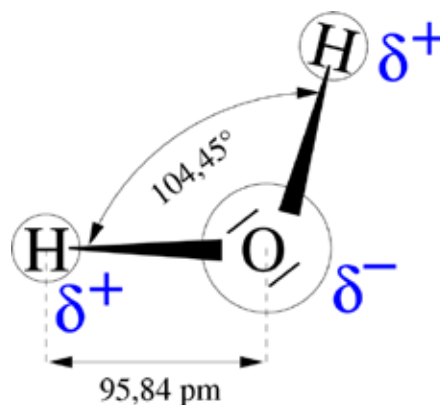
5) Prendere uno stuzzicadenti e fissarlo sul tappo di sughero. Piegare un foglio di carta o alluminio in modo che possa ruotare liberamente sullo stuzzicadenti. Ora avvicinare al dispositivo un corpo elettrizzato: capire cosa accade e l'utilità del dispositivo costruito.



È possibile costruire dispositivi, detti elettroscopi, che mettano in evidenza la presenza di corpi carichi elettricamente. Quello da noi costruito è un elettroscopio rudimentale chiamato versorio, che si mette in rotazione quando si avvicina un corpo elettrizzato.

6) Rechiamoci in un luogo dove è presente un rubinetto e apriamolo in modo che ci sia un flusso d'acqua sottile oppure proviamo con una borraccia d'acqua. Avviciniamo un oggetto elettrizzato e osserviamone gli effetti.

Il flusso d'acqua è deviato a causa del fatto che le molecole d'acqua sono di tipo polare, manifestano una separazione permanente tra una parte positiva sui due atomi di idrogeno e una negativa sull'ossigeno. Ciò fa in modo che risentano dell'azione di un corpo carico posto nelle vicinanze, con una parte attratta e l'altra respinta. La parte attratta finisce sempre per essere più vicina e quindi prevalente. L'effetto globale è di attrazione tra l'acqua e il corpo elettrizzato indipendentemente dal segno della sua carica.



Struttura polare della molecola d'acqua (Wikipedia)

Conclusioni

Mediante strofinamento, è possibile far acquisire ai corpi la proprietà di attirare corpuscoli leggeri come pezzetti di carta. Diciamo che questi corpi sono stati caricati ed esercitano una forza elettrica. Questa forza agisce a distanza senza bisogno di contatto diretto.

Le cariche elettriche sono di due tipi, positive e negative, cariche dello stesso tipo si respingono, di tipo opposto si attraggono.

È possibile costruire dispositivi, detti elettroscopi, che evidenzino la presenza di corpi carichi. L'acqua è una sostanza che risente delle forze elettriche, perciò le sue molecole sono di tipo polare.

Notizie storiche

I fenomeni elettrici sono noti fin dall'antichità e si attribuisce a Talete di Mileto (filosofo greco vissuto nel VI sec. a.C.) la scoperta che l'ambra, una resina fossile, attira corpi molto leggeri quando viene strofinata. Tale conoscenza rimase pressoché immutata fino al Rinascimento (XIV sec.-XVI sec.) [ReB].

L'ideatore del primo strumento capace di porre in rilievo la presenza di un corpo elettrizzato è l'italiano Girolamo Fracastoro (Verona 1483-1553, professore e medico personale del papa), inventore di uno strumento, detto versorio non magnetico, formato da un sottile aghetto in argento, sospeso su una punta quale sostegno e che ruota se si avvicina una bacchetta elettrizzata. Nel 1550 Fracastoro nota come sia l'ambra che altre pietre strofinate abbiano la proprietà di attirare l'aghetto. Il versorio è importante in quanto la capacità di poter attirare leggere pagliuzze da parte di oggetti strofinati è molto debole ed è difficile da osservare. Con il versorio, che è un primo elettroscopio, risulta più semplice mostrare tali effetti di attrazione [GI05].

Tramite il versorio l'inglese William Gilbert (Colchester 1540-1603, medico del re e fisico) scoprì come esistessero molti corpi (pietre preziose, salgemma, vetro, zolfo, varie resine) che, strofinati, attiravano pagliuzze, mentre gli sembrarono inerti i metalli e i legni. Fece l'importante osservazione che i corpi umidi non si elettrizzano. Chiamò forza elettrica la peculiarità di esercitare attrazione (elettricità deriva dal nome greco di ambra) e la attribuì a un fluido materiale emanato dai corpi strofinati. Oggi si sa che è dovuto alla presenza di cariche elettriche. [GI05]

La prima evidenza di repulsione è dovuta a Niccolò Cabeo (italiano, Ferrara 1586-1650, filosofo gesuita), il quale scoprì come l'ambra strofinata non solo attirasse corpuscoli minuscoli, ma anche pezzetti di segatura; notò che in maniera straordinaria i pezzetti, dopo l'attrazione, subivano una repulsione quando toccavano l'ambra, dovuta al fatto che si elettrizzano per contatto con carica dello stesso segno [GI05].

