

Historical experiences and fundamental concepts of electrostatics

Pietro Cerreta - Associazione ScienzaViva, Centro della Scienza, Calitri (Av) –
pietro.cerreta@tin.it

Abstract: “The Experimental and Historical Foundations of Electricity” is a remarkable book written by André Koch Torres Assis, a Brazilian scholar of History of Physics well-known also in Europe. The aim of the book is to encourage the reader to learn electrostatics through its historical experiments, which everybody can reproduce with their own hands. As a matter of fact, the crucial experiences of scientists such as Gilbert, Fracastoro, Guericke, Fabri, Boyle, Gray, Du Fay, Aepinus, Nollet, etc., can be recreated following its detailed worksheets and by utilizing only commonly used objects. Everyone will be able to retrace the steps of all these scientists’ research, thus discovering the birth and development of the basic concepts of electricity from the sixteenth century to the present-day. Therefore, this volume is a mine of information for those who enjoy investigating the origin of notions which appear at first glance intuitive, such as *conductor* and *insulator*, as well as basic tools used in the past for physical investigation, such as the electric pendulum, the *versorium* and the electroscope. Thanks to AIF, Assis’s book, recently translated by me and others into Italian, is available in our Country. We would like to recommend it to teachers and high school students who wish to acquire both the tangible evidence of phenomena and the historical context where they originated.

Keywords: Amber Effect, Friction, Versorium, Electric Pendulum, ACR Mechanism, Conductors, Insulators, Electrical Conduction.

1. Replicare esperimenti storici con materiali di tutti i giorni

I fondamenti sperimentali e storici dell’elettricità (Assis 2017), recentemente pubblicata dall’AIF (Fig. 1), è la versione italiana del libro *The Experimental and Historical Foundations of Electricity* (Assis 2010), di cui ho curato la traduzione insieme ad altri. Ne è autore André Koch Torres Assis ([Books Published by A.K.T. Assis]), professore di Fisica all’Università di Campinas in Brasile, il quale è conosciuto anche in Europa per i suoi studi di Storia della Fisica.

Il lavoro di Assis è un interessante esempio di come si può combinare la storia con la didattica della fisica. Il testo, infatti, invita il lettore a replicare con le proprie mani gli esperimenti di elettrostatica compiuti secoli fa dagli antichi scienziati. In tal modo, mentre si ripercorrono i passi decisivi da loro compiuti in quel campo, si comprendono meglio i concetti fisici di cui attualmente ci serviamo. I materiali da usare sono le cose di tutti i giorni che, contrariamente a quanto si pensi, sottolinea l’autore, consentono di

«eseguire esperimenti precisi e costruire strumenti scientifici molto sensibili» (Assis 2017, p 9).



Fig. 1. La copertina del libro *I fondamenti sperimentali e storici dell'elettricità*.

Il libro, inoltre, si avvale di ricerche e di suggerimenti raccolti da numerosi esperti, in particolare da John L. Heilbron (principalmente Heilbron 1999).

Vediamo ora le sue caratteristiche. A ciascuno degli esperimenti proposti corrisponde una scheda tecnica molto dettagliata contenente indicazioni utili su cosa adoperare e sulle modalità di allestimento delle esperienze. Altrettanto curate risultano le spiegazioni di quel che accade quando le esperienze vengono eseguite.

Ogni situazione sperimentale è contraddistinta da un numero progressivo. Ciò consente all'autore di richiamarla rapidamente, ogni volta che egli ritiene conveniente tornarci sopra affinché il lettore la confronti con quella in esame. A volte si tratta di piccole ma sostanziali variazioni il cui esame permette di cogliere l'incessante divenire dei risultati nelle indagini degli scienziati che si sono succeduti nel tempo.

Nel corso della traduzione del testo ho verificato personalmente la validità di gran parte di tali schede, a cominciare dalle iniziali, riguardanti il cosiddetto "effetto ambrà" (di cui parla per la prima volta Platone, che è l'analogo del ben noto esperimento con cui si attraggono pezzettini di carta con cannuccie di plastica strofinate tra i capelli), per giungere alle ultime, che trattano della conduzione elettrica. Ho così riscontrato che le indicazioni fornite dall'autore, peraltro sempre corredate da una o più figure esplicative, sono precise e puntuali.

Insomma, il libro offre ai docenti e agli studenti la possibilità di risalire allo sviluppo dei concetti fisici dell'elettricità attraverso un approccio "hands-on" arricchito dalla profondità storica dei contesti esaminati.

