

# Dall'ambra all'elettrodomestico

---

Breve storia dell'elettricità e dell'ingegneria elettrica dall'antichità agli anni venti del novecento.

Sergio Festa - Lucio Oggioni

In questo articolo si vogliono ripercorre i momenti salienti della storia della scoperta dell'elettricità e dei fenomeni ad essa correlati e dell'invenzioni per la sua produzione, trasmissione e utilizzazione in qualsiasi campo delle attività umane.

Il lavoro è frutto di un'attenta ricerca in molti testi e pubblicazioni, apparse su riviste del settore e sul web, citati nella bibliografia, che narrano la storia delle scoperte e dei risultati conseguiti dagli scienziati e dagli ingegneri che hanno dedicato la propria esistenza allo studio dell'elettricità.

In questa prima parte viene tracciata la storia dell'elettricità dalle prime osservazioni, da parte dei filosofi dell'antichità, agli studi sistematici condotti da eminenti scienziati fino a tutto il XIX secolo.

Nella seconda parte, che sarà pubblicata in un prossimo numero di questa rivista, saranno invece ripercorse le principali tappe dell'ingegneria elettrica (originariamente denominata "ingegneria elettrotecnica") che,

a partire dalle pioneristiche invenzioni per la produzione, la trasmissione e l'utilizzazione dell'energia elettrica, ha consentito l'applicazione delle conoscenze fisico-matematiche per progettare, realizzare e gestire soluzioni in grado di soddisfare le esigenze dell'uomo e migliorare le condizioni dell'umanità.

## PARTE PRIMA: LE INTUZIONI, LE SCOPERTE E LE RICERCHE

Le intuizioni, le scoperte e le ricerche degli uomini che hanno indagato *“le meraviglie del passato che sono oggi delle manifestazioni consuete”* (Nikola Tesla).

La parola elettricità deriva dal termine greco *elektron* (ηλεκτρον) con il quale gli antichi greci chiamavano l'ambra, resina fossile di diverse conifere estinte.

Fu **William Gilbert** (1544-1603), scienziato inglese, che utilizzando l'aggettivo *electricus*, diede origine ai termini elettrico ed elettricità.

### *Le prime intuizioni nell'antichità*

Il filosofo greco **Talete di Mileto** (circa 640 - 548 a. C.) fu il primo ad osservare il fenomeno, che oggi chiamiamo elettricità statica, prodotto dall'ambra che strofinata sul vello di una pecora acquisiva la capacità di attrarre pagliuzze.

In seguito, nel 360 a.C., un altro filosofo greco, **Platone** (428 - 347 a.C.) nel suo dialogo *“Timeo”*, precisò che:

*“Si spiegano così lo scorrere delle acque, la caduta dei fulmini, e la meravigliosa forza d'attrazione dell'ambra e della calamita: in nessuno di tutti questi oggetti vi è la forza attrattiva, ma poiché il vuoto non c'è, questi corpi si respingono in giro l'uno con l'altro, e separandosi e congiungendosi, cambiano di posto, e vanno ciascuno nella propria sede. Dall'intrecciarsi di queste influenze reciproche si sono operati tutti quei prodigi, come sembrerà a chi sappia indagare*

*bene.”* **Gaio Plinio Secondo** (3 - 79), più noto come Plinio il Vecchio, nel suo trattato *“Naturalis historia”*, parlando dell'ambra scrisse: *“Quando lo strofinamento le ha dato calore e vita, essa attira i fuscellini di paglia come la calamita il ferro”*.

Plinio il vecchio attribuì, inoltre, l'origine della parola magnete al nome del pastore cretese Magnes il quale, impiegando un bastone con una punta di ferro, scoprì le proprietà di attrazione e repulsione di alcune pietre naturali che furono chiamate magnetiche; pietre che contengono la magnetite, un composto minerale di ossidi di ferro.

Lo storico **Lucio Anneo Seneca** (4 - 65) distinse tre tipologie di fulmini: il fulmine che incendia, quello che distrugge e quello che non distrugge.

Le cognizioni degli antichi sull'elettricità si limitavano a queste osservazioni e il progresso nel campo dell'elettricità e del magnetismo è stato molto lento.

Nell'era cristiana, **Sant'Agostino** (354 - 430) descrisse, nel 428, il fenomeno secondo cui, quando un magnete solleva una catena di ferro, ogni anello esercita un'attrazione magnetica sugli anelli successivi, inoltre rilevò come un pezzo di ferro situato su un piatto d'argento viene posto in movimento dall'azione di un magnete al di sotto del piatto.

Manifestò perplessità nello scoprire che il magnete, a differenza dell'ambra, non attirava la paglia, dimostrando quindi l'esistenza di una chiara differenza tra elettricità e magnetismo; non formulò particolari ipotesi su tali fenomeni attribuendone genericamente l'origine ad una manifestazione della divinità.

Nel Medioevo il magnetismo e l'elettricità erano considerate forze oscure derivanti da magia, stregoneria e alchimia. La Sacra Inquisizione condannava ogni riferimento a forze misteriose e magiche nella spiegazione delle leggi che agiscono sulla

struttura dell'universo. **Cecco d'Ascoli** (1269 -1327), filosofo, poeta, medico e astronomo, nonché docente all'Università di Bologna, fu condannato come eretico e bruciato vivo perché attribuì alla forza magnetica della Luna l'oscillazione delle maree. Pur sbagliando, in quanto la Luna non possiede un forte campo magnetico, intuì la sua capacità di attrazione sulle masse d'acqua del mare, che origina il fenomeno delle maree. Fino all'inizio del XVI secolo, in occidente, non erano state acquisite ulteriori conoscenze oltre a quelle fin qui illustrate, infarcite da credenze popolari che attribuivano alla polvere magnetica proprietà curative e ai brillanti e all'aglio il potere di smagnetizzare i magneti. L'azione dei magneti e dell'ambra veniva spiegata basandosi sul concetto che in natura esistono corpi attrattivi (fiore-ape, uomo-donna, calamite-ferro, ecc.) e repulsivi (due antagonisti, due canne strofinate con l'ambra, ecc.).

**Gli studi di William Gilbert e la svolta dell'opera "De Magnete"**

Alla fine del sedicesimo secolo William Gilbert, scienziato inglese e medico

della regina Elisabetta, richiamò di nuovo l'attenzione dei fisici sulla proprietà dell'ambra gialla, facendo notare che altre sostanze come il vetro, lo zolfo, l'ebanite e la ceralacca si potevano comportare in modo simile.

