



**ANNO SCOLASTICO 1999-2000**

**Questa dispensa è stata realizzata  
dal professor Giuseppe Munafò**

## INTRODUZIONE

*Questa pila, formata da coppie di metalli diversi, separate da un poco di liquido, è, per la singolarità degli effetti che produce, il più meraviglioso strumento mai inventato dal genere umano.*

Dominique François Arago, fisico, 1831

*La base di tutte le invenzioni moderne.*

Albert Einstein, fisico, 1927

*In questa conquista il caso non ebbe una parte apprezzabile; essa fu anzi il risultato di una lunga serie di sagaci ricerche e di ingegnose esperienze ispirate da successive logiche deduzioni. Mercé la pila l'elettricità cessò, si può dire, di essere quasi esclusivamente oggetto di studio, per divenire oggetto di ricerca potentissimo, fecondo, universale; per essa la scienza poté svelare ed offrire all'uomo una energia multiforme, che già sembra destinata a produrre nella umana civiltà mutazioni così profonde, da potersi forse paragonare soltanto a quelle che in età remota recò l'uso del fuoco.*

Augusto Righi, fisico, 1899

## ALESSANDRO VOLTA - LA VITA

Alessandro Volta nacque a Como il 18 febbraio del 1745 da famiglia nobile, anche se non benestante. Proprio le ristrettezze sorte alla morte del padre (avvenuta presumibilmente fra 1752 e il 1753) costrinsero la famiglia a dividersi. Alessandro, con la madre e le tre sorelle, andò a vivere con lo zio Alessandro, canonico, mentre gli altri tre fratelli si trasferirono da un altro zio, frate dominicano. Fra il 1758 e il 1763 Volta studiò presso il Collegio dei Padri Gesuiti ma, finito il ginnasio, decise di non proseguire gli studi. Nonostante le pressioni (da una parte dello zio, affinché Alessandro intraprendesse la carriera di avvocato, e dall'altra di un insegnante, che cercò di convincerlo ad entrare nella Compagnia di Gesù) Volta decise di intraprendere da autodidatta lo studio dei fenomeni elettrici, campo di studi questo, in quegli anni, nuovo e particolarmente fertile e seguito. Fra il 1763 e il 1769 Volta intraprese una corrispondenza con Beccaria e Nollet, due fra i maggiori esperti del tempo di fenomeni elettrici, e si dedicò a fare esperimenti nel laboratorio messogli a disposizione dall'amico Gattoni. Nel 1769 pubblicò il suo primo lavoro scientifico, *De vi attractiva ignis elettrici ac phaenomenis inde pendentibus*, dedicato a Beccaria, ma in cui ne contestava le teorie. Nel 1771 pubblicò il secondo lavoro, dedicato a Spallanzani, nel quale propose un nuovo modello di macchina elettrostatica. Nel 1774, pressato da necessità finanziarie, Volta fece domanda per un incarico di insegnante presso le Scuole di Como, presentando i suoi lavori scientifici. Ad ottobre il conte Firmian, ministro plenipotenziario per la Lombardia dell'Impero Austriaco, lo nominò Soprintendente e Reggente alle Scuole di Como. Nonostante tale incarico, Volta continuò i suoi studi che lo portarono a ideare, nel 1775, una nuova macchina che egli stesso chiamò *elettroforo perpetuo* e che fu subito apprezzata dalla comunità scientifica europea. Nel novembre del 1776, durante una gita in barca sul Lago Maggiore, frugando con un bastone nel fondo melmoso di un canneto presso Angera, Volta notò delle bollicine che si liberavano nell'aria. Studiando quel gas egli scoprì il *metano* che chiamò *aria infiammabile nativa delle paludi*. In seguito agli studi sul metano Volta ideò alcuni strumenti: *l'eudiometro* ad aria infiammabile, *la lampada* ad aria infiammabile e *la pistola* ad aria infiam-



Figura 1 - Alessandro Volta.