2. Gli scienziati dell'elettricità e gli argomenti delle loro ricerche

Per definire sinteticamente l'opera di Assis si può dire che egli ha attualizzato gli esperimenti storici di cui si occupa, alla luce del racconto tratto dalle citazioni originali dei numerosi scienziati che ne furono i protagonisti, tra i quali: G. Fracastoro (1478-1533); W. Gilbert (1544-1603); O. Von Guericke (1602-1686); H. Fabri (1608-1688); R. Boyle (1627-1691); I. Newton (1643-1727); F. Hauksbee (1660-1713); S. Gray (1666-1736); J.T. Desaguliers (1683-1744); C.F. Du Fay (1698-1739); J.A. Nollet (1700-1770); B. Franklin (1706-1790); F.U.T. Aepinus (1724-1802); C.A. Coulomb (1736-1806); A. Volta (1745-1827); A. Bennet (1750-1799); M. Faraday (1791-1867); W. Thomson (Lord Kelvin) (1824-1907).

In linea di massima, i tentativi eseguiti e i progressi ottenuti da queste personalità del passato durante le loro esplorazioni scientifiche si possono elencare con i seguenti punti:

- Gilbert e alcuni suoi esperimenti elettrici. La nomenclatura di Gilbert: corpi elettrici e non elettrici.
- Il *Perpendicolo* di Fracastoro e il *Versorium* di Gilbert.
- Fabri e Boyle scoprono la mutua azione elettrica.
- Newton e l'elettricità.
- L'esperimento di Guericke con la piuma che cade svolazzando.
- Du Fay riconosce il fenomeno della repulsione elettrica.
- Scaricare un corpo mettendolo a terra.
- Il pendolo elettrico di Gray.
- Il *Versorium* di Du Fay.
- Du Fay scopre il meccanismo di «attrazione, contatto (e carica) e repulsione».
- Il filo pendulo di Gray.
- Il metodo di Hauksbee per la mappatura delle forze elettriche.
- La scoperta di Du Fay dei due tipi di elettricità.
- La serie triboelettrica.
- La variazione della forza elettrica in dipendenza della distanza e della quantità di carica.
- L'elettroscopio.
- Conduttori ed isolanti.
- Gray e la conservazione della carica elettrica.
- Una piccola storia dell'elettroscopio e dell'elettrometro.
- Aepinus e la polarizzazione elettrica.
- Usare la polarizzazione per caricare un elettroscopio.
- Discussione sul pendolo elettrico di Gray.
- Il generatore elettrostatico di Kelvin.
- Scoperta dell'elettrizzazione dei metalli per strofinio nel 1770. Cambiamento di nome e di significato: da «corpi elettrici e non elettrici» di Gilbert a «isolanti e conduttori» di Du Fay e Desaguliers.
- Raccolta dei fatti semplici e primitivi riguardanti il concetto di elettricità. Spiegazione dell'effetto ambr.

È da segnalare un'interessante *Appendice* dedicata a Gray, il grande scienziato britannico che ha scoperto i conduttori e gli isolanti, insieme ad alcune delle loro principali proprietà:

- Il generatore elettrico di Gray.
- Scoperta di Gray su come comunicare elettricità ad un altro corpo senza strofinarlo.
- Esplorazione di tale scoperta e «risveglio» della elettricità nascosta dei metalli.
- Gray scopre i conduttori e gli isolanti.
- Scoperta che ciò che fa comportare un corpo come conduttore o come isolante dipende dalle sue proprietà intrinseche.
- Scoperta che la elettrizzazione può avvenire anche a distanza, cioè per comunicazione.
- L'esperimento del ragazzo sospeso.
- Scoperta che le cariche libere sono distribuite sulla superficie dei conduttori.
- Scoperta del potere delle punte.

Un'ampia bibliografia, infine, conclude il lavoro.

3. Il pendolino, il versorium e l'elettroscopio

Tra le attrezzature che Assis suggerisce al lettore di costruirsi da sé troviamo tre strumenti fondamentali:

- a) il "pendolino elettrico", cioè un dispositivo fatto con cannuce di plastica per bibite, un filo di seta e un dischetto di carta o alluminio attaccato al filo (Fig. 2); il pendolino inclinandosi mostra un'attrazione, una repulsione e in casi particolari addirittura un'oscillazione;
- b) il "versorium", un aggeggio ispirato da Gilbert, simile ad una bussola nella quale al posto dell'ago magnetico è collocata una graffetta per carta o fermacampione con le alette aperte che ruotano e puntano verso il corpo elettrizzato (Fig. 3);
- c) l'"elettroscopio", un cartoncino a cui è attaccata una sottile linguetta di carta velina ed è retto da una cannuccia di plastica; in esso, è la linguetta pendente a muoversi quando con un corpo elettrizzato per strofinio si gratta il bordo superiore del cartoncino, trasferendogli in tal modo l'elettricità distribuita sulla sua superficie. Questo strumento si rivela utilissimo nelle dimostrazioni riguardanti l'esame del comportamento di conduttore ed isolante di un certo materiale, l'induzione, la messa a terra, ecc. (Fig. 4).