Evidenziò una sostanziale differenza tra i fenomeni elettrici e magnetici, riallacciandosi a considerazioni già svolte da **Giordano Cardano** (1501-1576), sostenendo che:

... *"la differenza tra corpi magnetici ed elettrici è questa: tutti i corpi magnetici si attirano a vicenda con reciproca energia, invece i corpi elettrici attirano soltanto ed il corpo attratto ... gravita sul corpo elettrico"*. Gilbert condusse molte ricerche nel campo dell'elettricità e del magnetismo e nel 1600 scrisse il famoso trattato *"De Magnete"* dove descrisse esperimenti con il suo modello di pianeta Terra, chiamato *"terrella"*, costituito un magnete sferico, per studiarne il campo prodotto, arrivando alla conclusione che il magnetismo terrestre è esso stesso generato da un magnete che condiziona il comportamento delle bussole.

Prima di lui si pensava che la bussola (inventata in Cina ed introdotta in Europa nel XII secolo) puntasse a Nord perché attratta

**Figura 1** - Stampa raffigurante la sfera di zolfo ideata da Otto von Guericke.



**Figura 2** – (a) Riproduzione della macchina elettrostatica di Francis Hauksbee (Science Museum) – (b) Disegno tratto da “Physico-Mechanical Experiments” - 2nd Ed. - London 1719 (fonte Wikipedia).



(a)

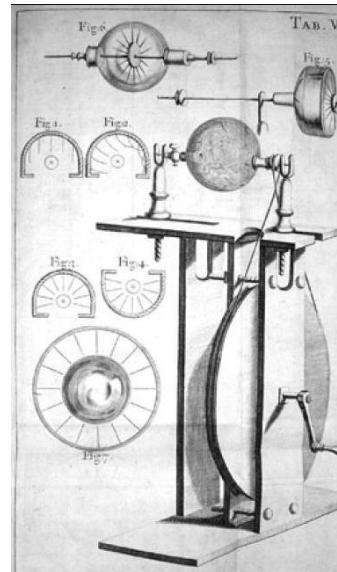
dalla stella polare o da una grande isola magnetica posta vicino al polo Nord.

### LE MACCHINE PER PRODURRE L'ELETTRICITÀ STATICA

Gilbert non possedeva una macchina per generare elettricità. Nel 1600 lo scienziato tedesco **Otto Von Guericke** (1602 - 1686) ne realizzò una in grado di produrre elettricità statica in quantità significativa.

L'apparecchiatura per generare elettricità di **Von Guericke**, rappresentata nella figura 1, era costituita da una grande sfera di zolfo che veniva fatta ruotare attorno ad un asse costituito da una asta di legno, mentre con la mano si strofinava la superficie per elettrizzarla. **Von Guericke** per ottenerla realizzò un grosso vaso circolare di vetro in cui versò dello zolfo liquefatto e quindi ruppe il vetro dopo che il contenuto si era raffreddato.

**Otto Von Guericke** era già famoso per aver inventato, all'incirca nel 1645, la pompa del vuoto e per aver dimostrato l'effetto della pressione atmosferica su due



(b)

emisferi aderenti l'uno con l'altro; quando i due emisferi venivano svuotati tramite la sua pompa due tiri da otto cavalli ciascuno non riuscivano a distaccarli.

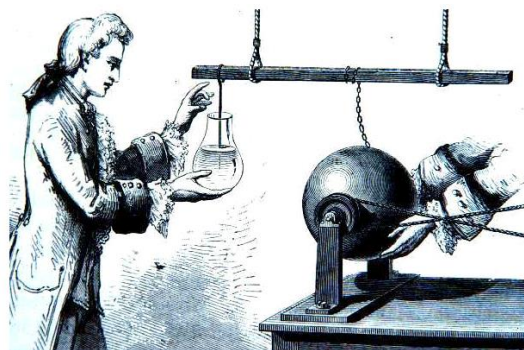
La prima vera macchina elettrostatica fu realizzata verso il 1700 dallo scienziato britannico **Francis Hauksbee** (1660 - 1713). Il suo generatore, rappresentato nella figura 2, era costituito da un globo di vetro, posto in rapida rotazione da una puleggia, che quando veniva strofinato dalla mano si elettrizzava permettendo una serie di osservazioni sulle attrazioni e repulsioni elettrostatiche e sulle scariche elettriche.

Nel 1746 il professore olandese Pieter van Musschenbroek (1692-1761) aumentò la potenza della macchina di O. von Guericke aggregandola ad un condensatore a forma di vaso (Figura 3).

La scoperta fu fatta all'Università di Leida e per tale il dispositivo fu denominato "*Bottiglia di Leida*".

È tuttavia stato appurato che Ewald **Jürgen Georg von Kleist** (1700 - 1748), un ex studente di origini prussiane della

**Figura 3** - La Bottiglia di Leida di Pieter van Musschenbroek.



stessa università di Leida, aveva costruito il condensatore, indipendentemente, già nell'anno precedente.

Le cariche elettriche generate dalle mani che sfregavano la sfera rotante di von Guericke, fluivano attraverso catene di ferro, caricando il vaso di vetro rivestito all'intero e all'esterno in parte da fogli di stagno e riempito con acqua. Il sistema era in grado di generare una scarica di diverse centinaia di volt.

Importanti sono stati gli studi di **Jean Antoine Nollet** (1700 - 1776) noto come l'Abate Nollet, precettore della famiglia reale francese e docente all'Università di Parigi, che fece conoscere in Francia la bottiglia di Leida di cui realizzò una variante "asciutta". Nelle sue ricerche ipotizzò che i fuochi di Sant'Elmo <sup>(1)</sup> e i fulmini fossero dovuti a cariche elettriche e realizzò i primi elettroscopi (1747).

