

Guido Bertolotti (GuidoB)

PILA DI VOLTA A TAZZA: 1. COSTRUZIONE

30 July 2011

Un ritorno alle origini dell'elettrotecnica

Per far conoscere ai miei figli le meraviglie dell'elettricità e dell'elettronica ho pensato di preparar loro (anche se un po' in anticipo) del materiale con cui sperimentare. Ho cominciato costruendo una **pila di Volta**.



Alessandro Volta (1745 – 1827) ()*

Avuta tra le mani la pila funzionante non ho resistito a giocarci un po' io. Ne ho tratto anche spunto per effettuare qualche ricerca sull'illustre fisico che la inventò, scoprendo alcuni risvolti che mi hanno particolarmente colpito e ritengo meritevoli di condivisione in questa breve serie di articoli.

Consiglio comunque per avere una panoramica completa su Volta, le sue opere ed invenzioni, di far riferimento alla bibliografia riportata alla fine.

Da dove viene il nome "pila"?

Volta dette alla sua invenzione il nome di "**apparato scuotente**" perchè, se il numero di elementi era sufficientemente elevato, chi ne toccava i poli riceveva una... "scossa"! La chiamò anche "**apparato a colonna**", "**apparato elettromotore**" e "**organo elettrico artificiale**" perchè,

ugualmente agli organi elettrici naturali della [torpedine](#) e dell'[anguilla tremante](#) e con una struttura simile, era in grado di somministrare scariche elettriche.

Il nome di **pila** è successivo e deriva dal francese *appareil à pile* che richiama la forma dell'apparato.

Forme diverse, ma uno stesso principio

La pila di Volta che tutti conosciamo è una colonna formata da tanti elementi ordinatamente sovrapposti (e pertanto collegati in serie). Ciascun elemento è composto da due dischi di "conduttori secchi" diversi (solitamente rame e zinco, o argento e zinco), e da un disco di materiale assorbente imbevuto di un "conduttore umido" (acqua o soluzione acida o salina), che li separa.

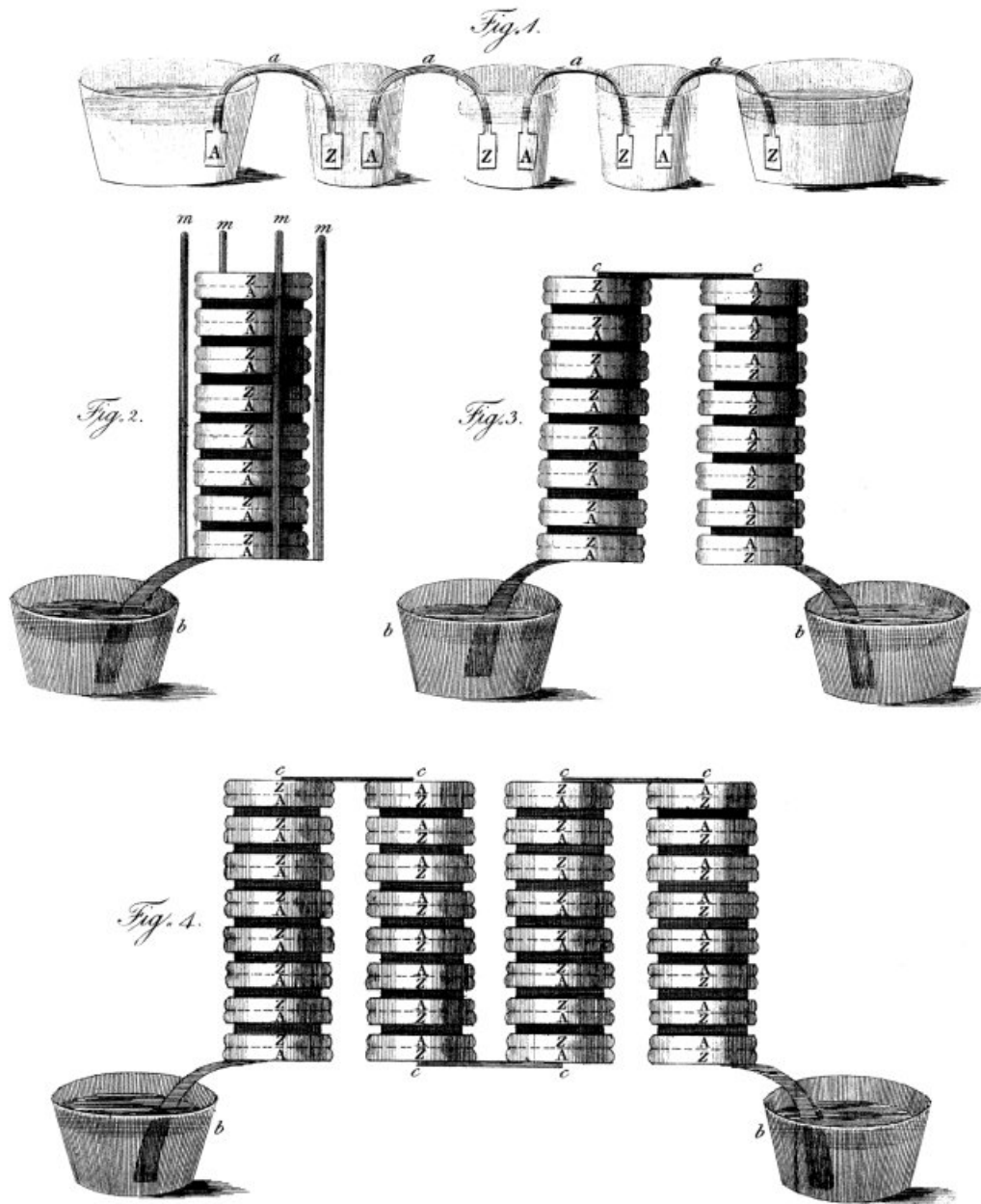
Tutti questi elementi, disposti sempre nello stesso ordine e impilati, sono contenuti in una incastellatura di legno, che dà alla pila di Volta il tipico fascino degli strumenti antichi.



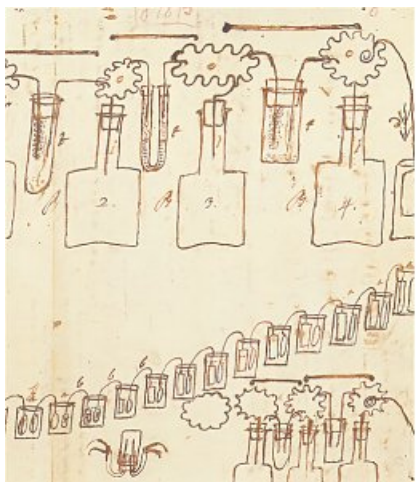
Due pile originali di Alessandro Volta esposte nel Tempio Voltiano di Como

In realtà Volta costruì la pila anche in un'altra versione, conosciuta come "**pila di Volta a corona di tazze**", di forma diversa e più ingombrante, anche se il principio di funzionamento è lo stesso.