mabile. Nel 1778 il conte Firmian, ormai convinto del valore di Volta, lo nominò Professore di Fisica Particolare all'Università di Pavia. Negli anni che vanno dal 1778 al 1786 Volta si dedicò all'insegnamento, diventando un punto di riferimento fondamentale dell'ateneo pavese, e a numerosi viaggi di studio in tutta Europa. Sono di questo periodo l'invenzione dell'*elettrometro* e i fondamentali studi sulle proprietà del *condensatore*. Negli anni fra il 1786 e il 1795 Volta si occupò di meteorologia elettrica e delle proprietà fisico-chimiche degli aeriformi, scoprendo (nel 1793), dieci anni prima di Gay-Lussac, la legge di dilatazione dell'aria e nel 1795 (due anni prima di Dalton) le leggi che regolano le tensioni di vapore. Nel 1792 Volta venne a conoscenza degli esperimenti di Galvani sull'elettricità delle rane e ne rimase colpito al punto da cominciare un approfondito lavoro di ricerca, dapprima in accordo con le teorie di Galvani ma ben presto in aperto contrasto con esse. In conseguenza di queste ricerche Volta costruì nel 1799 la prima *pila*. L'invenzione della pila ebbe immediatamente una vasta eco nel mondo scientifico del tempo e procurò a Volta grande ammirazione e onori. Nel 1801 il primo console Napoleone Bonaparte lo insignì di una medaglia d'oro. Lo stesso Napoleone, divenuto Imperatore, lo nominò dapprima senatore del Regno d'Italia (1809) e poi Conte (1810). Il grande clamore e la quantità di impegni conseguenti la fama acquisita furono per Volta, uomo semplice e schivo, causa di disagio e imbarazzo; egli, infatti, si era sposato nel 1794, quasi cinquantenne, ed ebbe tre figli. Come egli stesso scrisse in una lettera del 1801 alla famiglia

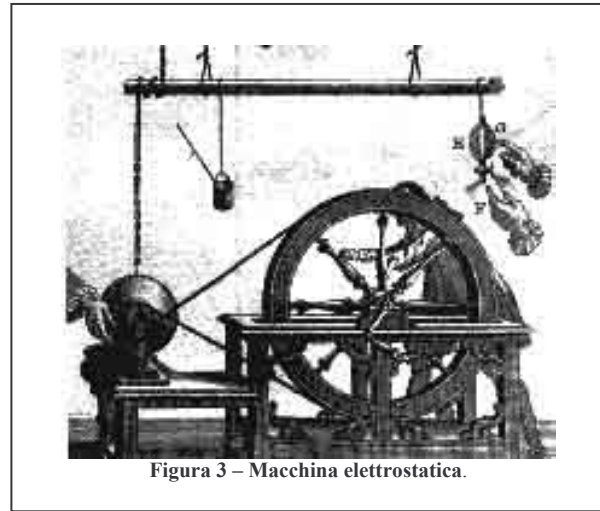


Figura 3 – Macchina elettrostatica.

“In mezzo a tante cose che devono certo farmi piacere, e che sono fin troppo lusinghiere, io non mi invaghisco a segno di credere di essere più di quello che sono; e alla vita agiata da vana gloria io preferisco la tranquillità e dolcezza della vita domestica.”

Questo attaccamento alla famiglia e i nuovi impegni politici costrinsero Volta a diradare l'attività di ricerca e l'insegnamento. Nel 1804 chiese di abbandonare l'insegnamento ma le pressioni dell'Imperatore lo costrinsero semplicemente a diradarlo fino al 1813, anno dell'abbandono definitivo. Nel 1819 si ritirò, quasi in isolamento, nella villa di Camnago, dove morì il 3 marzo 1827.

## LE INVENZIONI

Fra gli storici della scienza è diffusa la convinzione che Volta, più che uno scienziato, sia stato soprattutto un inventore di dispositivi. Trascurando la discussione della validità di tale ipotesi, bisogna ammettere che le invenzioni di Volta sono state di fondamentale importanza per lo sviluppo non solo della scienza elettrica, ma anche della chimica. Rimandando ad un prossimo paragrafo la discussione dell'invenzione più celebre di Volta, la pila, in questo paragrafo saranno descritte alcune scoperte e invenzioni, certo meno celebri, ma ugualmente importanti per la scienza.