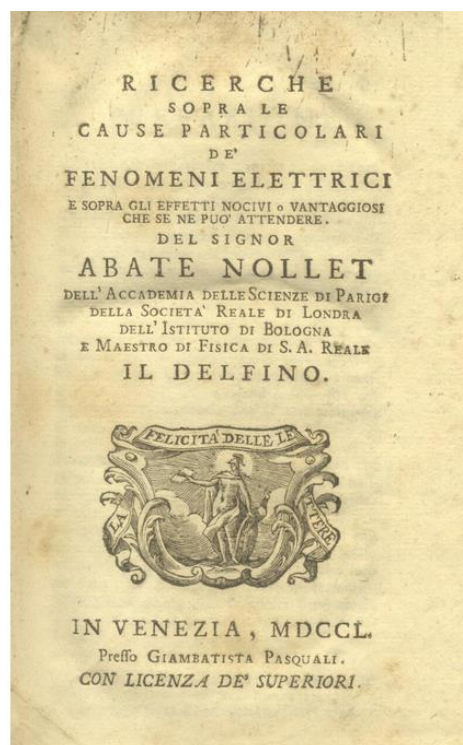
Nel suo trattato "*Leçons de physique expérimentale*" (Parigi 1774) descrisse una macchina elettrostatica che già utilizzava dal 1740 alla corte di Francia per condurre esperimenti. Descrizioni sulla sua apparecchiatura si trovano anche nel Trattato "*Traité de l'électricité*" del 1771 scritto dal suo allievo **Sigaud De La Fond** (1730 - 1819). L'unico esemplare ricostruito

della macchina dell'Abate Nollet sembra sia conservato presso il museo Galileo di Firenze.

Nel 1746 l'Abate Nollet unì circa duecento monaci con un filo di ferro, formando una circonferenza di circa 1,6 km, e scaricò una batteria di vasi di Leida attraverso la catena umana osservando che ogni uomo reagì sostanzialmente nello stesso momento allo shock elettrico, il che secondo Nollet, in considerazione delle conoscenze del tempo, dimostrava che la velocità di propagazione dell'elettricità era molto alta.

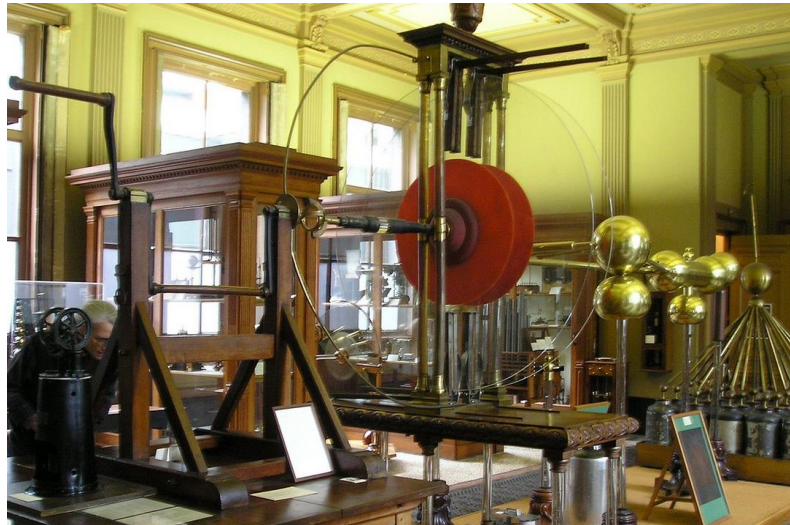
Nei decenni successivi, e soprattutto dopo l'invenzione della bottiglia di Leida, furono proposti numerosissimi modelli di macchine per produrre l'elettricità statica realizzate con globi, cilindri e dischi di vetro messi in rotazione da sistemi di pulegge e manovelle. Per strofinarli e dunque elettrizzarli, furono

**Figura 4** - Trattato dell'Abate Nollet.



<sup>(1)</sup> fuochi di Sant'Elmo sono una manifestazione dell'elettricità nell'atmosfera e compaiono, soprattutto con l'aria priva di umidità, sotto forma di lampi blu della durata di pochi secondi, poco prima dei temporali, in prossimità della sommità degli alberi maestri delle navi o di altre antenne, dove si crea l'effetto corona.

**Figura 5** - Riproduzione della macchina elettrostatica di Martinus van Marum (Teylers Museum - Amsterdam).



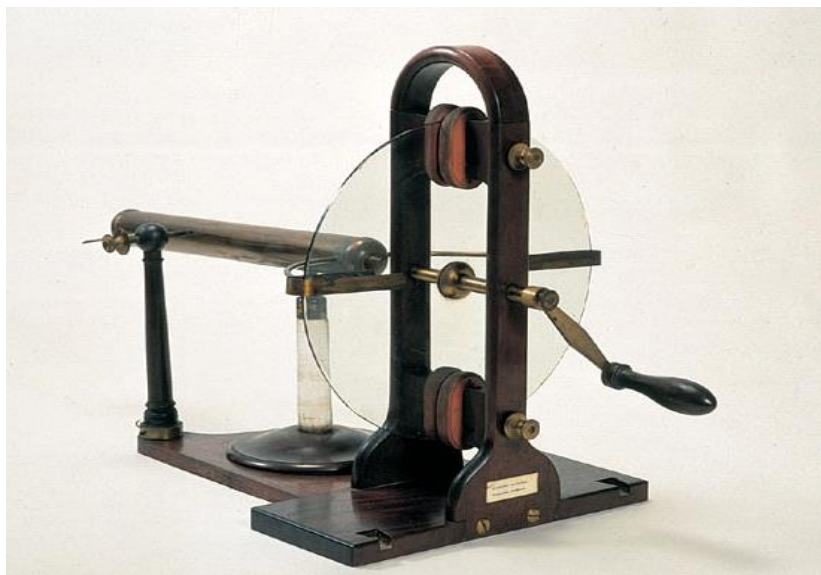
introdotti cuscinetti di cuoio imbottiti che, sostituirono efficacemente la mano dello sperimentatore. Le cariche così generate venivano accumulate su grandi conduttori metallici isolati.

Verso il 1750 la moda delle esperienze elettriche fece delle macchine elettrostatiche a strofinio uno strumento di fondamentale importanza in tutti i laboratori e nelle collezioni scientifiche e spesso furono utilizzate a scopi terapeutici.

Ne vennero realizzate di tutte le dimensioni. La più grande, rappresentata nella figura 5, fu fatta costruire dallo scienziato olandese **Martinus van Marum** (1750 - 1837) era dotata di due dischi coassiali di 165 cm di diametro azionati tramite manovelle da due uomini. Questa macchina era capace di produrre tensioni molto elevate (circa 330 kV) in grado di generare scintille lunghe oltre 60 cm.