La descrisse e raffigurò insieme a diverse configurazioni della pila a colonna in una famosa [lettera](#) in [francese](#) inviata a sir Joseph Banks, presidente della Royal Society di Londra, per annunciare alla comunità scientifica la sua invenzione.



*Disegni della pila a corona di tazze e della pila a colonna in varie configurazioni nella lettera inviata da Volta il 20 marzo 1800 a sir Joseph Banks. Le lettere "Z" e "A" indicano i materiali (zinco e argento). (**)*



Un disegno di Volta raffigurante la sua **pila a corona di tazze**, qui utilizzata in un esperimento di elettrolisi, nella [lettera a Marsilio Landriani post marzo 1801](#), e l'apparato corrispondente conservato presso il Tempio Voltiano di Como. (*)

La mia realizzazione

Decisi di costruire la pila a tazze perché la considero didatticamente più valida e più facile da gestire della pila a colonna.

Infatti in essa si possono osservare più facilmente i componenti fondamentali: l'elettrolita, i due elettrodi e le bollicine di idrogeno che si sviluppano su di essi durante il funzionamento. Inoltre non si secca facilmente come la pila a colonna e non c'è il rischio di gocciolamento dell'elettrolita tra dischi metallici sovrapposti.

Per semplificare ho limitato la costruzione a un solo elemento a tazza.

Materiali e dettagli costruttivi

Come contenitore si può usare un piccolo bicchiere di vetro, plastica o altro materiale non conduttore, preferibilmente trasparente. Io ho recuperato una tazza di vetro trasparente e liscio, alta circa 7,5 cm e dal diametro alla bocca di 5,5 cm, che originariamente conteneva uno di quei budini di "lusso", reperibili con la marca di vari supermercati.

Dovrete anche procurarvi i due "conduttori secchi". Tipicamente e tradizionalmente quelli usati sono rame e zinco. Li vendono in tutte le forme molti grossisti, ma per le quantità che interessano a noi dovremo cercare con più impegno.

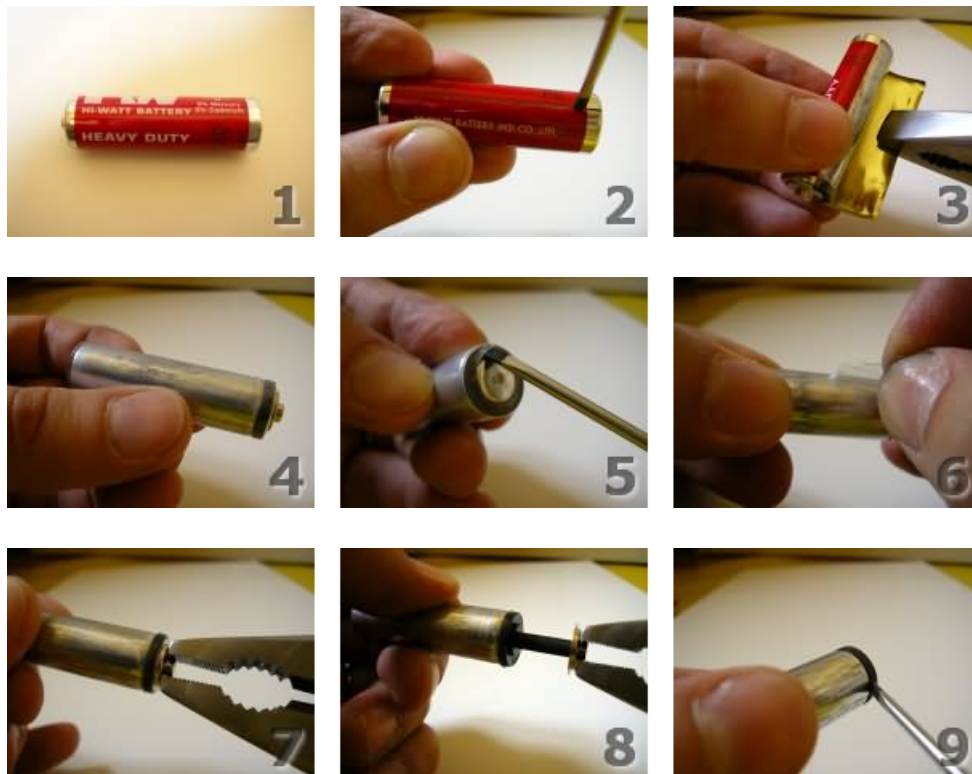
- Lo zinco si utilizza, come più spesso il rame, per grondaie e scossaline, per cui se conoscete qualcuno che lavora nel campo e vi può procurare qualche ritaglio di questi due metalli, siete a cavallo.

- Lastre di entrambi questi materiali vengono vendute nei negozi di belle arti, e sono usate per incisioni calcografiche.
- Lastre di zinco per fotoincisione dovrebbero trovarsi in molte tipografie.
- Lo zinco si utilizza anche per la cassa interna delle bare, per cui, se conoscete qualcuno che lavora in questo campo...
- Gli artigiani che si occupano di riscaldamento, condizionamento e gas usano tubi di rame.
- Di questo metallo sono fatti anche i fili elettrici.
- Tubi e minuterie di rame si trovano facilmente nei negozi di bricolage.

Una soluzione di ripiego per lo zinco, che ho utilizzato per i miei primi esperimenti, sono grosse rondelle o barrette di acciaio zincato, però una volta consumato il fine strato di galvanizzazione e messo a nudo l'acciaio, si ottiene una tensione molto minore.

Al termine di questo articolo ho riportato qualche link di possibili fornitori di materiali al dettaglio.

Io mi sono arrangiato così: lo zinco l'ho ricavato da una pila "heavy duty" (non alcalina) di formato stilo (AA), che ho aperto e svuotato come visibile nelle foto. Il cilindretto grigiastro, chiuso sul fondo e che corrisponde al polo negativo, è fatto di zinco. È bene che la pila non sia vecchia e scarica, altrimenti lo zinco potrebbe essere corrosivo.