### L'eudiometro

Dopo aver scoperto il metano e le sue proprietà infiammabili (da ciò derivò il nome, aria infiammabile nativa delle paludi) Volta si dedicò allo studio delle proprietà del metano e delle altre *arie* (come venivano chiamati allora i gas) scoperte in quegli anni e diverse dall'aria atmosferica: l'anidride carbonica (*aria fissa*, scoperta da Blake nel 1755), l'idrogeno (*aria infiammabile*, Cavendish, 1766), l'ossigeno (*aria deflogistica*, Priestley, 1774). Durante questi studi Volta scoprì che miscelando 1/3 di aria deflogistica con 2/3 di aria infiammabile si otteneva una miscela che, accesa con una scintilla elettrica, risultava “al sommo tonante” (cioè esplosiva). Partendo da questa scoperta Volta costruì una pistola ad aria infiammabile che era essenzialmente un'ampolla di vetro chiusa da un tappo e in cui, tramite dei contatti elettrici, una scintilla faceva esplodere la miscela descritta più sopra. La **pistola di Volta** non divenne mai una vera arma ma fu usata come un **eudiometro**. Esso era un oggetto, già inventato da Landriani e Fontana, che serviva a misurare la percentuale di ossigeno contenuto nell'aria atmosferica e, quindi, veniva usato per verificare la salubrità dell'aria di una località. Una conseguenza degli studi sulle arie infiammabili fu l'invenzione, da parte di Volta, di **una lampada a gas infiammabile**. In essa il metano veniva fatto reagire con un metallo e si produceva idrogeno; quest'ultimo era poi incendiato da una scintilla elettrica. Un'altra conseguenza fu la scoperta di Volta della legge di dilatazione dell'aria. Tale legge è sempre stata attribuita allo scienziato francese Gay-Lussac, che la formulò molti anni dopo. Tutti i tentativi ufficiali dell'Italia di ottenere il riconoscimento a Volta della paternità della legge sono sempre falliti.



Figura 2 - Pistole di Volta.

## L'elettroforo

Ai tempi di Volta esistevano già le macchine elettrostatiche. Esse erano dei dispositivi nei quali, facendo ruotare una sfera di zolfo o di vetro sulla quale si appoggiava un corpo (ad esempio una mano), si otteneva la produzione di elettricità. Queste macchine avevano il difetto di produrre elettricità solo fin quando il globo continuava a strisciare contro l'altro corpo. Nel tentativo di spiegare le strane proprietà di un oggetto elettrico scoperto in quegli anni, la *bottiglia di Leida*, Volta inventò nel 1775 uno straordinario dispositivo che chiamò **elettroforo perpetuo**. Esso era costituito da un disco di materiale resinoso (“ceralacca, zolfo o d'altra resinosa materia”) che veniva caricato di elettricità tramite una macchina elettrostatica o semplicemente strofinandolo con una pelle o un panno di lana. Se successivamente si posava su esso un secondo disco di metallo, si toccava con un dito la sua faccia superiore e poi lo si sollevava, si osservava che il disco di metallo risultava carico. La cosa straordinaria era, però, che questa operazione poteva essere ripetuta un gran numero di volte, anche a distanza di giorni, senza dover ricaricare il disco di resina! In altre parole, per la prima volta si poteva produrre elettricità senza dover tenere continuamente in funzione una macchina elettrostatica!