Simile alla realizzazione di **van Marum**, ma

**Figura 6** - Riproduzione della macchina elettrostatica Jesse Ramsden (Fondazione Scienza e tecnica - Firenze).



di dimensioni più contenute, è la macchina elettrostatica a strofinio costruita nel 1766 dallo scienziato britannico Jesse Ramsden (1735 - 1800). La macchina, rappresentata in Figura 6, era formata da un disco di vetro girevole intorno ad un asse, stretto fra due coppie di cuscinetti di crine, rivestiti di cuoio e spalmati di bisolfuro di stagno. Durante la rotazione il disco di vetro si elettrizzava positivamente per strofinio contro i cuscinetti che si caricano negativamente. Per induzione sulle punte dei pettini si accumulava elettricità negativa e nelle parti più lontane elettricità positiva. Per il potere delle punte, l'elettricità negativa, presente sui pettini, neutralizzava quella positiva presente sul disco. Sui pettini restava soltanto l'elettricità positiva che veniva raccolta da conduttori orizzontali che, nel loro insieme, costituivano il collettore della macchina.

Nei primi esemplari lo strofinio era realizzato premendo il palmo asciutto della mano contro il disco di vetro. Il cuscinetto di cuoio fu introdotto successivamente dal tedesco **Johann Heinrich Winkler** (1703 - 1770) che, a seguito dei suoi studi, ebbe anche il merito di intuire la natura elettrica del fulmine anticipando, per certi versi, la scoperta di Franklin.

Attorno al 1830 il fisico ed accademico **Giuseppe Belli** (1791-1860), docente nell'Università di Pavia, propose la prima macchina elettrostatica ad induzione a disco rotante, ma fu solamente nella seconda metà dell'Ottocento che, grazie agli studi condotti indipendentemente, dai fisici **Wilhelm Holtz** (1836-1913), **August Toepler** (1836-1912) e **James Wimshurst** (1832-1903), questi tipi di generatori "ad influenza" soppiantarono, quasi completamente, le macchine a strofinio, o ad effetto triboelettrico (dal greco "tribein" che vuole appunto dire strofinare).

L'apparecchiatura di Holtz, realizzata nel 1865, era in grado di fornire circa

50.000 V, venne largamente utilizzata e ne furono proposte numerose varianti che risultarono preziose, tra l'altro, per la produzione di raggi catodici e raggi X e nel campo dell'elettroterapia. La macchina fu utilizzata dal 1866 dal Professore di fisica sperimentale **Francesco Rossetti** (1833-1885) in tutta la sua l'attività di ricerca.

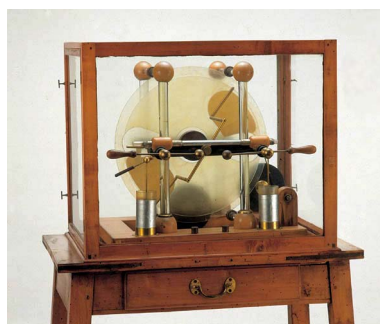
Per innescare la macchina, riprodotta in figura 7, si tengono in contatto le sfere dello spinterogeno e si comunica a una delle armature di carta una carica. I vari elementi dell'apparato si caricano allora per induzione e vi è incremento della carica ad ogni giro del disco mobile. Dopo alcuni giri, si possono separare gli elettrodi e si vedono scoccare scintille.

L'introduzione di sistemi più efficaci per produrre alte tensioni (ad esempio i trasformatori) fece abbandonare l'uso di queste macchine.

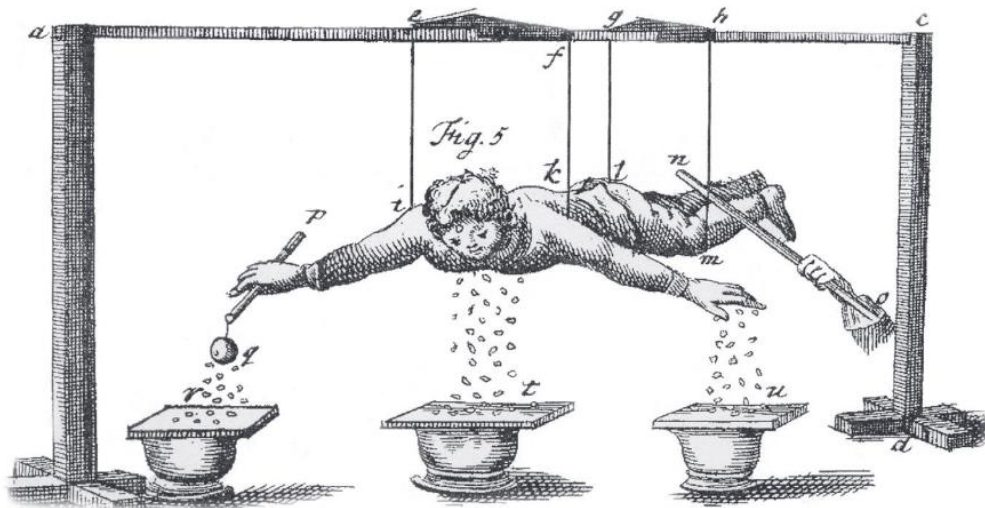
### L'IPOTESI DELL'ELETTRIZZAZIONE PER COMUNICAZIONE

Lo scienziato britannico **Stephen Gray** (1666 - 1736) iniziò ad interessarsi di elettricità dopo avere letto gli articoli di Francis Hauksbee, pubblicati nel "*Philosophical Translations of Royal Society*" dal 1704 al 1707. A Gray si deve la scoperta, nel 1729, dell'esistenza di corpi isolanti e conduttori. In un importante lavoro sull'argomento, pubblicato nel 1731, rivelò

**Figura 7** - Macchina elettrostatica di Holtz (Fondazione scienza e tecnica).



**Figura 8** - L'esperimento di Stephen Gray.



che l'elettricità ottenuta per strofinio poteva essere "comunicata" ad altri corpi ed anche a sostanze, come i metalli, che non era possibile elettrizzare. Diventarono famosi gli esperimenti svolti da Gray con un bambino, sospeso con fili, probabilmente realizzati in seta (ottone e isolati da terra come indicato in alcune fonti bibliografiche), che elettrizzato per "comunicazione" attraeva oggetti leggeri (Figura 8).

Gray realizzò, inoltre, i primi esperimenti di trasmissione a distanza dell'elettricità ottenuta per "comunicazione" utilizzando un filo conduttore strofinato da un tubo di vetro, inizialmente su distanze di 45 m fino, adottando vari successivi artifici, ad arrivare a 270 m.

#### ***Elettricità vetrosa e elettricità resinosa***

A partire dal 1733 gli esperimenti di Gray furono ripresi da **Charles F. de Cisternay du Fay** (1698 - 1739), fisico e chimico francese, sovrintendente ai giardini del re di Francia, che iniziò col generalizzare e formalizzare i risultati dello studioso inglese, per poi portare, a sua volta, contributi fondamentali, evidenziando, inoltre, gli effetti provocati sull'uomo delle scintille

elettriche e le conseguenze dello shock [la scoperta che le scintille originate da corpi elettrizzati sono anche in grado di infiammare sostanze fortemente volatili, come l'etere solforico, fu fatta nel 1743 da Cristian Ludolff (1707 - 1763)].