Il famoso elettroscopio a foglie d'oro è stato costruito da Abraham Bennet (inglese 1749-1799, fisico, inventore) il quale ideò uno strumento formato da un'asta verticale di ottone, con all'estremità inferiore due sottilissime foglie d'oro e in quella superiore una sfera. Una campana di vetro racchiude il dispositivo, isolando le foglie dalle correnti d'aria che potrebbero alterarne il movimento. Quando il conduttore è scarico le foglie sono allineate in verticale per la forza di gravità, quando è caricato, tramite la sfera, la carica si diffonde e le foglie si respingono poiché si caricano dello stesso segno e lo fanno in modo proporzionale alla carica. In posizione contrapposta sulla campana, due strisce di stagno scaricano a terra l'eccesso di carica [MuG].



Elettroscopio a foglie d'oro (Museo Galileo)

Pile

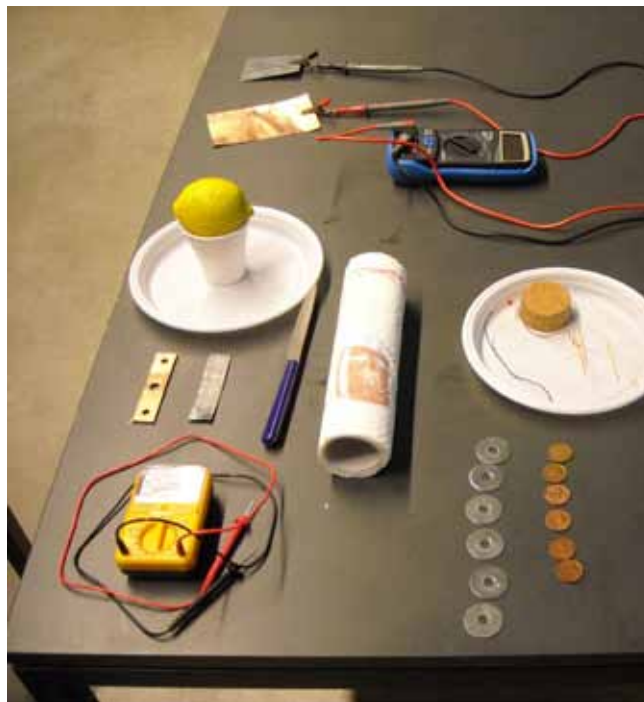
Scopo

Costruire una pila elettrica e produrre corrente elettrica continua.

Materiali

Limone, bicchiere, coltello, lamine di rame e zinco, morsetti di coccodrillo, multimetro analogico, prodotto smacchiametalli, piatti di plastica.

Led rosso collegato a due cavetti colorati, il rosso sul contatto più lungo e il nero su quello più corto, sei monetine placcate rame e sei rondelle zincate, carta assorbente doppio velo, tappo di sughero e quattro stuzzicadenti già fissati su di esso in modo da poter tenere impilate delle monetine. Lamine grandi in rame e zinco, multimetro digitale.



Materiale da preparare

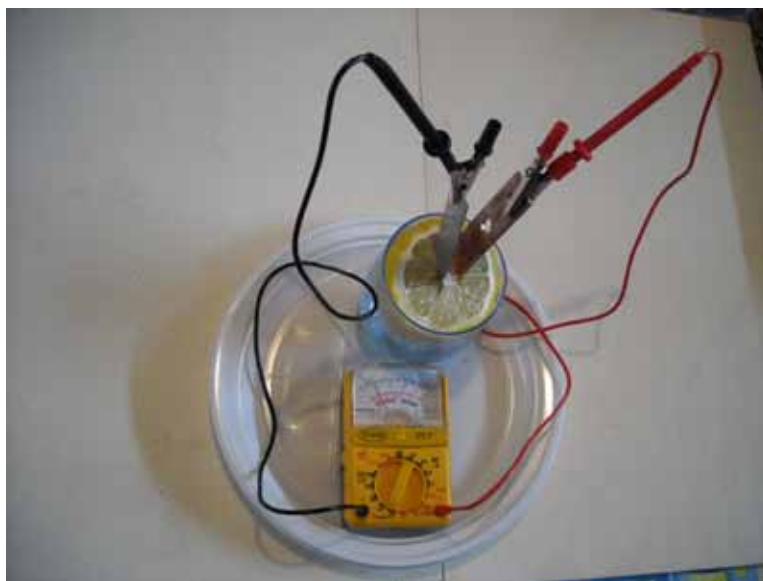
Procedimento

1) Sopra un piatto di plastica chiacciare leggermente un limone, inciderlo, appoggiarlo sul bicchiere per avere un buon sostegno, inserire le lamine per circa un centimetro. Montare i morsetti sulle lamine, il rosso va sulla lamina di rame, il nero su quella di zinco. Dopo avere spiegato che la lancetta di un multimetro analogico evidenzia la presenza di un dislivello in grado di muovere cariche elettriche e quindi produrre corrente, compiere una misura della differenza di potenziale generata dalla pila. Ricordarsi di impostare il

fondoscala a 2,5 volt e di infilare gli elettrodi colorati all'interno dei morsetti rispettando la corrispondenza tra i colori.

Una pila è caratterizzata dalla presenza di due metalli collegati da una soluzione detta elettrolitica, il succo di limone va bene. I due metalli attirano in modo differente le cariche elettriche della soluzione e acquistano una proprietà detta potenziale elettrico, più alto sul rame, detto polo positivo, e più basso sullo zinco, detto polo negativo.