## L'elettrometro

Già prima che Volta cominciasse i suoi studi esistevano strumenti che permettevano di verificare se un corpo fosse elettrizzato. Tali strumenti si chiamavano *elettroscopi* ed erano costituiti da un'ampolla di vetro nella quale era inserito un grosso filo metallico che ne sorreggeva altri due, più sottili. Il filo fuoriusciva dall'ampolla e, toccando con esso un corpo elettrizzato, si osservava che i due fili interni si divaricavano. Gli elettroscopi avevano, però, il difetto di non permettere di misurare quanta elettricità fosse posseduta da un corpo. Fu

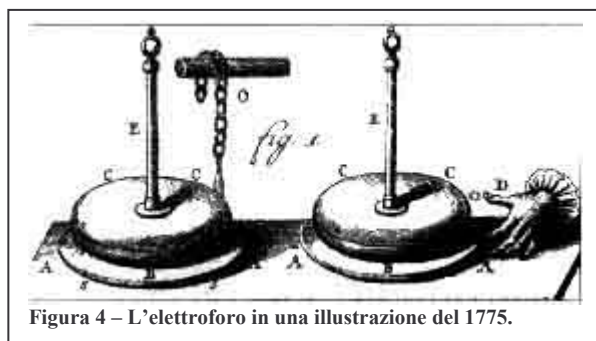


Figura 4 – L'elettroforo in una illustrazione del 1775.

Volta a risolvere il problema ideando l'**elettrometro**. Esso era un normale elettroscopio ma con delle pagliuzze al posto dei sottili fili e con una scala graduata incollata nel vetro dell'ampolla. Dopo molti esperimenti, Volta si accorse che il divaricamento delle pagliuzze era proporzionale all'elettricità fornita al filo dell'elettroscopio e quindi bastava segnare, a intervalli regolari, delle tacche su un foglio di carta e incollarlo nel vetro dell'ampolla per ottenere uno strumento di misura dell'elettricità. Volta stabilì anche le caratteristiche geometriche dell'elettrometro: le pagliuzze dovevano essere lunghe “due pollici parigini” (5,4 cm) e la distanza fra due tacche successive della scala graduata doveva essere di “mezza linea” (0,11 cm).



Figura 5 – L'elettrometro.

## Il condensatore

Non c'è dubbio che l'invenzione della pila diede a Volta gli onori e la gloria, in vita, e l'immortalità, ma l'invenzione del **condensatore** fu, a tutti gli effetti, altrettanto rivoluzionaria. Il condensatore, come la pila, ha accresciuto nei secoli la sua importanza e, anzi, oggi è un dispositivo assolutamente indispensabile per il funzionamento di qualunque apparecchio elettrico. Volta presentò il condensatore in uno scritto pubblicato nel 1782, spiegando che la sua invenzione era nata dall'esigenza di misurare quantità di elettricità talmente piccole da non poter essere rivelate da alcun elettrometro allora esistente; per questo motivo Volta chiamò questo dispositivo “*microelettroscopio*” o “*condensatore di elettricità*”. Oggi i condensatori (come le pile) sono ben diversi da quelli proposti da Volta, ma allora egli lo descrisse essenzialmente come un elettroforo leggermente modificato e utilizzato in modo diverso. Per lo studio delle proprietà del condensatore Volta inventò i concetti di tensione (T) e di capacità (C) e la formula che li collega fra loro e alla quantità di elettricità del condensatore ( $Q = C \cdot T$ ). Sia i termini sia la formula sono ancora oggi utilizzati nello studio dell'elettricità. Poiché il condensatore derivava dall'elettroforo, il quale era una conseguenza degli studi di Volta sulla bottiglia di Leida (una sorta di condensatore inventato per caso da un avvocato della città olandese di Leida), si può affermare che il condensatore, come oggetto, ai tempi di Volta esisteva già. Esso era però un dispositivo di cui nessuno capiva il funzionamento. Il grande merito di Volta fu di capire e spiegare in modo rigoroso le proprietà del condensatore e, proprio per questo, egli ne è sempre stato considerato il vero inventore. In una lettera indirizzata a Volta nel 1784, lo scienziato francese De Luc enunciava chiaramente tutto ciò:

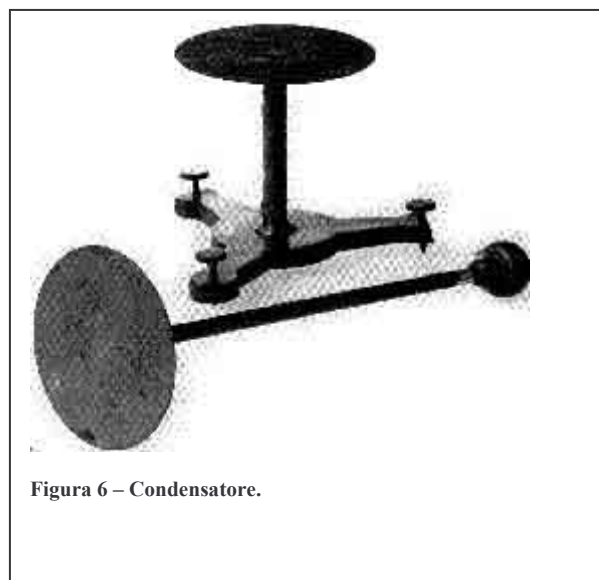


Figura 6 – Condensatore.

"La grande aggiunta che avete dunque fatto a questa scoperta sono i cambiamenti che prova il corpo elettrizzato stesso, a causa di quelli che esso produce nei corpi vicini. Ecco ciò su cui non ho trovato nulla in tutte le mie letture ... io mi condurrei con molta precauzione sulla parte storica, e vi attribuirei la scoperta decisiva detta qui sopra, dopo la quale mi sarà facile far vedere che voi avete dovuto trovare non per caso ma a priori sia l'elettroforo sia il condensatore."

## L'elettrometro condensatore

Ad un certo punto Volta si accorse che si poteva ottenere un notevole miglioramento nella misurazione di quantità di elettricità molto piccole unendo l'uso del condensatore a quello dell'elettrometro e costruì l'*elettrometro condensatore*. Così egli stesso lo descrisse, in una lettera del 1799:

"Sopra uno dei soliti elettrometri a boccetta ... avvito un piattello di ottone del diametro di 2 in 3 pollici leggermente incrostato di ceralacca; il quale poi, per avere un ottimo condensatore, il copro di un altro simile piattello nudo che lo combacia a dovere, guernito di un manico, per poterlo comodamente levare e riporre."

## LA DISPUTA VOLTA-GALVANI

Alla metà del Settecento era già nota la proprietà di un pesce della famiglia delle razze, la *torpedine*, di emettere scariche elettriche se attaccato da un predatore. Gli studiosi del tempo erano divisi fra coloro che pensavano che tale proprietà fosse esclusiva di questo tipo di pesci e quelli che pensavano che "l'elettricità animale" fosse una prerogativa di tutte le specie. A questi ultimi apparteneva il biologo e anatomista Luigi Galvani. Egli, docente all'università di Bologna, aveva intrapreso una serie di esperimenti per cercare di evidenziare che anche altri animali, in particolare le rane, erano ricettacolo di elettricità. Dopo alcuni anni di tentativi finalmente, nel 1791, Galvani diede notizia della scoperta della presenza indubbia dell'elettricità animale nelle rane. Così egli scrisse in un passo della pubblicazione:

"Dissecai una rana ... e la collocai sopra una tavola su quale c'era una macchina elettrica dal cui conduttore era separata e collocata a non breve distanza; mentre uno dei miei assistenti toccava per caso leggermente con la punta di uno scalpello gli interni nervi crurali di questa rana, a un tratto furono visti contrarsi tutti i muscoli degli arti, come se fossero stati presi dalle più veementi convulsioni toniche. A un altro dei miei assistenti che mi era più vicino, mentre stavo tentando altre nuove esperienze elettriche, parve di avvertire che il fenomeno succedesse proprio quando si faceva scoccare una scintilla dal conduttore della macchina. Ammirato dalla novità della cosa, subito avvertì me che ero completamente assorto e meco stesso d'altre cose ragionavo. Mi accese subito un incredibile desiderio di ripetere l'esperienza e di riportare in luce ciò che di occulto c'era ancora nel fenomeno."