Du Fay fu il primo ad ipotizzare l'esistenza di due tipi di elettricità:

- l'elettricità vitrea (positiva) ottenuta dallo sfregamento del vetro;
- l'elettricità resinosa (negativa) ottenuta dallo sfregamento di corpi resinosi.

Il principio alla base dell'intuizione si fondava sull'evidenza che due corpi della stessa carica elettrica si respingono, mentre quelli con cariche differenti si attraggono; da ciò furono derivati i concetti di elettricità positiva e negativa.

#### ***La teoria dei due fluidi elettrici***

Il fisico scozzese Robert Symmer (1707 - 1763) per spiegare gli effetti opposti dell'"elettricità vitrea" e dell'"elettricità resinosa" ipotizzò la presenza di due fluidi elettrici, ciascuno dei quali agisce per repulsione sopra se stesso e per attrazione sopra l'altro.



Secondo Symmer questi fluidi esistono in tutti i corpi allo stato di combinazione, formando quello che veniva definito fluido neutro, o fluido naturale. Diverse cause, che sono specialmente lo strofinamento e le azioni chimiche, possono portare alla separazione dei due fluidi determinando l'insorgenza dei fenomeni elettrici.

I due fluidi, che hanno grande tendenza a ricombinarsi per formare di nuovo il fluido neutro, furono denominati "fluido vitreo" e "fluido resinoso".

### **Le intuizioni di Benjamin Franklin**

Lo scienziato e politico statunitense **Benjamin Franklin** (1706 - 1790) postulò la teoria che i due tipi di elettricità "vitrea" e "resinosa" fossero riconducibili ad una forma di particelle molto piccole, che scorrono attraverso un conduttore come un qualsiasi "fluido elettrico". Per Franklin l'"elettricità vitrea" presentava un surplus di tali particelle, mentre l'"elettricità resinosa" un deficit. Assegnò arbitrariamente il segno "+" al surplus delle particelle elettriche e il segno "-" al loro deficit. Ipotizzò che le particelle elettriche tendono a fluire dai terminali positivi a quelli negativi.

Ora sappiamo che tale spiegazione è molto simile alla natura elettronica delle cariche elettriche che formano una corrente elettrica. Tuttavia gli elettroni sono caricati negativamente, quindi dovrebbero fluire dal terminale "-" al terminale "+"; in ogni modo, per onorare il contributo di Franklin ed evitare confusione, tutti i libri di testo, del passato e moderni, affermano, per convenzione, che la corrente scorre dai terminali positivi a quelli negativi.

Un altro grande contributo di Franklin è stata la scoperta della natura elettrica dei fulmini sostenendo, in alcune pubblicazioni del 1749, una forte analogia tra l'elettricità ed i fulmini. Secondo la sua teoria il fulmine è il movimento di un "fluido" di natura elettrica fra le nubi o fra nubi e terreno e in effetti la teoria si può considerare verosimile, visto che il "fluido" di Franklin si è rivelato un flusso di cariche elettriche. Anche se questo approccio era condiviso da molti studiosi, Franklin fu il più deciso nel tentare di dimostrare sperimentalmente questa ipotesi. Franklin ideò un esperimento con il quale avrebbe catturato un fulmine servendosi di un aquilone collegato ad una corda metallica, o ad un filo imbevuto di

**Figura 9** - Fotografia del dipinto di C. E. Mill sull'esperimento di Franklin.



soluzione salina, attaccato all'altra estremità ad una chiave. Tenendo in mano un altro oggetto metallico, alla cattura del fulmine avrebbe osservato delle scariche elettriche fra il primo oggetto metallico ed il secondo, provando quanto ipotizzato.

Franklin si limitò a descrivere l'esperimento da un punto di vista teorico in un articolo pubblicato nei primi mesi del 1752, senza però mai realizzarlo.

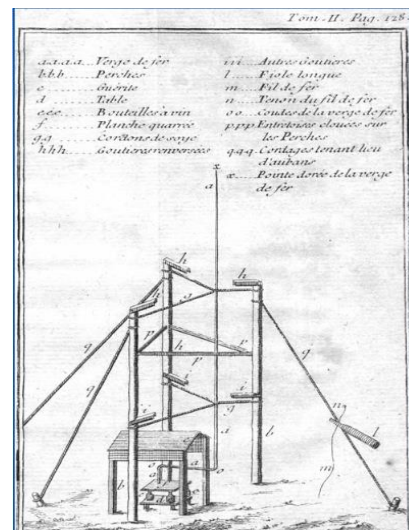
Nella Figura 9 è riprodotta la fotografia del dipinto del pittore C. E. Mills (Library of Congress Washington) raffigurante l'esperimento con l'aquilone di Benjamin Franklin.

Il primo a realizzare l'esperimento di scaricare le cariche elettriche dalle nuvole fu il botanico francese **T. F. Dalibard** (1709 - 1799) che, dopo avere approfondito l'articolo di Franklin, fece realizzare, vicino a Parigi presso il villaggio di Marly-la-Ville, una costruzione (rappresentata nella Figura 10) che sorreggeva una lunga asta metallica che terminava con una punta, il tutto sostenuto da corde di seta e da un basamento isolante, con la quale il 10 maggio 1752 fece convogliare sull'asta l'energia elettrica di un fulmine.

Dalibard, tre giorni dopo, nel descrivere i risultati ottenuti all'Accademia delle Scienze di Parigi, riconobbe di avere seguito un percorso già delineato da Franklin che, venuto a conoscenza dell'esperimento di Dalibard, lo reiterò con l'aquilone nel giugno del 1752.

È possibile che inizialmente Franklin si sia limitato solo ad ipotizzare l'esperimento, intuendone la pericolosità, tenuto conto che già dal 1746 svolgeva esperimenti con l'elettricità e in alcune occasioni aveva anche rischiato la vita. D'altra parte nel 1753 lo studioso tedesco **George Wilhelm Richmann** (1711-1753) perse la vita, nel tentativo di replicare l'esperimento di Franklin presso l'Accademia delle Scienze di San Pietroburgo.

**Figura 10** - Apparato impiegato da T. F. Dalibard nel suo esperimento (fonte E. K. Krider).



Nel 1753 nel "*Poor Richard's Almanack*", Franklin pubblicò il suo metodo di protezione delle costruzioni contro i fulmini: il parafulmine.