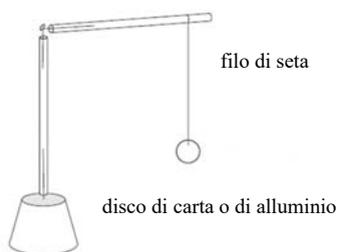


Fig. 2. Il pendolino elettrico. Dall'alto: lo schema grafico del pendolino, la repulsione del disco d'alluminio da una cannuccia elettrizzata con carica dello stesso segno e il meccanismo "attrazione - comunicazione dell'elettricità - repulsione" (ACR).



Fig. 3. Due versorium orientati da una cannuccia elettrizzata.

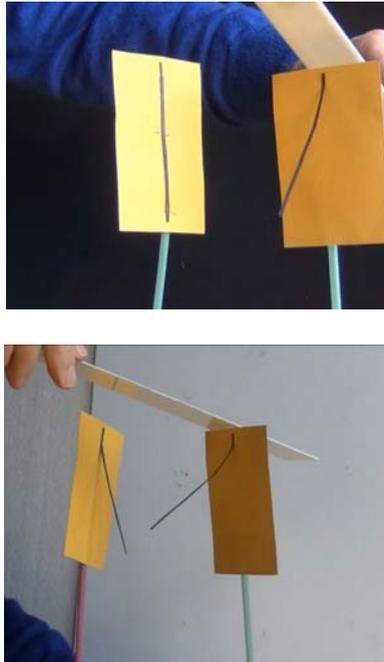


Fig. 4. Elettroscopi. Sopra: carica dell'elettroscopio mediante un righello elettrizzato e deviazione della strisciolina; sotto: attrazione delle striscioline di elettroscopi contigui.

Le immagini precedenti danno un'idea del funzionamento delle attrezzature suggerite da Assis. Per vederle in azione si suggerisce di guardare i seguenti video pubblicati sul sito di ScienzaViva: [Pendolini elettrici], [Versorium], [Due versorium], [Elettroscopi].

4. Verifica delle proprietà di conduttore ed isolante dei materiali comuni

Un'interessante indagine empirica proposta dal libro è quella riguardante la verifica del comportamento da conduttore o da isolante di vari materiali, mediante l'uso degli elettroscopi di cui si è detto (Fig. 5). Si apprendono così cose sorprendenti: uno spiedo di legno, ad esempio, si comporta come conduttore ad alte differenze di potenziale ed invece da isolante a tensioni molto basse. La conclusione di Assis è la seguente:

I concetti di *conduttori* e *isolanti* sono relativi. Ciò significa che materiali come vetro e legno che si comportavano come conduttori negli esperimenti usuali di elettrostatica, ora si comportano come isolanti quando sono sottoposti ad una differenza di potenziale di 1,5 V. Non entreremo nei dettagli qui, ma in elettrostatica è comune lavorare con differenze di potenziale che vanno da 1000 volt a 10000 volt [...]. La differenza di potenziale a cui ci si riferisce qui è quella tra il corpo carico (come un pezzo di plastica strofinato o un elettroscopio carico) e il suolo; o tra le estremità di

un corpo (quando si vuole verificare se questo corpo si comporta come conduttore o isolante). In questi casi, la maggior parte dei materiali si comportano come conduttori [...]. La differenza di potenziale generata tra i poli di comuni pile o batterie chimiche, invece, è molto più bassa, dal momento che varia tra 1 e 10 V. Per queste basse differenze di potenziale molti materiali come legno, carta, gomma, e vetro, si comportano come isolanti. Questo dimostra che dobbiamo essere molto attenti a classificare gli oggetti come conduttori o isolanti (Assis 2017, p 125).