Quando la pila è inserita in un circuito chiuso la differenza di potenziale fa muovere le cariche, si forma una corrente elettrica che dura fino a quando la pila avrà esaurito la sua energia elettrochimica. Se viene misurata dal multimetro risulta essere pari a circa 0,8 volt. Con una patata si può ottenere un valore leggermente più alto. Ci si potrebbe domandare se questa pila possa accendere una lampadina o un piccolo led, ciò non è possibile. Per attivare un led la differenza di potenziale necessaria è circa 1,8 volt con una corrente di qualche milliampere, potremmo riuscirci mettendo almeno tre pile al limone in serie. Al fine di accendere una lampadina ad incandescenza, è invece necessaria una notevole produzione di corrente elettrica (l'ordine di grandezza è l'ampere) che non è realizzabile con una pila al limone, ne servirebbero alcune centinaia in serie.



Pila al limone

2) Utilizzando un nastro adesivo fissare sul tappo di sughero il contatto rosso del led in modo che l'estremità sia spelata e al centro. Appoggiarci sopra la monetina placcata rame in modo che siano a contatto diretto. Spremere il limone sulla carta assorbente, prenderne una porzione umida e appoggiarla sulla monetina, quindi metterci sopra una rondella zincata. Ripetere formando sei strati, i quattro stuzzicadenti fissati al tappo di sughero dovrebbero dare stabilità alla struttura. Spegner la luce e collegare infine il secondo contatto del led all'ultima rondella. Che cosa succede?



Batteria voltaica

Una volta messo in contatto con la struttura costruita, il led rosso si accende mostrando l'effetto del passaggio di corrente elettrica continua. L'idea alla base della pila di Volta (detta anche batteria voltaica) consiste nel mettere in serie una sequenza di celle rame-soluzione-zinco in modo da sommare le singole differenze di potenziali, se si sono utilizzate monetine placcate rame e rondelle zincate, sarà circa 0,6 volt per cella. Usandone almeno quattro si accende un led rosso, con sei si ottiene una buona luminosità.

Al termine delle esperienze è opportuno pulire i metalli dal succo di limone con un prodotto specifico.

3) Prendiamo due lamine di metalli differenti e mettiamole sul banco, appoggiamoci sopra le mani. Un compagno prenda il multimetro digitale impostandolo con fondoscala a 1 volt e compia una misura della differenza di potenziale, come interpretiamo i risultati?



Lamine

Il multimetro segnalerà la presenza di una differenza di potenziale di circa 0,8 volt, abbiamo formato noi stessi una pila elettrica, una sostanza acida come il succo di limone non è strettamente necessaria, l'importante è la presenza di una sostanza caratterizzata da ioni. D'altra parte la corrente che possiamo produrre è irrilevante, non abbiamo formato una pila molto efficace.

E' possibile fare dei test con i ragazzi per capire se cambia diminuendo il contatto delle mani con i due metalli, se funziona anche usando metalli dello stesso tipo, come si modifica sostituendo la persona con una più anziana o di diverso genere.

Conclusioni

Seguendo lo schema rame-elettrolita-zinco è stato possibile costruire un dispositivo, detto pila elettrica, che, se inserita in un circuito chiuso, è in grado di mettere in movimento delle cariche elettriche grazie ad una proprietà detta differenza di potenziale.

Il valore di tale grandezza elettrica può essere incrementato mettendo in serie una sequenza di pile, il dispositivo ottenuto è in grado di accendere piccole spie luminose dette led.

Il fenomeno può essere visto come un processo di trasformazione dell'energia elettrochimica interna della pila in energia elettrica, che in seguito viene sfruttata da opportuni utilizzatori.

Notizie storiche

L'ideatore della pila elettrica è Alessandro Volta, (fisico e inventore, Como 1745-1827). I contributi di Volta sono numerosi e spaziano dall'elettricità alla chimica dei gas.

Uno dei temi che lo appassionò maggiormente fu la teoria di Galvani sull'elettricità animale. Si sapeva che uno stimolo elettrico è in grado di contrarre un muscolo. Galvani studiò in maniera approfondita questi fenomeni e si convinse dell'esistenza di un'intrinseca elettricità animale (un fluido galvanico) nei muscoli, la quale permettesse il fenomeno.

Volta non ne era convinto, ripeté le prove sperimentali e sostenne che il fluido galvanico era in realtà l'ordinario fluido elettrico. Nell'ambito di questi studi sull'elettricità animale, lo colpì il particolare che una coppia di metalli differenti avesse un ruolo nella produzione della corrente che portava alle contrazioni muscolari indotte negli animali; arrivò alla conclusione che i metalli possedessero una particolare proprietà elettromotrice.

Il complesso dibattito e i relativi studi lo porteranno dapprima a scoprire l'effetto Volta (il contatto tra due metalli diversi alla stessa temperatura fa sì che si stabilisca una differenza di potenziale caratteristica della natura dei metalli e indipendente dall'estensione del contatto), in seguito a concepire la costruzione della pila elettrica [Fr99].

Solo in epoca moderna si scoprirà poi come nell'elettricità animale siano coinvolti complessi meccanismi delle cellule e quindi essa non possa essere spiegata solo in base alla conduzione elettrica di un elettrolita [GI05].

Nella famosa lettera scritta a Joseph Banks (presidente della Royal Society), il 20 marzo 1800 Volta descrisse la pila elettrica con le seguenti parole.