Nel 1771, gli studi sul parafulmine furono ampliati nel documento "*On the method of securing houses from the effects of Lightning*".

Con le ricerche e le esperienze di Franklin venivano completamente archiviate, dopo circa due millenni, sia la tesi di **Aristotele** (384 - 322 a. C.) che immaginava il fulmine come una esalazione secca che si liberava dalla nube a seguito della condensazione dell'aria in acqua, sia quella di **Lucrezio** (98 - 55 a. C.) che nel "*De Rerum Natura*" aveva individuato nell'interazione fra nubi l'origine del tuono e del fulmine: il primo era prodotto dal violento scontro, il secondo dalla liberazione di piccole particelle che si muovevano rapidamente anche attraverso i corpi.

Sul tema dei fulmini e parafulmini deve essere ricordato anche il contributo di Padre Giovanni Battista Beccaria (1716 - 1781), fisico, matematico e docente all'Università di Torino, che contribuì a trasformare

l'elettrologia da semplice oggetto di curiosità a disciplina scientifica. Tra i suoi allievi si annoverano importanti studiosi tra cui Galvani e Volta.

Nel suo trattato "*Dell'elettricità artificiale e naturale*" del 1753 mostrò di trovarsi in accordo con Franklin sulla teoria del fluido elettrico, fornendo una descrizione qualitativa dei fenomeni ad essa riconducibili. Il trattato di Beccaria, dopo la pubblicazione in Italia, venne tradotto in inglese e diffuso negli Stati Uniti grazie all'impegno profuso da Franklin.

Nel 1755 fu nominato membro della Royal Society.

Studiò i parafulmini per la Basilica di San Marco a Venezia, il Duomo di Milano e molte polveriere e navi della Repubblica di San Marco.

### *Leggi delle azioni elettrostatiche e magnetostatiche*

Nel 1774 il fisico e ingegnere francese **Charles Augustin de Coulomb** (1736 - 1806) inventò la bilancia di torsione (una cui riproduzione è illustrata nella figura 11), uno strumento molto preciso, per misurare le forze di attrazione/repulsione generate dalle cariche elettriche, che gli permise di dimostrare la tesi sostenuta dal fisico tedesco Ulrich Theodor Aepinus (1724 - 1802) nel "*Tentamen theoriae electricitatis et magnetismi*", un saggio sulla teoria dell'elettricità e del magnetismo, in cui veniva descritto che il possibile andamento della forza elettrica fra due corpi carichi fosse inversamente proporzionale al quadrato della loro distanza.

La "legge" dimostrata da Coulomb prende dunque il suo nome, nonostante che il chimico-fisico inglese **Henry Cavendish** (1731 - 1810) lo avesse in realtà preceduto nel 1771, con una dimostrazione più elegante, ma in questa, come in altre occasioni, Cavendish non ebbe interesse a pubblicare per primo i risultati ottenuti. Nel

**Figura 11** - Riproduzione della Bilancia di torsione ideata da Coulomb (Fondazione Scienza e tecnica-Firenze).



1786 Coulomb osservando le forze originate tra le estremità di barre magnetiche estese le considerazioni delle azioni elettrostatiche ai polimagnetici (azioni magnetostatiche).

### *Gli esperimenti di Galvani e la pila di Volta*

Il primo contributo all'elettrodinamica è stato fornito dall'italiano **Luigi Galvani** (1737 - 1798), uomo lontano dalla fisica pura, in quanto professore di anatomia dell'Università di Bologna, che nel 1791 pubblicò (*De viribus electricitatis in motu musculari*) i suoi esperimenti con le rane che mostravano come una zampa tagliata di una rana si contraeva collegando le sue estremità ad un filo bimetallico. Il professor Galvani spiegò il fenomeno ipotizzando che il corpo della rana generava un nuovo tipo di elettricità da lui chiamata "*elettricità animale*".

La sua pubblicazione suscitò un'enorme risonanza pubblica, molti curiosi si precipitarono a catturare e perseguire rane, il che infastidì molto l'opinione pubblica. Galvani fu etichettato come un "*ciarlatano*" che cercava di resuscitare i morti "*galvanizzando i cadaveri*".

Tuttavia la storia ha dimostrato che Galvani ha davvero scoperto un nuovo incredibile fenomeno elettrico; ancora oggi il suo nome è legato a molti termini e dispositivi moderni che non sarebbero stati inventati senza le sue intuizioni. Per quanto riguarda la spiegazione di Galvani dell'effetto scoperto, nessuno poteva negare i fatti mostrati nei suoi esperimenti, ma qualcuno non era d'accordo con il ragionamento di Galvani. Tra questi dubbiosi c'era un altro professore italiano di fisica dell'Università di Pavia, **Alessandro Volta** (1745 - 1827) che, a conoscenza degli esperimenti di Galvani, propose la tesi secondo la quale l'elettricità non fosse generata dal corpo della rana ma dal conduttore bimetallico separato da un fluido alcalino presente nella zampa della rana. Si racconta che Volta, per dimostrare la sua tesi, mise una moneta d'argento sotto la lingua, un'altra sopra di essa, e collegandole con un filo conduttore di stagno percepì una leggera sensazione simile a quella che chiunque può sperimentare cortocircuitando con la lingua i terminali di una piccola batteria. Tra Volta e Galvani nacque un'accesa controversia che durò fino alla pubblicazione, il 20 marzo 1800, della lettera di Volta, inviata a J. Bank, presidente della Royal Society di Londra, con la quale annunciava

l'invenzione della "pila" da lui chiamata "Organo elettrico artificiale".

Il trionfo di Volta fu totale in quanto per la prima volta veniva prodotta corrente continua, aprendo prospettive totalmente nuove nel campo dell'elettricità.

Viste le straordinarie caratteristiche della scoperta nel giro di poco tempo, grazie ai contributi di diversi scienziati, venne stabilita la natura chimica della corrente elettrica e nacque anche un nuovo ramo di ricerca: l'elettrochimica.

Nella figura 12 è riprodotta l'immagine fotografica di alcuni esemplari di pile custodite nel "Tempio Voltiano", inaugurato a Como nel 1928 e donato alla città dall'industriale Francesco Samaini.

### *La nascita dell'elettromagnetismo*

**Hans Christian Ørsted** (1777 - 1851), fisico e chimico danese, che ha avuto un ruolo fondamentale nella comprensione dell'elettromagnetismo, divulgò la tesi secondo la quale un filo percorso da una corrente elettrica genera attorno a se un campo magnetico.