Quando Volta, nel 1792, venne a conoscenza dei risultati delle ricerche di Galvani ne rimase particolarmente colpito e, dopo alcuni esperimenti di verifica, assolutamente convinto. Ecco come Volta descrisse le sue emozioni:

"Debbo confessare che incredulo e con non molta speranza di buon successo mi ridussi a fare le prime prove tanto sorprendenti pareanmi i descritti fenomeni, e, se non contrari, superiori troppo a tutto quello che dell'elettricità ci era noto, tal che mi aveano del prodigioso. Della quale incredulità mia e quasi ostinazione, nonché mi vergogni, domando perdono all'Autore della scoperta, cui mi fo altrettanto maggior premura e gloria di esaltare ora che ho veduto e

toccato con mano ... Infine eccomi convertito, dacché cominciai a essere testimonia oculare e operatore io stesso dei miracoli, e passato forse dall'incredulità al fanatismo."

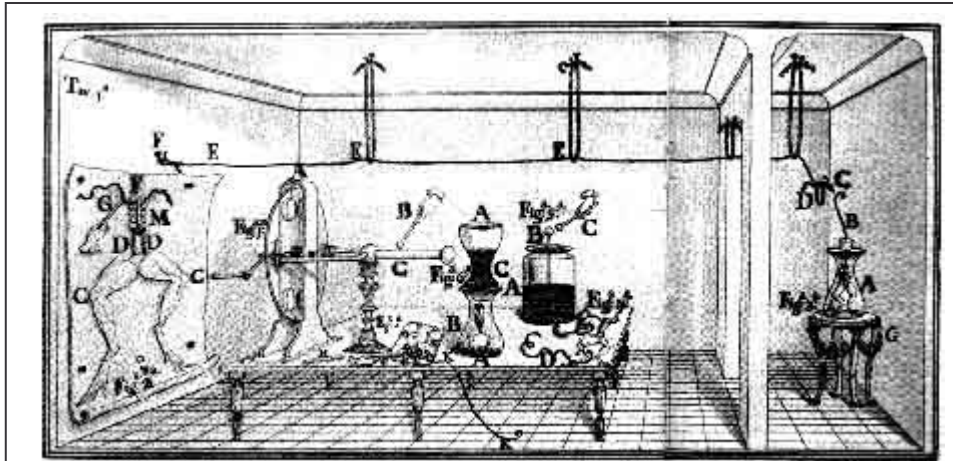


Figura 7 - L'esperimento delle rane, in un'illustrazione originale tratta dal libro di Galvani.

Ben presto (già nello stesso 1792) Volta, dopo l'iniziale entusiastico accordo, cominciò a maturare convinzioni diverse da quelle di Galvani. Secondo Volta la rana non era un serbatoio di elettricità ma piuttosto un rivelatore di essa (una sorta di elettroscopio "naturale"). In altre parole, le contrazioni dei muscoli delle rane erano una conseguenza del passaggio di una corrente non già presente nella rana, ma imputabile in qualche modo ai metalli dei ferri chirurgici usati per toccarla. Secondo Volta l'elettricità animale è una prerogativa solo di alcuni di essi (ad esempio, le torpedini, che hanno un organo apposito per la produzione della corrente) ma non di tutti. Da quel momento si avviò fra Volta e Galvani una delle più dure e affascinanti dispute della storia della scienza. Tale disputa fu combattuta a colpi di esperimenti, di deduzioni e controdeduzioni, di pubblicazioni e lettere private. L'effetto immediato fu il coinvolgimento e lo schieramento di tutto il mondo scientifico europeo che si divise in voltiani e galvaniani. Le stesse parole di Galvani, tratte da una lettera del 1797 a Spallanzani, possono servire a chiarire la differenza fra le due posizioni:

"Volta vuole questa elettricità la stessa che quella comune a tutti i corpi; io, particolare e propria dell'animale; egli pone la causa dello sbilancio negli artifici che si adoperano, e segnatamente nella differenza dei metalli; io, nella macchina animale: egli stabilisce tal causa accidentale ed estrinseca; io, naturale ed interna: egli in somma tutto attribuisce ai metalli, nulla all'animale; io, tutto a questo, nulla a quelli."