“Dopo un lungo silenzio, di cui non cercherò di scusarmi, ho il piacere di comunicarvi, Signore, e, per vostro mezzo, alla Società Reale, alcuni risultati sorprendenti ai quali sono arrivato” proseguendo scrive: “Sì, l'apparecchio di cui vi parlo, e che vi meraviglierà senza dubbio, non è che l'accozzamento di un numero di buoni conduttori di differente specie, disposti in un certo modo, 30, 40, 60 pezzi, o più, di rame, o meglio d'argento, applicati ciascuno ad un pezzo di stagno, o, il che è molto meglio, di zinco, e un numero uguale di strati d'acqua, o di qualche altro umore che sia miglior conduttore dell'acqua semplice, come l'acqua salata, la lisciva, ecc., o dei pezzi di cartone, di pelle ecc., bene imbevuti di questi umori: questi strati interposti a ogni coppia o combinazione dei due metalli differenti, una tale successione alternata, e sempre nel medesimo ordine, di queste tre specie di conduttori, ecco tutto ciò che costituisce il mio nuovo strumento; che imita, come ho detto, gli effetti delle bottiglie di Leida, o delle batterie elettriche, procurando le medesime commozioni di queste; esso in verità, rimane molto al di sotto delle attività delle dette batterie caricate ad un alto livello, quanto alla forza e rumore delle esplosioni, alla scintilla, alla distanza alla quale può effettuarsi la scarica, ecc., eguagliando solamente gli effetti di una batteria caricata a un grado assai debole, una batteria che tuttavia ha una capacità immensa; ma d'altronde sorpassa infinitamente la virtù e il potere di queste medesime batterie, nel fatto che non ha bisogno, come queste, di essere caricato prima, per mezzo di una elettricità estranea, e nel fatto che è capace di dare la commozione tutte le volte che lo si tocchi convenientemente, qualunque sia la frequenza di questi tocamenti.

Quest'apparecchio, simile nella sostanza, come farò vedere, e proprio come l'ho costruito, pure nella forma, all'organo elettrico naturale della torpedine, dell'anguilla tremante, ecc. assai più che alla bottiglia di Leida e alle batterie elettriche conosciute, questo apparecchio, dico, vorrei chiamarlo Organo elettrico artificiale” [PaV]

Con l'invenzione della pila si aprono tre grandi campi di ricerca: studio degli effetti chimici della pila, compresa l'elettrolisi dell'acqua, studi sull'elettricità più approfonditi perché ora si disponeva di un generatore di corrente continua, studio degli sviluppi tecnologici delle pile e della corrente elettrica, partendo dalla costruzione di pile più potenti [GI05].

Circuiti

Scopo

Montare un circuito elettrico in corrente continua in grado di accendere una o più lampadine.

Materiali

Pannello di legno, pila da 4,5 volt, cavi unipolari sottili di circa 10 cm con le estremità libere, forbici, puntine sia tradizionali sia completamente metalliche, lampadine a sfera E10 intorno ai 4 volt e relativi portalampada, graffette di metallo, elastico, nastro adesivo, un multimetro. Foglio da disegno e matita.



Materiale da preparare

Procedimento

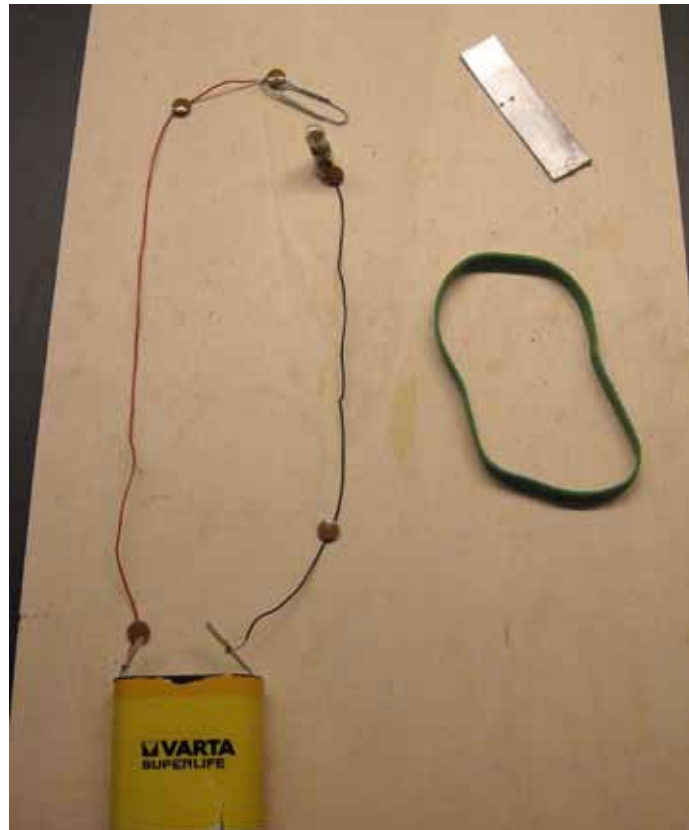
1) Preparazione del circuito col minimo di collegamenti: fissare la batteria al pannello con il nastro adesivo, connettere il polo positivo della batteria ad un cavo e quest'ultimo ad una graffetta.