Come aprire e svuotare una pila heavy duty

Se volete fare come me, dopo aver aperto e srotolato l'involucro esterno di latta (passi 2 e 3), strappato e rimosso il sottostante foglio di plastica (passi 5 e 6), ruotate ed estraete delicatamente aiutandovi con un paio di pinze (passi 7 e 8) l'elettrodo di carbone di storta corrispondente al polo positivo, che terrete per eventuali futuri esperimenti di elettrolisi o conducibilità elettrica. Poi (passi 9, 10 e 11) dovrete rimuovere il cappuccio e svuotare completamente e accuratamente, con l'aiuto di un cacciavite a lama piatta, il tubetto di zinco dalla sostanza nera che contiene (si tratta di una miscela umida di grafite, biossido di manganese e cloruri di ammonio e di zinco, che potrete racchiudere in un contenitore ermetico per non farla seccare se vorrete utilizzarla in futuro per costruire una pila Leclanché, o altrimenti sigillare in un sacchettino plastico e buttare nei contenitori delle pile esauste).

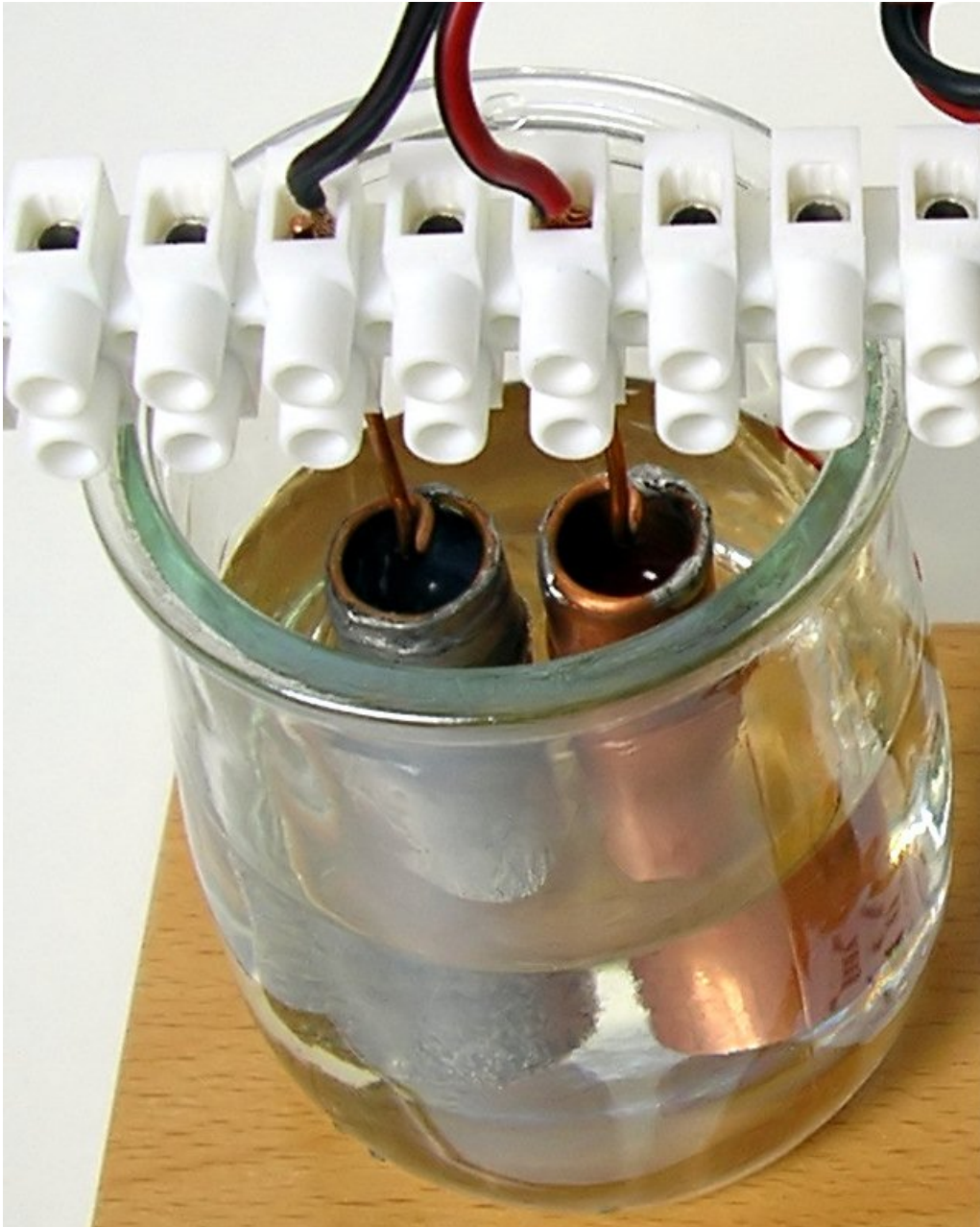
State attenti mentre svuotate la pila, potrebbe scaldarsi e arrivare a scottare a causa dei cortocircuiti che provocherete durante lo svuotamento, quando strapperete con la punta del cacciavite il sottile strato di carta assorbente che separa lo zinco del polo negativo dalla miscela umida del polo positivo. Vi consiglio perciò di non tenere direttamente in mano il cilindretto di zinco, ma di avvolgerlo con uno straccio. La punta del cacciavite che utilizzerete per svuotare la pila potrebbe annerirsi e non potersi più ripulire. Attenti anche a non raschiare con troppa forza per non bucare lo zinco con gli spigoli acuminati della punta del cacciavite.

Dopo lo svuotamento io decisi di non ridurre il tubetto di zinco a una lamina, ma di utilizzarlo così com'era. Se volete fare lo stesso, lavate il tubetto cercando di eliminare con uno stecchino tutti i minimi residui interni e lasciatelo seccare. Poi riempitelo fin quasi all'orlo di silicone, evitando che si formino bolle d'aria interne e che il bordo superiore si sporchi, perché poi lo dovrete saldare. Eventualmente proteggete il bordo con un po' di nastro adesivo. Riempire di silicone il tubetto serve per renderlo più resistente, evitare che galleggi nell'elettrolita, che se ne riempia accidentalmente e ne venga corroso dall'interno.

Per estetica decisi di realizzare un elettrodo positivo della stessa forma e dimensioni del negativo (circa 12,5 mm di diametro per 45 mm di altezza), tagliandolo col seghetto da un residuo di tubo di rame da mezzo pollice di diametro esterno (12,7 mm) che mi avevano lasciato in casa gli installatori dell'aria condizionata, e poi limandone le bave. Attenzione che il rame può arrivare a scottare durante il taglio, a causa dell'attrito. A differenza del cilindretto di zinco, quello di rame è aperto su entrambe le basi, ma questo non dà nessun problema, anzi non rende necessario riempire il tubo di rame come quello di zinco. Il rame non viene corroso dall'elettrolita.