Durante questi anni sia Galvani sia Volta idearono degli esperimenti che furono ricchi di conseguenze per i rispettivi campi di studio. Alla fine, grazie anche all'invenzione della pila, la teoria di Volta ebbe il sopravvento, ma le ricerche di Galvani furono comunque di fondamentale importanza per lo sviluppo delle conoscenze in anatomia e fisiologia.

## L'INVENZIONE DELLA PILA

Durante la disputa con Galvani, Volta sviluppò la teoria sull'elettricità di contatto. Secondo Volta quando due metalli diversi sono posti a contatto si crea fra essi una tensione (differenza di potenziale) e se un terzo conduttore è posto fra le estremità dei due metalli si crea un circuito in cui può passare una corrente elettrica. Le contrazioni dei muscoli delle rane sono solo la reazione passiva a tale corrente "esterna". In conseguenza dei suoi esperimenti Volta si accorse, inoltre, che la presenza "fra i due metalli" di un conduttore umido (come una pezza intrisa di un acido) aumentava notevolmente il passaggio di corrente. Dopo vari tentativi, non completamente docu-

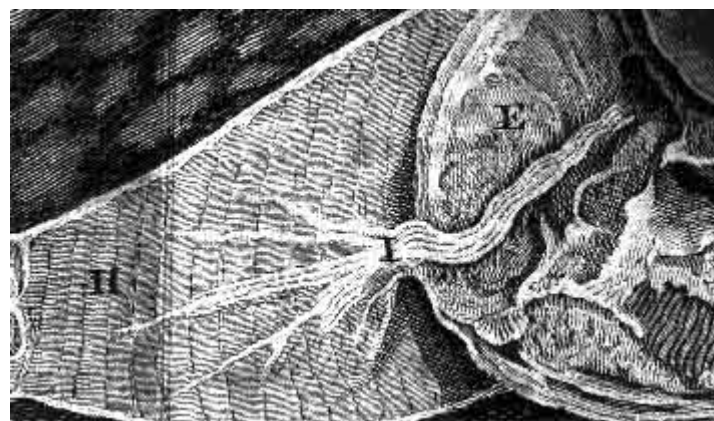


Figura 8 - Illustrazione tratta dall'articolo di John Hunter sull'organo elettrico della torpedine. È mostrato un nervo (I) inserito nella struttura cellulare a colonna (H).