**Ørsted** notò che un ago magnetizzato posto nelle vicinanze di un filo, attraversato dalla corrente elettrica fornita da un dispositivo voltaico, veniva deviato e che il senso di deviazione cambiava, se si invertiva il verso della corrente nel filo.

Il fenomeno era già stato osservato dall'italiano **Gian Domenico Romagnosi** (1761 - 1835) nel 1802 (18 anni prima della divulgazione delle intuizioni di Ørsted), ma fu miscreduto dagli studiosi del suo tempo: quando inviò una relazione sull'argomento all'Accademia di Scienze di Parigi, le sue affermazioni non furono prese in considerazione.

Gli esperimenti di **Ørsted** suscitavano molto interesse nella comunità scientifica del suo tempo e in particolare tra i membri dell'Accademia di scienze di Parigi, tra cui figuravano famosi accademici come F. J.

**Figura 12** - Vetrina delle pile (Tempio Voltiano – Como).



**Dominique Arago** (1786 - 1858), **Jean Baptiste Biot** (1774 - 1862), **Pierre Simon Laplace** (1749 - 1827), **Félix Savart** (1791 - 1841), **André-Marie Ampère** (1775 - 1836) che erano fortemente interessati all'elettricità. Durante la riunione settimanale dell'11 settembre 1820 dell'accademia, che operava sotto la protezione di Napoleone Bonaparte, che ne era anche membro, Arago dimostrò ai suoi colleghi l'esperimento di Orsted e dichiarò con grande entusiasmo che si trattava di una scoperta epocale. La persona più colpita fu Ampere che, pochi giorni dopo, durante la riunione del 25 settembre 1820, presentò una relazione con una dissertazione molto completa del fenomeno osservato da Orsted. Successivamente Ampere determinò la forza esercitata tra due fili distanziati percorsi da correnti, proponendo la famosa "*Legge di Ampere dell'interazione elettromagnetica*" <sup>(2)</sup>. Le scoperte di Ampere ebbero molti seguaci e nel 1825 il docente inglese **William Sturgeon** (1783 - 1850) realizzò il primo "*elettromagnete*" (Figura 13) inserendo un nucleo di ferro in un solenoide. Per

**Figura 13** - Elettromagnete di William Sturgeon.



umentare la sua azione pensò di piegare l'elettromagnete come un ferro di cavallo. Nello stesso periodo degli studi di Ampere, gli scienziati Biot e Savart definirono l'espressione del campo magnetico a distanza originato da una corrente stazionaria che percorre un filo rettilineo.

## LA SOLUZIONE DEI CIRCUITI ELETTRICI

Un'altra legge fondamentale dell'elettricità fu scoperta sperimentalmente dal tedesco **Georg Ohm** (1789 - 1854) nel 1827, tuttavia ne fu riconosciuta l'importanza successivamente, quando il docente prussiano dell'Università di Breslavia **Gustav Robert Kirchhoff** (1824 - 1887) formulò, dopo sperimentazioni, nel 1845 le sue leggi sulle reti elettriche.

## L'induzione elettromagnetica e le leggi sull'elettrolisi

Il britannico **Michael Faraday** (1791 - 1867), che fu anche docente al Royal Institution of Great Britain, dal 1820 e per più di 10 anni, condusse numerosi esperimenti con diversi magneti, bobine, strumenti, ecc., arrivando a scoprire il fenomeno dell'induzione elettromagnetica, appurando che "in ogni bobina sottoposta ad un flusso magnetico variabile viene generata una forza elettromotrice indotta".

La legge, ora nota come "*Legge di Faraday*" o "*Legge dell'induzione elettromagnetica*" fu in seguito espressa con un'equazione <sup>(3)</sup> da J. Clerk Maxwell (1831 - 1879), in quanto Faraday non disponeva di elevate conoscenze matematiche. Faraday condusse numerosi studi nel campo

<sup>(2)</sup> Legge di Ampere - La forza F con cui si attraggono o respingono due fili percorsi da correnti è:

$$F = (\mu_0/2\pi) (i_1 i_2 l/d)$$

dove:  $\mu_0$  la costante di permeabilità magnetica del vuoto,  $i_1$  e  $i_2$  le correnti che attraversano i fili,  $l$  la lunghezza dei fili e  $d$  la distanza tra i due fili.

<sup>(3)</sup> Legge di Faraday:

$$e = n d\Phi / dt$$

dove:  $e$  è la forza elettromotrice indotta,  $n$  il numero di spire della bobina,  $\Phi$  il flusso magnetico perpendicolare al piano della bobina e  $t$  il tempo di variazione.

dell'elettrochimica, introducendo tra l'altro i termini "anodo", "catodo", "anioni" e "cationi", enunciando le sue tre leggi sull'elettrochimica (4). A Faraday è dovuta anche la scoperta dell'interazione del campo magnetico su una tipologia di materiali da lui denominati "diamagnetici" (5).

Faraday, inoltre, si interessò anche dell'influenza del campo magnetico sulla polarizzazione della luce e sulla scarica nei gas con la formazione di radiazioni luminose visibili. Nel 1860 gli appunti elaborati da Faraday, alla fine della sua carriera, riportavano più di sedicimila osservazioni, meticolosamente numerate in successione e raccolte in volumi, che rilegava personalmente, dati i suoi trascorsi giovanili di apprendista rilegatore. Le sue osservazioni, sono raccolte nell'opera "Experimental researches in electricity".

Un altro famoso ricercatore, nel campo dell'induzione elettromagnetica, è stato l'accademico russo **Heinrich Friederich Emil Lenz** (1804 - 1865), professore e rettore dell'università di San Pietroburgo.

La "Legge di Lenz", che determina la direzione della forza elettromotrice indotta, e la "Legge di Joule-Lenz" (secondo gli accademici russi) che permette di valutare una potenza elettrica dissipata in un elemento attivo del circuito proporzionale al quadrato della corrente, sono stati i suoi principali contributi.

### **Verso le equazioni generali del campo elettromagnetico**

Le leggi di Ampere e Faraday furono fuse nell'elettrodinamica di Weber creata dagli scienziati tedeschi **W. Eduard Weber** (1804

- 1891), **F. Leopold Neumann** (1900 - 1954) ed altri. Questa teoria era in contrasto con il concetto di Faraday del processo di induzione elettromagnetica che fu successivamente supportato dall'elettrodinamica di **J. Clerk Maxwell** (1831 - 1879). Maxwell elaborò la teoria moderna dell'elettromagnetismo, raggruppando tutte le precedenti osservazioni, esperimenti ed equazioni non correlate di questa branca della fisica unificandole in un insieme di equazioni differenziali alle derivate parziali.