Per collegare elettricamente e fissare anche meccanicamente i tubetti ho preparato, utilizzando filo di rame rigido per impianti elettrici da $0,75 \text{ mm}^2$ di sezione (circa 1 mm di diametro), due occhielli circolari. Li ho ottenuti avvolgendo un giro di filo nudo intorno a un tubo di rame da $3/8$ di pollice (circa 9,5 mm, ma si può utilizzare anche una punta da trapano da 9 mm), e poi, aiutandomi con un paio di pinze a becchi lunghi, ho piegato il filo a 90° raggiungendo il centro del cerchietto e lì l'ho piegato ancora a 90° perpendicolarmente al piano del cerchio.

Dopo aver limato i bordi dei tubetti e gli occhielli per eliminare ogni traccia di ossido, con il saldatore a temperatura massima ho dato due punti di stagno e poi ho stagnato lungo tutta la circonferenza ciascun occhiello fatto combaciare con il suo tubetto. Lo zinco si salda molto bene, mentre il tubetto di rame, a causa della sua elevata conducibilità termica, asporta rapidamente il calore e si salda con più difficoltà (attenti sempre a non scottarvi, tenete il tubetto con uno straccio). Limare via eventuali eccessi di stagno, che non dovrà entrare in contatto con l'elettrolita durante il funzionamento per non interferire con le reazioni chimiche.



Dettaglio della sospensione degli elettrodi di rame e zinco.

A questo punto potrete versare poco meno di 100 ml di aceto di vino bianco nella tazza di vetro, e utilizzare una striscia di morsetti mammut per mantenere sospesi i due elettrodi nell'elettrolita (badando bene che non si tocchino tra loro). L'aceto non deve raggiungere né toccare le saldature a stagno. Per comodità futura, una volta trovata la quantità di aceto corretta, potrete segnarne il livello incollando esternamente al vasetto, per esempio, una fine strisciolina di nastro isolante rosso.

I morsetti mammut oltre a sostenere meccanicamente gli elettrodi li collegano elettricamente a due fili di rame per portare la corrente elettrica generata all'utilizzatore. Si può ad esempio utilizzare una piattina rosso-nera per altoparlanti, precedentemente avvolta ad elica su un cilindretto per darle più flessibilità.

A proposito: perchè tipicamente associamo al polo positivo il colore rosso, e al negativo il nero? Non ne ho trovato conferma, ma mi piace pensare che il rosso ricorda il colore del rame e il nero quello dello zinco della realizzazione più tipica di un elemento della pila di Volta.

Scelta dell'utilizzatore

Affinché la pila risulti interessante bisogna anche mostrarla in funzione.

Che cosa utilizzava Volta per vedere se le sue pile generavano effettivamente una tensione e una corrente elettrica? A quei tempi lampadine, elettromagneti, motori elettrici e dispositivi elettronici non esistevano ancora.

Inizialmente Volta ripeté gli esperimenti di [Luigi Galvani](#) facendo contrarre cosce di rane morte con diverse coppie di conduttori "secchi" diversi, metallici e anche non metallici (il carbone, per esempio).

Passò poi ad utilizzare la sua lingua per confrontare quelle che lui chiamò **forze elettro-motrici** di coppie di conduttori diversi. Provò altri effetti fisiologici, come la visione di lampi di luce ottenuta stimolando il nervo ottico con un elettrodo appoggiato sulla cornea e l'altro tenuto a contatto della pelle. Metteva anche le dita in tazze riempite di acqua salata e connesse ai poli di una pila, che se composta da molti elementi era in grado di dare delle vere e proprie scosse (o "commozioni", in parole di Volta).

Inoltre con la sua pila generava scintille e fondeva sottili fili d'acciaio.

L'elettrometro-condensatore

Ma lo strumento principe per rivelare e misurare le diverse **forze elettro-motrici** era l'**elettrometro-condensatore** a capacità variabile, da Volta stesso genialmente inventato, raffigurato qui sotto. Vale la pena fare una piccola digressione per conoscerlo meglio.

Questo strumento è capace di **amplificare** delle differenze di potenziale molto piccole, anche quelle generate da una sola coppia di metalli. Le rende misurabili grazie a due pagliuzze che, caricate di elettricità dello stesso segno, si respingono e divergono indicando il potenziale su un'apposita scala graduata a zero centrale.

L'amplificazione è ottenuta tramite un condensatore, le cui armature sono i piattelli inferiore e superiore dell'apparecchio, separati da un fine strato dielettrico (isolante) di ceralacca steso sul piattello inferiore.

Per utilizzare lo strumento si mette in contatto il piattello inferiore (**B** nel disegno di Volta qui sotto, contenuto nella [lettera a Lorenzo Mascheroni del 20 marzo 1799](#)) attraverso la linguetta **b** con l'oggetto che porta il potenziale da misurare, e il piattello superiore **C** tramite la linguetta **c** e il filo **d** a terra. Invece di utilizzare il filo **d** si può più comodamente toccare con un dito il piattello superiore se non si è isolati da terra. In questo modo il condensatore si carica e assume lo stesso potenziale (rispetto a terra) dell'oggetto.



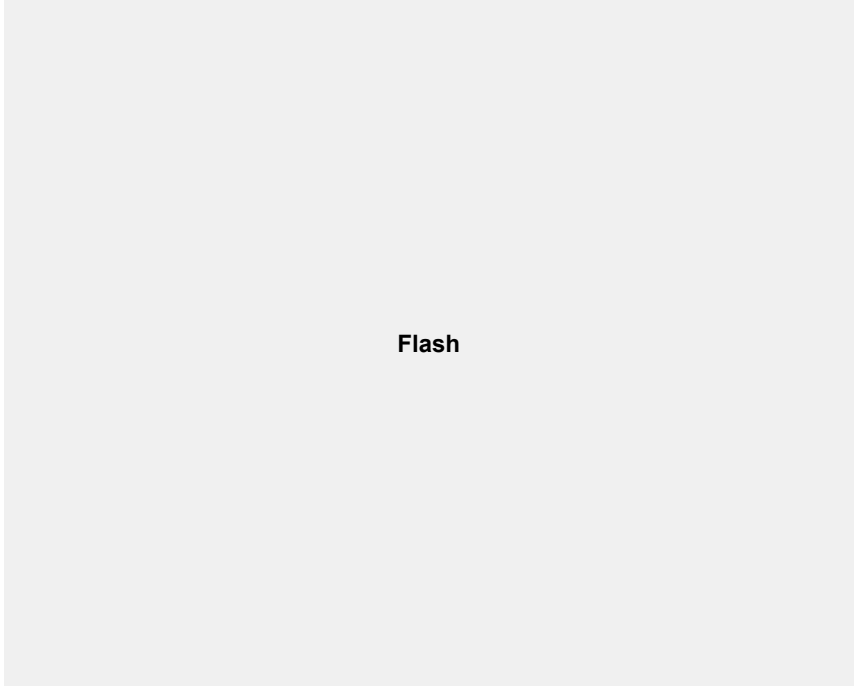
Un disegno di Volta da lui utilizzato per spiegare l'uso dell'elettrometro-condensatore, e un esemplare originale conservato al Tempio Voltiano. ()*