mentati storicamente, Volta costruì un dispositivo formato da un certo numero di coppie di dischetti di rame e zinco, separati da una pezza imbevuta di acido e “impilati” uno sull’altro. Da ciò derivò il nome con il quale l’oggetto era chiamato in Francia (*pile*), mentre Volta lo aveva inizialmente chiamato “*apparecchio a colonna*”. La pila così costruita riuscì a produrre una corrente elettrica e, oltre a dare una conferma delle teorie di Volta sull’elettricità animale, costituì un oggetto dalle rivoluzionarie conseguenze pratiche. Infatti, scegliendo opportunamente il tipo di acido, la coppia di metalli, il loro numero, le loro dimensioni, si potevano costruire pile in grado di produrre correnti molto più intense di quelle prodotte da una macchina elettrostatica. La pila funzionava in modo continuo e ininterrotto per molto tempo e aveva, inoltre, dimensioni molto più ridotte rispetto ad una macchina elettrostatica. Come è già stato detto, la genesi esatta della pila non è documentata. Il primo documento ufficiale nel quale Volta descrisse la sua invenzione è una lettera (scritta in francese) datata 20 marzo 1800, intitolata *Sull’elettricità provocata dal semplice contatto di sostanze conduttrici di diverso tipo*. La lettera fu indirizzata a Sir Joseph Banks, presidente della Royal Society di Londra, forse la più prestigiosa istituzione scientifica del tempo. Ovviamente, è indubbio che la scoperta sia stata precedente a tale data ma una serie di circostanze e di grandi fatti storici impedirono a Volta di documentare con regolarità il procedere delle sue ricerche. Infatti la Lombardia, in quegli anni, era al centro dello scontro politico e militare tra la Francia e l’Impero austriaco. Subito dopo la rivoluzione francese, e per una serie di motivazioni principalmente interne, la Francia aveva sferrato un’offensiva militare contro l’Austria, con l’Italia come campo di battaglia. Ciò aveva portato Napoleone a costituire dapprima la Repubblica Cispadana (1796) e successivamente, annettendo ad essa anche la Lombardia, la Repubblica Cisalpina (1797). A maggio del 1796 l’esercito francese scacciò gli austriaci da Pavia e il successivo saccheggio della città risparmiò l’università e i suoi laboratori. Trascinati dai fermenti filosofici e ideologici conseguenti la rivoluzione francese, molti docenti dell’ateneo pavese si schierarono apertamente a fianco della Francia. Quando, però, nel marzo del 1799 l’Austria sferrò la controffensiva che la portò a riconquistare la Lombardia, l’Università di Pavia venne chiusa, gran parte dei docenti fu dimissionata e privata dello stipendio e coloro che avevano collaborato con i francesi furono incarcerati. Volta, forse per il suo prestigio internazionale; forse perché era sempre stato un pupillo degli Imperatori d’Austria (dapprima Maria Teresa e, successivamente, Giuseppe II); forse, più probabilmente, perché non si era mai apertamente schierato pro o contro l’intervento francese, godette di grande libertà e ottenne di lasciare la città. Si rifugiò allora a Como dove, lontano dal mondo accademico, continuò i suoi studi sull’elettricità di contatto dei metalli e sull’elettricità della torpedine. Pare che sia stata proprio la disposizione delle cellule dell’organo elettrico della torpedine (che Volta conosceva sia attraverso le dissezioni da lui stesso eseguite, sia attraverso le illustrazioni tratte dalle dissezioni del 1773 dell’anatomista John Hunter), a suggerire a Volta la forma finale della pila. Molto probabilmente l’esperimento definitivo che gli confermò il funzionamento della pila fu eseguito verso la fine del 1799.

## CONCLUSIONI

Forse hanno ragione coloro che sostengono che l’invenzione della pila fu casuale; non c’è dubbio, invece, che dovettero passare molti anni prima che si potesse spiegare esattamente il suo funzionamento. Fu necessario che la fisica e la chimica si evolvessero ancora e che fossero acquisite le conoscenze relative alla struttura degli atomi e delle molecole (ai tempi di Volta, puri e semplici modelli filosofici). Ma questa è un’altra storia. Resta il fatto che chiunque, con una semplice riflessione, può rendersi conto di quanto insostituibile sia diventata la pila nella nostra vita. Dagli oggetti più piccoli (come i minilaser tascabili) a quelli più grossi (come i treni); dagli oggetti più inutili (come i frullatori a pile) a quelli più indispensabili (come le auto); da quelli più comodi (come i telecomandi) a quelli più scomodi (come i computer portatili) fino al vero totem di fine millennio: il telefonino. E le telecamere? E le macchine fotografiche? E i walkman? E gli orologi? Se domani si smettesse di produrre le pile la nostra vita ne sarebbe profondamente condizionata. E questo è il modo migliore per riconoscere la grandezza di Alessandro Volta e delle sue invenzioni.



**BIBLIOGRAFIA**

- L. FREGONESE - *Volta* - I grandi della scienza vol. 11, Ed. Le Scienze  
AA. VV. - *Alessandro Volta fisico e scienziato* - Nuova secondaria n° 8/99,  
Ed. La Scuola  
E. SEGRÈ - *Personaggi e scoperte della fisica classica* - Ed. Mondadori  
R. MAIOCCHI - *Storia della scienza in occidente* - Ed. Minerva Italica