Le equazioni di Maxwell dimostrano che l'elettricità, il magnetismo e la luce sono manifestazioni del medesimo fenomeno: il campo elettromagnetico.

L'approccio matematico di Maxwell all'elettromagnetismo è sintetizzato nella seguente frase tratta dal "Treatise on Electricity and Magnetism" del 1873:

*"Quando sono riuscito a tradurre in forma matematica quelle che consideravo fossero le idee di Faraday, ho trovato che in generale i risultati dei due metodi coincidevano, poichè gli stessi fenomeni venivano spiegati e le stesse leggi di azione dedotte da entrambi i metodi, ma che i metodi di Faraday assomigliavano a quelli nei quali si inizia con il tutto e si arriva alle sue parti per via analitica, mentre i metodi matematici usuali erano fondati sul principio di iniziare con le parti e costruire l'intero per via sintetica".*

Con gli studi di **Maxwell**, completati dall'inglese **Oliver Heaviside** (1850-1925), dal tedesco **H. Rudolf Hertz** (1857-1894), che confermò sperimentalmente l'ipotesi di **Maxwell** sulla natura elettromagnetica delle onde luminose (1888), si concluse,

---

(4) Le leggi sull'elettrochimica di Faraday:

Prima legge: Il peso di elettrolita decomposto è direttamente proporzionale alla quantità di elettricità che attraversa la soluzione.

Seconda legge: Il numero di cariche associate allo ione equivale alla valenza.

Terza legge: Gli equivalenti elettrochimici sono proporzionali agli equivalenti chimici.

(5) I materiali diamagnetici, quali l'acqua, le sostanze organiche e alcuni metalli (oro, argento, rame, mercurio e bismuto) sono caratterizzati dal fatto che in presenza di un campo magnetico, la loro magnetizzazione ha verso opposto rispetto al campo magnetico, per cui questi materiali ne vengono debolmente respinti.

per così dire, il percorso della fisica classica e l'exkursus sulle intuizioni, scoperte e ricerche sull'elettricità e sui fenomeni ad essa correlati fino al XIX secolo.

L'appuntamento è per la seconda parte dove la storia proseguirà con le principali tappe dell'ingegneria elettrica.

## BIBLIOGRAFIA

- 1) A. D. More: "L'elettricità Statica" - Zanichelli 1983-
- 2) A. G. Mikerov: "From the history of Electrical Engineering: Electricity and Magnetism in Old, Middle Ages and Renaissance" - Proceedings of the Russia North West Section, v. 3, 2012-
- 3) A. G. Mikerov: "From history of Electrical Engineering II: 18-th Century Electrostatic Experiments and a First Current Source Creation"-
- 4) A. G. Mikerov: "From history of Electrical Engineering III: Electromagnetism Discovery and its Fundamental Laws in the First Half of 19-th Century"-
- 5) P. Manzelli: "Breve storia del magnetismo e dell'elettricità"
- 6) B. Fabbri: "I fenomeni elettromagnetici" UNIFE 2019.
- 7) A. K. Assis: "I fondamenti sperimentali e storici dell'elettricità" - Quaderno 26 - Bollettino trimestrale dell'Associazione per l'insegnamento della fisica.
- 8) Igal Galili Varda Bar: "The neglected concept of Insulator in teaching electricity in elementary school" - International Journal of Science and Mathematics Education - 3/2006.
- 9) E.K. Krider: "Benjamin Franklin and lightning rods- Lightning Protection".
- 10) A. Andreotti, D. Assante, L. Verolino "Storia della fulminologia" - III Convegno Nazionale di Storia dell'ingegneria Napoli 2010.
- 11) A. Ganot: "Trattato elementare di fisica sperimentale ed applicata e di Meteorologia" - Francesco Pagnoni tipografo editore Milano, 1861.
- 12) G. Someda "Elettrotecnica generale" -Patron ed. 1971.
- 13) G. Peruzzi "Vortici e colori" ed. Dedalo.
- 14) M. Caboni: "La scoperta dell'elettricità" - <http://www.impattoelettrico.com>
- 15) Università di Padova: "Macchina elettrostatica portatile a globo" - Settembre 2013 - <http://divulgazione.fisica.unipd.it>



## VERSO LA SOCIETY 5.0

La distinzione tra Society 4 e 5.0, le Nazioni al mondo determinate a realizzare la Society 5.0 e le difficoltà legate alla sua concretizzazione specie ai tempi del Covid 19. Come la pandemia sta in influenzando il conseguimento dei 17 obiettivi dell'Agenda 2030 dell'Onu. Dalle problematiche del nostro tempo, con un particolare sguardo alla sostenibilità industriale sociale ed ambientale, alle battaglie di Greta Thunberg per il cambiamento climatico, agli oceani di plastica, all'inserimento dell'educazione civica nelle scuole, all'esigenza di una economia circolare. Dai timori legati all'inserimento del 5G nelle telecomunicazioni alle speranze di coloro che spingono per un suo utilizzo auspicando in un cambiamento epocale, niente è stato tralasciato in questo volume che vuol essere un riferimento per tecnici ed appassionati di settore, studenti universitari che si trovano ad affrontare problematiche scientifiche e socio economiche di grande attualità in un'epoca di grandi trasformazioni, studenti di scuola secondaria superiore dell'ultimo anno di corso. Prezioso l'apporto di esperti di settore come Agime Gerbeti docente di sostenibilità ambientale alla Lumsa di Roma, Michela Mayer responsabile per l'Educazione ambientale e alla sostenibilità alla IASS - Italian Association for Sustainability Science e associato di ricerca all'Istituto per le Ricerche e le Politiche Sociali del CNR, Giovanni Tridente docente di Giornalismo d'opinione presso la Facoltà di Comunicazione Istituzionale della Pontificia Università della Santa Croce.

**Autore:** Dora Anna Rocca - Paolo Marraffa  
**Prezzo:** 22,00 €  
**Pagine:** 160

### PER L'ACQUISTO

<https://libri.editorialedelfino.it/prodotto/verso-la-society-5-0/>



Editoriale Delfino Srl • Via Aurelio Saffi 9 • 20123 Milano (MI) • Tel. 02 9578.4238 • [info@editorialedelfino.it](mailto:info@editorialedelfino.it)