Si scollegano poi l'oggetto e la terra. Successivamente si rimuove il piattello superiore prendendolo dall'apposito manico isolante. L'allontanarsi delle armature provoca una forte diminuzione della capacità C del condensatore. Essendo tutte le parti isolate, la carica immagazzinata Q non cambia. Perciò, per la caratteristica del [condensatore](#) lineare

$$V = \frac{Q}{C}$$

la tensione V aumenta fortemente, e con essa la divergenza delle pagliuzze.

Nel video seguente viene data una spiegazione qualitativa del funzionamento.



Flash

L'"elettrometro a paglie sottili" che Volta spesso nomina nei suoi scritti amplificava la tensione circa 60 volte, ma ne costruì anche altri, capaci di amplificarla di oltre 100 volte.

Molti dei sistemi "storici" utilizzati da Alessandro Volta per verificare il funzionamento della sua pila (contrazione di cosce di rana, effetti fisiologici vari) a noi oggi non vanno più bene. Questo per motivi igienici, di soggettività delle sensazioni, di sicurezza o di rispetto della vita animale.

Ho escluso anche l'uso di un elettrometro condensatore che, sebbene di alto valore didattico, richiede di costruire un tale strumento, la cui realizzazione è ben più ardua di quella della pila.

Quindi ho dovuto rinunciare a una dimostrazione basata su metodi "storici" e focalizzarmi più su un discorso di attualità: spiegare cioè che anche la prima pila, realizzata oltre 200 anni fa e non perfezionata come quelle odierne, genera comunque lo stesso tipo di energia ed è in grado di far funzionare dispositivi attuali. Questo tipo di dimostrazione ha anche il vantaggio di non essere completamente circoscritta al mondo elettrotecnico e strumentale della pila, ma ne mostra l'utilità anche al di fuori, rendendola più interessante agli occhi dei bambini.

Allora, che cosa possiamo usare?

Il primo utilizzatore attuale che mi venne in mente è la classica **lampadina** che, pur successiva alla pila, se montata su un portalampade in porcellana o bachelite manterrebbe comunque un certo sapore di "antico" e classico all'insieme.

Da prove effettuate sull'elemento a tazza realizzato, utilizzando aceto di vino bianco come elettrolita, la tensione a vuoto è tipicamente di 0,95 volt e la corrente di cortocircuito è di circa 12 milliampère che scende rapidamente fino a stabilizzarsi intorno ai 2 mA.

Le lampadine meno potenti che ho trovato devono essere alimentate a 1 V (e qui ce la faremmo anche con un solo elemento della pila) e 40 mA. Utilizzando acido solforico come elettrolita si può superare ampiamente questa corrente, ma volevo evitare di usare sostanze pericolose per una dimostrazione destinata a bambini.



Alcuni possibili utilizzatori per dimostrare il funzionamento della pila: un biglietto augurale musicale, un motorino solare con un'elica sull'alberino che ne evidenzia la rotazione, un orologio digitale, un LED e una lampadina.

I **LED** rossi da 5 mm a bassa intensità si accendono già bene con una decina di milliampère e una tensione di 1,6 volt (servono quindi almeno due elementi di pila messi in serie per raggiungere questa differenza di potenziale). Un LED si accenderebbe, però poi ridurrebbe gradualmente la sua luminosità fin quasi a spegnersi, e non sarebbe una dimostrazione molto esaltante.

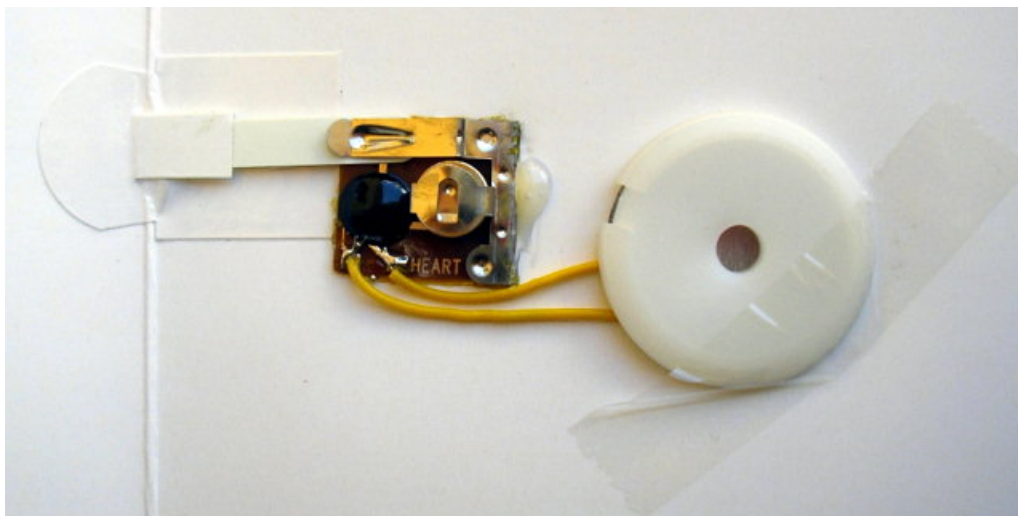
I cosiddetti "**motorini solari**", pensati per funzionare con la tensione di un solo elemento fotovoltaico (0,45 V) richiedono una corrente di qualche decina di mA (io ne ho uno che funziona con soli 22 mA): ancora troppi perché questa pila possa farli funzionare.

Provando e riprovando, ho visto che il **generatore di melodia** di un biglietto augurale musicale è adatto allo scopo: viene originariamente alimentato da una pila a bottone da 1,35 V, ma continua a funzionare anche abbassando la tensione a 0,87 V, e assorbe solo 0,25 mA.