Al polo negativo collegare un altro cavetto e poi questo ad un portalampada munito di lampadina, messo abbastanza vicino alla graffetta in modo da poter unirli.

Le varie giunzioni possono essere bloccate da alcune puntine al fine di rendere tutto più stabile e ordinato. Spostare la graffetta e metterla in contatto con il bordo del portalampada, in maniera da chiudere il circuito. Descrivere cosa succede quando il collegamento è chiuso e quando risulta invece aperto.

Il circuito può essere montato in modo più articolato e istruttivo, questa configurazione serve per renderlo funzionante in breve tempo collegando meno cavi possibile.

Si possono effettuare misure di corrente e di tensione con un multimetro.



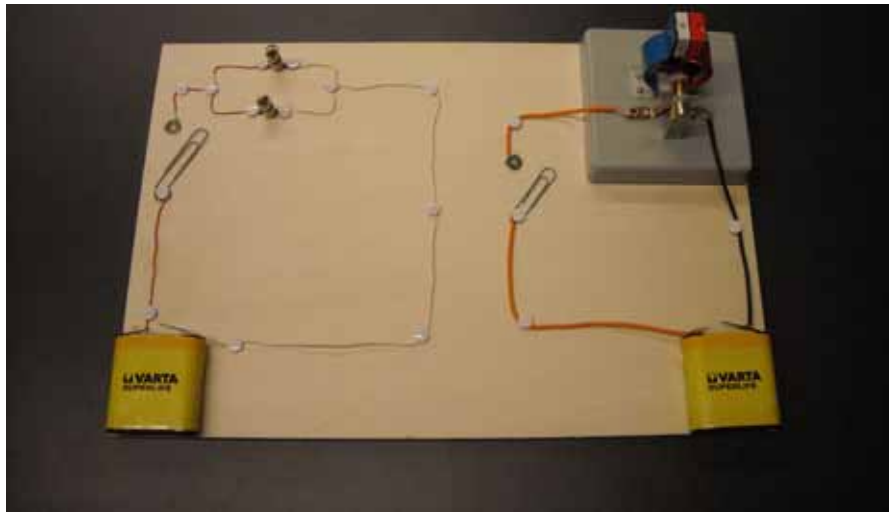
Circuito montato con il minimo di collegamenti

Quando il circuito viene chiuso la pila produce una corrente elettrica continua e la lampadina si accende, quando è aperto si spegne. Il dispositivo costruito è caratterizzato dalla presenza di un elemento alimentatore il quale fornisce la differenza di potenziale, dunque l'energia elettrica necessaria a far muovere le cariche elettriche presenti nel circuito.

Nel caso in questione è una batteria alcalina da 4,5 volt misurabili con un multimetro, composta da tre pile nelle quali i metalli si trovano in polvere, immersi in una pasta alcalina e separati da un elemento atto a permettere il passaggio solo degli ioni e non delle sostanze in polvere.

La batteria è collegata tramite cavi metallici alla graffetta, che funge da interruttore. È presente almeno un utilizzatore come una lampadina ad incandescenza. La luce risulta prodotta dal riscaldamento di un filamento di metallo, oggi si usa il tungsteno.

Si possono naturalmente inserire altri utilizzatori, ad esempio motori elettrici, come nel modellino presente in laboratorio.



*A sinistra un collegamento di lampadine in parallelo,
a destra è stato inserito un motore elettrico in corrente continua*

Con più di una lampadina inserita nel circuito, si possono esaminare i due tipi fondamentali di collegamento: si parla di collegamento in serie quando tutte le lampadine sono attraversate dalla stessa corrente, in parallelo quando sono interessate dalla stessa differenza di potenziale e la corrente elettrica è ripartita tra i vari rami.

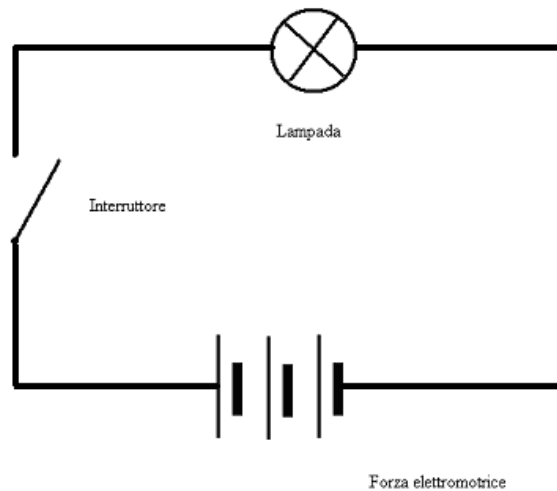
2) Il circuito può essere chiuso con una graffetta di metallo, ma non con l'elastico: interpretare il risultato. Chiudendo il circuito con un materiale metallico la corrente passa e accende la lampadina, con un corpo di gomma non passa: ciò suggerisce come i materiali possano essere suddivisi in almeno due grandi categorie, i conduttori e gli isolanti, e che per costruire un circuito elettrico sia necessario utilizzare cavi conduttori. Esistono comunque materiali con caratteristiche intermedie, detti semiconduttori.

3) Rappresentare graficamente il circuito costruito.

I circuiti elettrici possono essere rappresentati secondo uno schema nel quale ad ogni elemento del circuito corrisponda un opportuno simbolo convenzionale. Sono disponibili varie scelte grafiche, si noti che la differenza di potenziale prodotta dalla pila è detta anche forza elettromotrice.