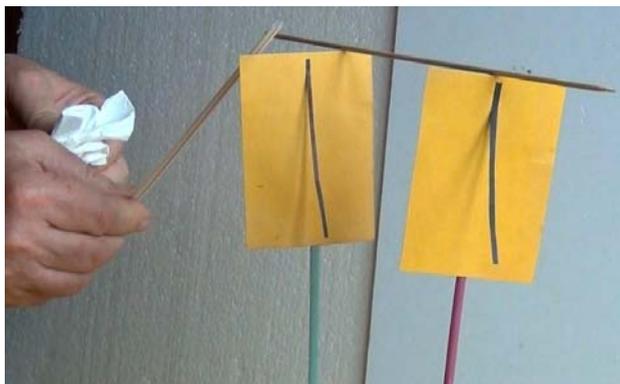


Fig. 5. Adoperando due elettroscopi, si prova che lo spiedo di legno si comporta da conduttore, infatti le linguette dei due elettroscopi sono entrambe sollevate.

Ho proposto alcuni esperimenti del libro di Assis nel corso di “Science on Stage”, un festival della didattica europea che si è svolto l’anno scorso a Debrecen, Ungheria. Dopo aver collocato su un tavolo una serie di elettroscopi di cartoncino e vari oggetti di uso comune: fili di rame e di ferro, righe di plastica, mine di grafite, spiedi di legno, cannuccie da bibita, bacchette di vetro ecc., ho lasciato che i visitatori, 450 docenti di trenta nazioni, verificassero il comportamento da conduttore o da isolante di questi oggetti, con le tensioni tipiche dei fenomeni elettrostatici provocati dal tradizionale strofinio. L’esperienza è stata molto apprezzata. Il video [Rubbing] mostra alcune scene delle attività proposte al pubblico.

5. Un nuovo volume di Assis con gli esperimenti di Volta, Faraday, ecc.

Abbiamo appreso la notizia che Assis è in procinto di pubblicare un secondo volume (Assis, 2018) sull’elettricità, nel quale, come aveva in precedenza annunciato, si occuperà:

Di scintille e scariche, del potere delle punte, del vento elettrico, dell’elettroforo di Volta, della bottiglia di Leida, della gabbia di Faraday, di Gray e della conservazione delle cariche elettriche, della longevità dell’elettrizzazione di oggetti o di come immagazzinare l’elettricità per un lungo periodo, della legge di Ohm, dell’elettrizzazione per contatto/rotazione/separazione, dei generatori di carica, degli elettretti,

della capacità e della distribuzione di carica tra conduttori, dell'elettricità atmosferica, delle figure di Lichtenberg, ecc.

Noi di ScienzaViva immaginiamo poter ancora una volta utilizzare i contenuti di questo nuovo libro di Assis nelle nostre attività dimostrative, avvalendoci del consueto approccio "hands-on" che attualizza gli esperimenti storici della fisica.

Bibliografia

- Assis A.K.T. (2017). "I fondamenti sperimentali e storici dell'elettricità". *Quaderno 26*, 50 (2) Supplemento.
- Assis A.K.T. (2010). *The Experimental and Historical Foundations of Electricity*, Montreal: Apeiron.
- Heilbron J.L. (1999). *Electricity in the 17th and 18th Centuries - A study in Early modern Physics*. New York: Dover.

Sitografia

- Assis A.K.T. (2017). *I fondamenti sperimentali e storici dell'elettricità* [online]. URL: <<https://www.aif.it/indice-rivista/quaderno-26/>>; <<http://www.scienzaviva.it/old/articoli/2018/Libro%20Assis%20Elettricit%C3%A0.pdf>> [data di accesso: 22/06/2019].
- Assis A.K.T. (2010). *The Experimental and Historical Foundations of Electricity* [online]. URL: <<http://www.ifi.unicamp.br/~assis/Electricity.pdf>> [data di accesso: 18/02/2019].
- [Books Published by A.K.T. Assis]. URL: <<https://www.ifi.unicamp.br/~assis/books.htm>> [data di accesso: 18/02/2019].
- [Due versorium]. URL: <<https://www.youtube.com/watch?v=KmZdSRzYvwI&list=PL8CQw6pxTXg7JwynuKYbvovRmGDa6i0Y2&index=4>> [data di accesso: 22/06/2019].
- [Elettroscopi]. URL: <<https://www.youtube.com/watch?v=IYN7249hWro&t=4s>> [data di accesso: 22/06/2019].
- [Pendolini elettrici]. URL: <<https://www.youtube.com/watch?v=ye0If9qU6FY&list=PL8CQw6pxTXg7JwynuKYbvovRmGDa6i0Y2&index=6>> [data di accesso: 22/06/2019].
- [Rubbing]. URL: <<https://www.youtube.com/watch?v=pdoZiY0gSmU&t=10s>> [data di accesso: 22/06/2019].
- [Versorium]. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=_6PGV_4ABDw&list=PL8CQw6pxTXg7JwynuKYbvovRmGDa6i0Y2&index=2> [data di accesso: 22/06/2019].