Altri carichi facilmente alimentabili potrebbero essere **orologi digitali** e **calcolatrici**, però una melodia anche a basso volume mi sembra più simpatica e più in grado di destare l'attenzione.

Ulteriori dettagli costruttivi

Di questi circuiti musicali esistono varie versioni che generano melodie conosciute (Tanti auguri a te, Nella vecchia fattoria, Marcia Nuziale di Mendelssohn ecc., a seconda dell'occasione che si intende felicitare con ogni biglietto) e sono costituiti da una basetta a circuito stampato sulla quale è agganciata una lamina metallica opportunamente sagomata che, oltre a trattenere la pila originale in posizione, ha una linguetta metallica che fa da interruttore e preme su una piazzola del circuito stampato, separata da una sottile linguetta isolante: aprendo il biglietto questa linguetta isolante viene estratta, il minuscolo circuito elettronico viene così alimentato e una piccola cicalina piezoelettrica emette la melodia.



Generatore di melodia in un biglietto augurale musicale

Per adattarlo al nostro uso dovremo togliere la pila originale e sganciare ed eliminare anche la parte metallica che trattiene la pila e fa da interruttore.

Salderemo poi due fili (uno nero alla piazzola su cui era premuto il polo negativo della pila, e uno rosso alla piazzola su cui premeva la linguetta metallica che faceva da interruttore) che andranno a un morsetto mammut bipolare.

Per evitare danni al generatore di melodia nel caso in cui la pila venisse collegata con polarità invertita, io ho saldato un piccolo diodo Schottky (un BAT46, che appare come un cilindretto azzurro nelle foto) in parallelo, tra le piazzole dove ho saldato i fili di alimentazione del generatore di melodia, rivolgendo il catodo (indicato da una fascetta nera) verso il positivo. In questo modo il diodo non conduce e non interferisce nel funzionamento quando la polarità è applicata correttamente, mentre passa in conduzione cortocircuitando la pila in caso di inversione di polarità. Un BAT46 regge una corrente di 150 mA, quindi non viene danneggiato dalla debole corrente di cortocircuito della nostra pila, ed essendo uno Schottky presenta ai suoi capi (in polarizzazione diretta) una d.d.p. di soli 0,25 V, che non può danneggiare il generatore di melodia anche se presentata con polarità invertita. È bene inserire il diodo in parallelo all'alimentazione

come ho fatto io, e non in serie, per non introdurre una caduta di 0,25 V sulla già esigua tensione di alimentazione. Questo diodo comunque è facoltativo.

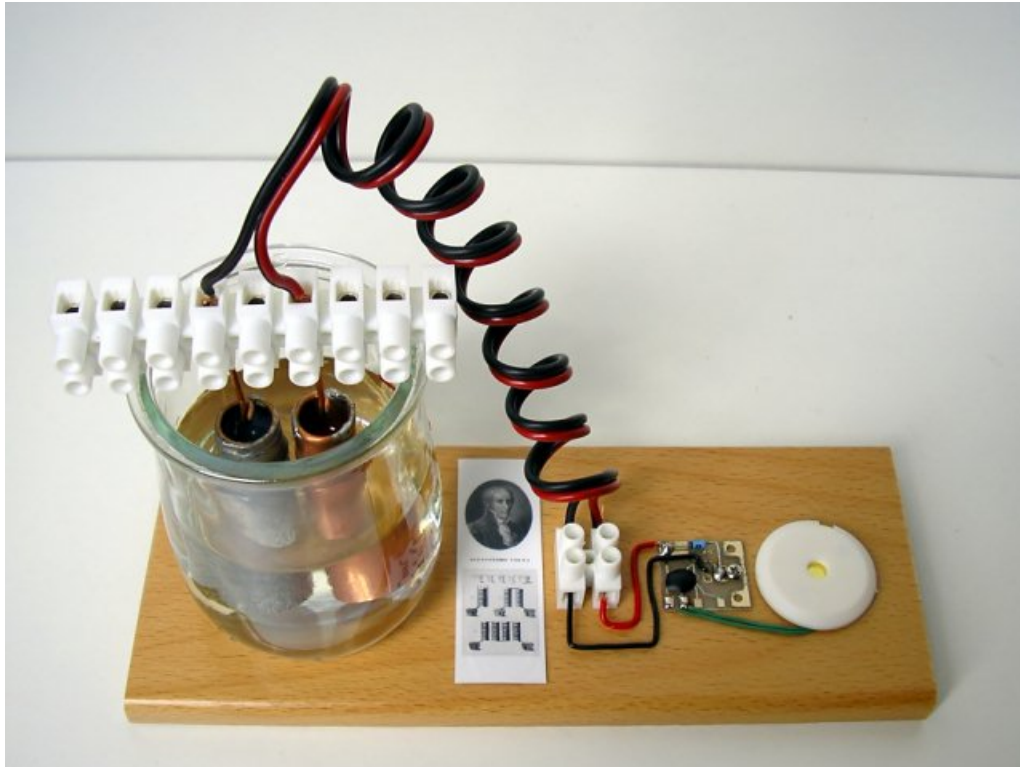
Ho poi fissato il mammut bipolare, il piccolo circuito stampato e la cicalina piezo su un pezzo di falsostipite di recupero, che ho tagliato a una lunghezza di 20 cm scarsi e utilizzato anche come piedistallo su cui appoggiare la tazza. Il falsostipite che ho usato è ricoperto di un piallaccio color quercia e fatto di cartone compresso, quindi facilissimo da bucare e lavorare. Per fissare il mammut ho praticato col trapano un foro nel falsostipite, e l'ho poi allargato sul retro ruotando la lama piatta di un grosso cacciavite, per alloggiare la testa di una vite e far sì che non sporga. Poi ho avvitato dal retro una vite, che trattiene il mammut bipolare avvitandosi nella plastica del foro centrale. Basta una vite del diametro giusto, non serve il suo dado e neanche che la vite sia autofilettante.

Per fissare il circuito stampato ho praticato un altro forellino nel falsostipite e ho sfruttato un foro già presente sullo stampato, avvitando un'altra piccola vite (questa volta dal davanti del circuito) direttamente nel cartone compresso, anch'essa senza utilizzare alcun dado.

Ho fissato la cicalina piezo saldando un pezzetto di 3 cm di filo di rame rigido (da 0,75 mmq) sul retro, su una delle saldature già esistenti, perpendicolarmente alla superficie della cicalina. Ho praticato un forellino (svasato per accogliere la saldatura) nel falsostipite, in cui ho infilato il filo rigido che ho poi delicatamente ripiegato sul retro affondandolo in un incavo che avevo scavato precedentemente col cacciavite. Avrei potuto utilizzare del biadesivo, ma io preferisco la solidità e la smontabilità.