Ecco come viene a presentarsi lo schema del circuito.



Schema della configurazione minima

4) Uno sviluppo interessante è avvolgere in maniera molto fitta un filo di rame attorno ad una vite di ferro e inserendo poi il medesimo nel circuito in sostituzione della lampadina. Può essere utile avere due batterie in serie per aumentare la corrente elettrica.

Posizionargli accanto una bussola ed osservare se essa venga deflessa quando il circuito è chiuso.

Se il circuito è scollegato la bussola si orienta in base al campo magnetico presente in laboratorio, nel momento in cui viene attraversato da corrente elettrica l'ago della bussola viene invece deflesso, indicando come il dispositivo sia diventato un magnete. Esso torna inerte scollegando di nuovo, infatti l'ago della bussola torna nella posizione iniziale.

Quanto costruito viene denominato elettromagnete e si rivela importante perché mostra l'esistenza di una connessione tra fenomeni elettrici e magnetici.

Conclusioni

È stato montato un circuito utilizzando una moderna batteria alcalina la quale, una volta chiuso il percorso, ha prodotto una corrente elettrica continua sufficiente ad illuminare delle lampadine ad incandescenza, evidenziando una netta superiorità rispetto alla batteria voltaica.

Come elementi base, il dispositivo è caratterizzato da batteria d'alimentazione, cavi di trasmissione, interruttore e lampadina. Tale struttura può aiutare a comprendere il funzionamento delle grandi reti elettriche dove la centrale elettrica è il centro di produzione, elettrodotti, interruttori e trasformatori costituiscono il sistema di trasmissione, mentre linee elettriche di alta, media e bassa tensione formano il sistema di distribuzione agli utenti finali.

Notizie storiche

L'invenzione della lampadina ad incandescenza è rivendicata da diversi studiosi, storicamente viene attribuita a Thomas Edison (1847-1931, inventore e imprenditore statunitense) che la brevettò nel 1879. Questo tipo di lampada era in competizione con altre due, quelle ad arco, che erano molto costose e quelle a gas, poco costose ma tecnologicamente inferiori. L'invenzione rappresentò una grande svolta e consentì una rapida diffusione dell'illuminazione elettrica. A New York, il giorno 1 gennaio 1885 erano già in funzione 18875 lampade Edison [GI05].

Per quanto riguarda il metodo di distribuzione della corrente elettrica, alla fine del XIX secolo si assistette ad una competizione tecnologica tra la scelta della corrente continua, supportata da Edison e dalla sua ditta, la General Electric, e quella della corrente alternata, sostenuta da Nikola Tesla (1856-1943, fisico e inventore serbo) e dalla Westinghouse Electric.

Le sempre maggiori richieste di energia elettrica per l'industria, la necessità di utilizzare come fonte primaria l'energia idroelettrica prodotta da centrali molto distanti dai luoghi di utilizzo, gli incendi causati dal surriscaldamento dei cavi, le rilevanti perdite di dissipazione erano tutti aspetti che rendevano complicato l'uso della distribuzione in corrente continua.

La distribuzione in corrente alternata, grazie anche all'uso dei trasformatori che ne potevano modificare le caratteristiche durante la distribuzione, si rivelò più competitiva e adeguata alla distribuzione su vasta scala.

La distribuzione in continua viene ancora utilizzata per trasmissioni su distanze eccezionalmente grandi, come 50 km di cavo, o per la trasmissione in acqua, grazie alle sue caratteristiche di stabilità. Possiede inoltre un minore impatto ambientale [Mag].

Macchine elettriche

Scopo

Produrre corrente elettrica alternata, accendere lampadine e altri dispositivi.

Materiali

Torcia Faraday, dinamo a manovella, bicicletta munita di alternatore, modellino di motore elettrico e gruppo turbina-alternatore.



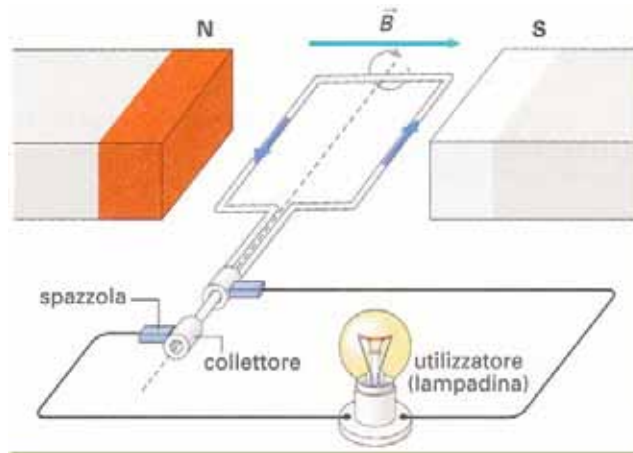
Dinamo da preparare

Procedimento

1) La torcia è senza batterie, al suo interno è presente un magnete che può scorrere all'interno di una bobina, quest'ultima collegata a una lampadina. Prendere la torcia ed agitarla, analizzando l'effetto.