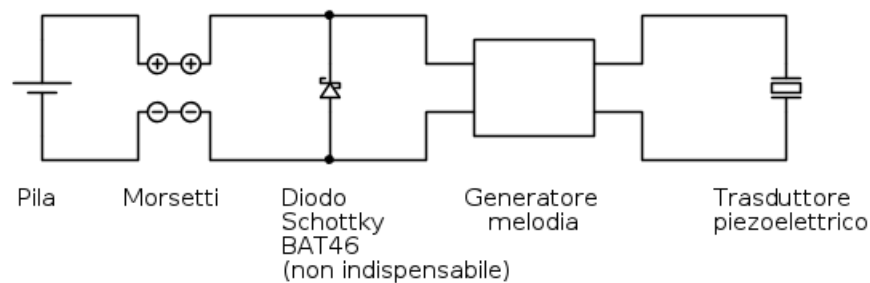
Ho anche messo una piccola dedica a Volta stampando su carta fotografica un suo ritratto e il suo disegno delle pile nella lettera a sir Banks, plastificandolo e incollandolo al falsostipite-piedistallo della mia pila.

A questo punto si possono collegare al mammut i fili provenienti dagli elettrodi della pila rispettando la polarità, porre la tazza con l'elettrolita (aceto di vino bianco) sul piedistallo, infilare gli elettrodi nella tazza *et voilà*, il circuito simpaticamente suonerà!



La pila completa e collegata al suo carico.

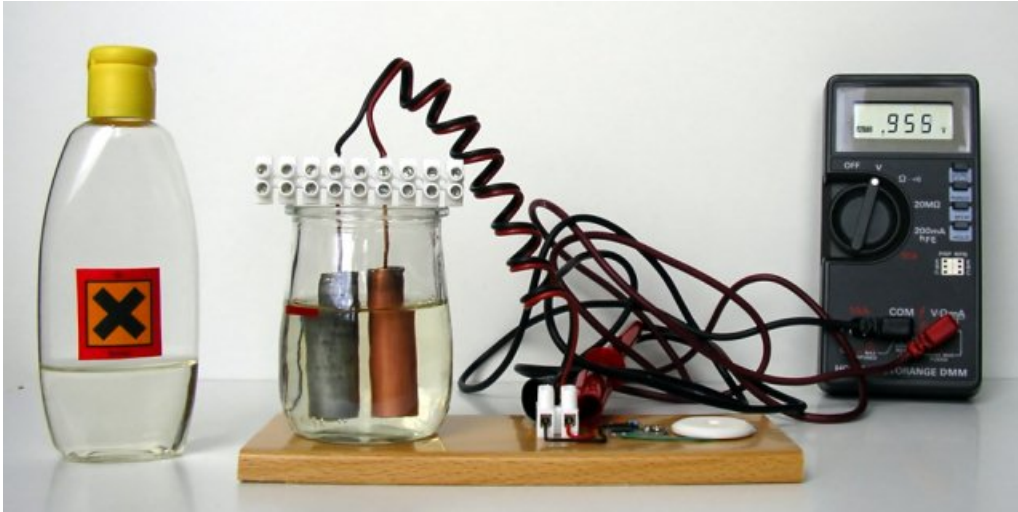
Ecco il semplicissimo schema del circuito elettrico di questa realizzazione:



Per conservare l'elettrolita usato per futuri esperimenti bisogna utilizzare una bottiglietta **diversa** da quelle normalmente usate per alimenti e bevande, e opportunamente etichettata con il simbolo delle sostanze nocive. Infatti dopo l'utilizzo saranno presenti in soluzione acetato di zinco e acetato rameico, quest'ultimo derivante dall'ossido di rame presente sull'elettrodo positivo e che l'aceto avrà ripulito. Io ho ritagliato il simbolo delle sostanze nocive dall'etichetta di una bottiglia di ammoniaca usata, l'ho plastificato con un nastro adesivo largo rimboccandone i lembi e l'ho attaccato con biadesivo fine a un flaconcino trasparente da 100 ml di shampoo per bambini, a cui avevo precedentemente tolto tutte le etichette. Se si versa con attenzione, si può evitare l'uso di un imbuto per il recupero dell'elettrolita.

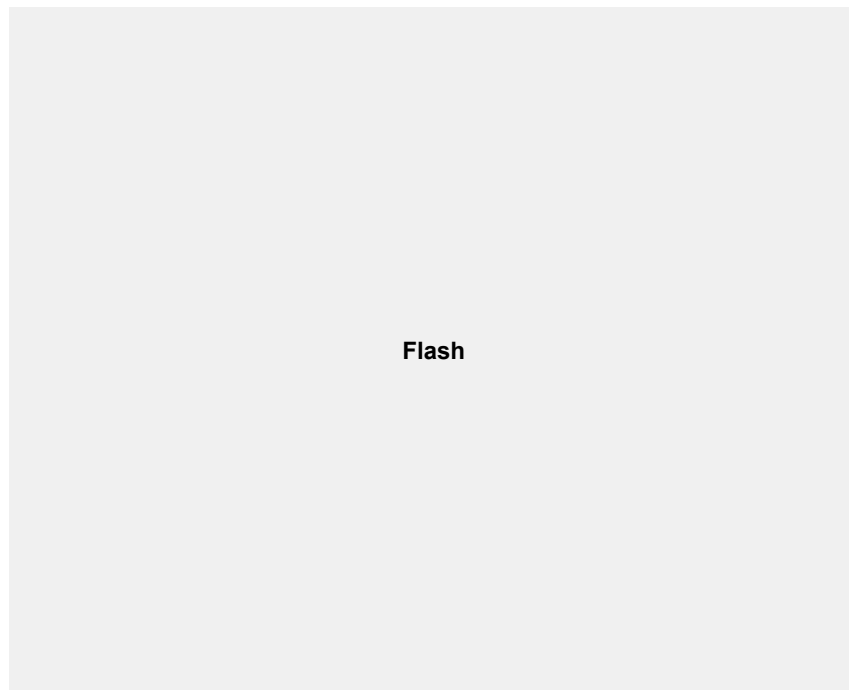
Per riporre il tutto ho preparato una scatola da scarpe opportunamente etichettata.

La pila in funzione



La pila in funzione.

Nel video seguente si può notare (riproducendolo a schermo intero) come il fenomeno della **polarizzazione** affligge la pila di Volta. In un minuto di funzionamento la tensione scende progressivamente da 1,025 V a circa 0,97 V.