La torcia si attiva grazie ad un importantissimo fenomeno detto induzione elettromagnetica. Quando il magnete si muove, il flusso del campo magnetico che attraversa la bobina cambia nel tempo, ciò determina la produzione di una differenza di potenziale e quindi di una corrente elettrica alternata, la quale permette il funzionamento della torcia. Dal punto di vista energetico, è stata l'azione meccanica ad alimentare la torcia.

2) Mostrare le dinamo e descriverne gli elementi costruttivi: il magnete permanente, denominato statore perché fisso, la bobina rotante, detta rotore, che è azionata a manovella, il collettore a spazzole e l'utilizzatore. Metterle in azione ed osservarne gli effetti.



Schema dinamo

(<http://miaplacidusedaltriracconti.blogspot.com/2009/04/lalternatore.html>)

Le dinamo a nostra disposizione si differenziano per la corrente prodotta, quella coperta è in grado di accendere una lampadina a incandescenza, le altre sono aperte e producono una corrente piuttosto piccola, misurabile con un multimetro. Proprio in quanto aperte, hanno il vantaggio di mostrare con chiarezza i loro elementi costruttivi.

Azionando la manovella di una dinamo, la bobina si muove e si genera una corrente elettrica alternata per induzione elettromagnetica. Il collettore ha la funzione di trasformare la corrente alternata in continua e costituisce una parte specifica della dinamo che la distingue da un alternatore. Anche in questo caso energia meccanica in ingresso viene trasformata in energia elettrica.

3) Salire sulla bicicletta e pedalare. Leggere le rilevazioni sui display e valutarle.



Biciclette con alternatore di Marco Franzinelli

Quando si comincia a pedalare, i magneti si muovono e inducono corrente nelle bobine. Maggiore è l'energia meccanica sviluppata dal ciclista, maggiore è l'energia elettrica ottenuta.

In questo caso i magneti sono montati sulla ruota e costituiscono il rotore, mentre le bobine sono fisse e fungono da statore. I ruoli di statore e rotore possono essere scambiati, ciò che conta, infatti, è che esista un movimento relativo tra le bobine e i magneti.

La corrente generata è di tipo alternato, attraverso i cavi giunge agli utilizzatori posti nel pannello trasparente. Sono presenti varie lampadine, un voltmetro al fine di misurare la differenza di potenziale prodotta, un amperometro per misurare l'intensità della corrente, un tachimetro per la velocità della ruota, un clacson e due ventole per mostrare i possibili sfruttamenti della corrente generata. Alcuni di questi dispositivi funzionano solamente con corrente continua, perciò è stato inserito all'interno del pannello un raddrizzatore che provvede ad alimentarli correttamente.

4) Prendere il pannello con il motorino elettrico. Posizionare la bobina in verticale, quindi chiudere il circuito. Discutere il processo che avviene.

Chiudendo il circuito, una corrente elettrica continua scorre nella bobina la quale si comporta come l'ago magnetizzato di una bussola, si mette in rotazione per allinearsi al campo magnetico esterno e tale movimento prosegue fino a quando sia presente corrente elettrica. L'idea costruttiva è inversa a quella di un alternatore, ora avviene infatti una trasformazione di energia elettrica in energia meccanica, un dispositivo di questo tipo è chiamato motore elettrico.

5) Recarsi al gruppo turbina-alternatore ed analizzarne gli elementi costruttivi alla luce di quanto visto fino a questo punto.



Gruppo turbina-alternatore di Battista Tiberti

Nel gruppo turbina-alternatore si può riconoscere una struttura analoga a quella della centrale: l'acqua, grazie ad una pompa acquisisce un'energia meccanica che viene sfruttata per mettere in rotazione la turbina e quest'ultima mette in azione l'alternatore, che produce energia elettrica in grado di attivare gli utilizzatori presenti nel quadro elettrico.

Conclusioni

Grazie al fenomeno dell'induzione elettromagnetica, è stata prodotta corrente elettrica senza utilizzare pile, in tal caso la corrente prodotta è di tipo alternato.

I fenomeni esaminati consistono in processi di trasformazione di energia e sono adatti a illustrare i principi alla base del funzionamento di una centrale idroelettrica, dove l'energia meccanica dell'acqua è convertita in energia elettrica tramite il sistema formato dalle turbine e l'alternatore.

Notizie storiche

Il primo generatore di corrente elettrica differente dalla pila è stato inventato nel 1831 da Michael Faraday (1791-1867, fisico e chimico inglese). Nell'ambito di studi sull'induzione elettromagnetica, fece ruotare un disco di rame tra le espansioni polari di una calamita; applicò i capi del circuito di un galvanometro rispettivamente all'asse e all'orlo del disco. Durante la rotazione, il galvanometro indicava una corrente d'intensità variabile con la velocità del disco [GI05].

Nel 1832 Hippolyte Pixii (1776-1861, francese e costruttore di strumenti), montò una macchina a manovella in cui un magnete a ferro di cavallo veniva ruotato davanti a un'elettrocalamita, anch'essa in ferro e con forma ad U caratterizzata da un avvolgimento di 30 m di rame, ricoperto di seta. Le due estremità del filo di rame conducevano a due pozzetti di mercurio, ai quali faceva capo il circuito esterno che veniva percorso da corrente alternata. Questa macchina ha una reale importanza storica, in quanto essa provava la possibilità di ottenere una quantità notevole di corrente elettrica e può essere considerata il primo alternatore con una discreta produzione di corrente.



Alternatore di Pixii (Museo Galileo)

Il periodico mutamento del senso della corrente parve allo stesso Pixii un difetto della macchina e si adoperò immediatamente per ottenere corrente unidirezionale. Venne allora applicato un dispositivo inventato da Ampère (1775-1836, fisico francese), detto commutatore, che invertiva le connessioni ai capi del circuito esterno a ogni inversione di corrente [GI05].

L'utilizzo di simili macchine generatrici, inventate attorno alla metà del secolo da diversi studiosi, risultava comunque molto penalizzato da difetti quali usura, costo, funzionamento dei commutatori e soprattutto problemi di potenza. Si trattava quindi di prototipi utilizzati per le applicazioni di laboratorio ed inadatti ad applicazioni massicce.

Molti inconvenienti vennero eliminati dal fisico italiano Antonio Pacinotti (1841-1912), il quale nel 1859 inventò un motore a corrente continua con collettore, detto anello di Pacinotti. Il motore è reversibile e può trasformarsi in dinamo generatrice di corrente continua. Risolvendo i problemi di potenza delle precedenti, il dispositivo può esser considerato la prima dinamo degna di questo nome.

Dinamo di elevate dimensioni, in grado di produrre quantità rilevanti di corrente, furono costruite nel 1869 dall'ingegnere belga Zénobe Gramme (1826-1901), ritenuto il padre di questa tipologia di macchine generatrici [GI05].

Bibliografia dei riferimenti storici

Ho scelto di fare riferimento al libro *Mario Gliozzi, Storia della Fisica*, Bollati Boringhieri, 2005 in quanto testo aggiornato di recente. Noto storico italiano, l'autore ha pubblicato diversi lavori riguardanti elettricità e magnetismo.

Per ulteriori approfondimenti sono stati utilizzati libri in mio possesso oppure siti internet, selezionando fonti ufficiali come siti di musei, istituti scientifici o riviste, e in qualche caso di docenti di scuola superiore autori di pubblicazioni. Segue la bibliografia completa.

[Bas] *Emanuele Basile*, Domande e Risposte - Scienza per Tutti - Risposta n. 23 all'indirizzo <http://scienza-pertutti.Inf.infn.it/risposte/ris23.html>.

Si tratta di una rivista scientifica nata all'interno della comunità di ricercatori dei laboratori nazionali di Frascati dell'INFN.

[Be97] *Belloni Lanfranco*, L'orgoglioso inventore del motore elettrico, *Corriere della sera*, 23 febbraio 1997.

[Bon] *Bonera G.*, Il caso dell'elettricità dalle origini a Volta, all'indirizzo: <http://ppp.unipv.it/pagesit/6dif/6videoconf/2videoc.htm>.

Trattasi di articolo per il sito del gruppo di storia della Fisica del Dipartimento 'A.Volta' dell'Università di Pavia.

[Fr99] *Lucio Fregonese*, Volta - Teorie ed esperimenti di un filosofo naturale, *Le Scienze* (collana I grandi della scienza), anno II, n. 11, novembre 1999.

[Gl05] *Mario Gliozzi*, *Storia della Fisica*, Bollati Boringhieri, 2005.

[Ha94] *D.Halliday, R.Resnick, K.S.Krane*, *Fisica 2*, Casa Editrice Ambrosiana Milano, 1994.

[Mag] *Mario Maggi*, D.C. vs A.C., articolo sul social network Electroportal all'indirizzo http://www.electroportal.net/vis_resource.php?section=artcorso&id=134.

Si tratta di un sito dedicato all'elettrotecnica.

[MuG] <http://catalogo.museogalileo.it/>

Sito del Museo Galileo - Istituto e Museo di Storia della Scienza, Firenze, presenta percorsi tematici che ricostruiscono contesti e riferimenti storici degli oggetti esposti.

[PaV] <http://ppp.unipv.it/Volta/Pages/Page3.html>.

Sito del gruppo di Storia della Fisica del Dipartimento "A.Volta" dell'Università di Pavia. A quest'indirizzo si trovano i documenti originali relativi ad Alessandro Volta.

[Pe05] *Guido Pegna*, la gabbia di Faraday - Chiedi a Ulisse - domande 2005 all'indirizzo <http://ulisse.sissa.it/chiediAULisse/domanda/2005/Ucau050608d003/>.

Si tratta di una sezione del portale della SISSA, una Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati di Trieste.

[ReA] *Roberto Renzetti*, Le teorie del magnetismo dall'antichità alla fisica dei giorni nostri.

Testo disponibile in .pdf al sito www.fisicamente.net.

[ReB] *Roberto Renzetti*, Sulle origini della scienza elettrica e magnetica.

Testo disponibile in .pdf al sito www.fisicamente.net.

[ReC] *Roberto Renzetti*, La scienza elettrica si fa tecnica - prime applicazioni.

Testo disponibile in .pdf al sito www.fisicamente.net.

[So09] <http://isitip3pias0910.splinder.com/archive/2009-02>.

Lavoro di classe pubblicato sul web dal prof. Costantino Soudaz, insegnante di Elettronica ed Elettrotecnica in Valle d'Aosta.

[Wik] http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_Tesla_patents.

Lista dei brevetti di Nikola Tesla.