Flash

Avvertenze per la sicurezza e la conservazione

La pila utilizza sostanze di bassa pericolosità, comunque è bene prendere una serie di precauzioni.

- Il materiale va conservato fuori dalla portata dei bambini.
- Tutti gli esperimenti devono avvenire sotto la supervisione di un adulto.
- Stendere un foglio impermeabile di protezione, per evitare di danneggiare il legno di mobili delicati.
- L'aceto che si utilizza come elettrolita dopo l'uso diventa nocivo in caso di ingestione. Bisognerà inoltre evitarne il contatto con la pelle e con gli occhi. Si può riutilizzare nella pila molte volte, ma va conservato in una bottiglietta diversa da quelle normalmente usate per acqua e bibite, e opportunamente etichettata con il simbolo delle sostanze nocive.
- Prima di riporre la pila, sciacquare e asciugare la tazza e gli elettrodi (evitando che restino residui di acqua o elettrolita). Eventualmente ripulire gli elettrodi (specie quello di zinco) sfregandoli con un panno umido.
- Dopo gli esperimenti è bene lavarsi le mani e tutte le parti che potessero essere entrate in contatto con l'elettrolita.

Dove reperire il materiale

Se le indicazioni date all'inizio del capitolo "**Materiali e dettagli costruttivi**" per il rame e lo zinco non hanno dato risultati, e per il resto del materiale, ecco qualche link.

In Italia ho trovato:

- [Lemon clock, kit per la costruzione di una pila al limone contenente una lamina di rame, una di zinco e un orologio digitale con i fili di collegamento predisposti](#)
- [lamierino di rame 100 x 100 mm x spessore 0,8 mm](#)
- [altri lamierini di rame](#)
- dischi di rame di diverse misure: [100 x 0,8 mm](#), [100 x 0,6 mm](#), [130 x 0,8 mm](#)
- [motorino solare](#)
- [elica](#)
- [portalampade E10](#)

La ditta che vende il materiale sopra riportato, per quanto ricordo, accetta ordini minimi di 30 €. In alcune ricorrenze e in alcuni fine settimana a "sorpresa" non fa pagare le spese di spedizione. Quando lo fanno lo annunciano sulla loro web.

- [Lastre di rame e zinco per incisioni calcografiche - 1](#)
- [Lastre di rame e zinco per incisioni calcografiche - 2](#)
- [Lastre di rame e zinco per incisioni calcografiche - 3](#)
- [Lastre di rame e zinco per incisioni calcografiche - 4](#)

Ho trovato un fornitore USA che per piccole quantità di rame e zinco (massimo due pezzi per ogni metallo, per esempio due lamine di rame da 1 x 4 pollici e spessore di 0,04 pollici -circa 25,4 x 101,6 x 1,02 mm- e altre due di zinco delle stesse dimensioni) non fa pagare l'operazione di taglio su misura, e il tutto verrebbe a costare circa 4 dollari. Purtroppo se non avete un indirizzo di recapito in nord America (magari presso un conoscente) per quantità così piccole le spese di invio sono proibitive.

- [lamierino di rame](#)
- [lamierino di zinco](#)

Per ottenere uno solo esemplare di generatore di melodia potrebbe convenire comprare un biglietto augurale musicale in cartoleria, e smontare il circuito da lì.

Ricordo che stiamo alimentando il circuito con una tensione inferiore alla nominale. Il mio esemplare funziona (richiede almeno 0,87 V); se non funzionasse sarebbe necessario alimentare il circuito con due elementi a tazza in serie.

Ecco due link a circuiti non fissati a biglietti:

- [Generatori di melodia per biglietti augurali \(Melody card\)](#)
- [Integrato generatore di melodia \(questo dovrebbe richiedere due elementi a tazza in serie\)](#)

Bibliografia

Siti scelti su Alessandro Volta:

- <http://www.alessandrovolta.info/>
- <http://alessandrovolta.it/>

Immagini su Alessandro Volta e la sua opera:

- <http://www.flickr.com/photos/alessandrovolta1745/>

Mostre su Alessandro Volta:

- <http://www.centrovolta.it/mostraperinternet/>
- <http://ppp.unipv.it/mostra/>

Sito su Alessandro Volta curato dall'Università di Pavia, dove Volta insegnò e fu rettore. Comprende anche alcuni manoscritti e testi delle sue opere originali:

- <http://ppp.unipv.it/Volta/>

Costruzione della versione a colonna della pila di Volta e realizzazione di altre pile elettriche - Modulo 9 - Manuale di divulgazione scientifica di Vincenzo Iorio:

- http://www.atuttoportale.it/didattica/divulgazione_scientifica/modulo-9.pdf

Continua...

Dò appuntamento a un prossimo articolo in cui illustrerò osservazioni e misure che ho effettuato sulla pila, e qualche altro spunto di approfondimento su Alessandro Volta e la sua opera.

Licenze

Il video dell'elettrometro-condensatore proviene da <http://www.youtube.com/watch?v=TrJ9C2q-nGo>.

Il video della pila in funzione è mio, realizzato con l'assistenza tecnica di Christian, che ringrazio. Entrambi i video sono rilasciati con [licenza Creative Commons Attribuzione 3.0 Unported](#).



(*) Dove appare **un** asterisco al termine della didascalia, le **immagini** sono rielaborazioni mie di altre immagini reperibili nell'album <http://www.flickr.com/photos/alessandrovolta1745/>.

Rilascio le mie rielaborazioni con [licenza Creative Commons Attribuzione - Non commerciale - Condividi allo stesso modo 2.0 Generico](#) come richiede la licenza originale.



(**) Dove appaiono **due** asterischi al termine della didascalia, le **immagini** sono rielaborazioni mie di immagini di pubblico dominio.

Tutti i **testi**, gli **schemi Fidocadj** e le **immagini**, dove non altrimenti specificato, sono miei.

Se non diversamente specificato, rilascio i **testi**, gli **schemi Fidocadj** e le **immagini** con [licenza Creative Commons Attribuzione - Condividi allo stesso modo 3.0 Unported](#).



L'attribuzione va effettuata inserendo un link a questo articolo su .

Se il supporto non permette un accesso diretto come hyperlink, l'URL va scritto per esteso:

<http://www.electroyou.it/guidob/wiki/costruzione-di-una-pila-di-volta-a-tazza>.

Estratto da "<http://www.electroyou.it/mediawiki/index.php?title=UsersPages:Guidob:costruzione-di-una-pila-di-volta-a-tazza>"