

Macedonio Melloni's induction electrometer

Lucia De Frenza - Seminario di Storia della Scienza; Università degli studi di Bari
Aldo Moro - lucia.defrenza@uniba.it

Abstract: In 1854 Macedonio Melloni conceived an induction electrometer for the measurement of small charges. This device was based on a property of electric charges, called by Melloni “electrical dissimulation”. Melloni discussed this hypothesis with Faraday, who suggested him to make further observations. This device, presented at the Naples Academy of Sciences shortly after his death, was considered useful for educational purposes, but not for research, due to the drawback of retaining the indication of the charge for a long time.

Keywords: Macedonio Melloni, Induction electrometer, electrostatics.

1. Il ruolo degli strumenti nelle ricerche sull'elettricità nell'Ottocento

Tra idea scientifica e strumento esiste una relazione molto complessa. Non solo il secondo è, nell'accezione di Koyré, una “materializzazione del pensiero”, prodotta dalla rivoluzione scientifica del XVII secolo, che ha liberato il sapere empirico dal suo isolamento, per porlo nelle mani di intraprendenti artefici del progresso scientifico (Koyré 1967, p. 101); né è solo l'espressione di un atteggiamento della ragione che cerca di attuarsi nella realtà, “oggetto astratto-concreto”, misto di noumeno e fenomeno, di cui parlava Bachelard (1975, pp. 141-143). Lo strumento, oltre ad essere un mezzo grazie al quale il pensiero esprime il suo controllo sulla materialità, è anche il modo attraverso cui la realtà si presenta all'idea, anzi, per meglio dire, attraverso cui sono percepiti quei caratteri del reale che costituiscono l'oggetto specifico di una scienza. Esso consente all'attività di concettualizzazione di far presa sull'esistente ed inoltre fornisce al lavoro di ricerca il piano di oggettività su cui gli studiosi possono incontrarsi, cioè possono condividere il proprio approccio all'interpretazione dei fatti scientifici. Lo strumento non è un semplice oggetto: esso incorpora tanto sapere da contrassegnare in maniera specifica l'esito del progetto di esplorazione di un fenomeno, da vincolare la ricerca, da costringere l'interpretazione su una strada obbligata. Vale ovviamente il reciproco: la teoria guida la valutazione dei risultati sperimentali o, se manca, sospende la loro efficacia o la tradisce.

Nell'indagine sull'elettricità tra Settecento e Ottocento questo nesso tra dispositivo e teoria fu avvertito molto chiaramente dagli stessi sperimentatori, perché i fenomeni elettrici potevano essere studiati solo provocandoli tramite artifici, cioè con operazioni eseguite su elementi materiali in laboratorio. Ogni risultato d'indagine presupponeva un lavoro di elaborazione teorica, che preliminarmente definiva i dispositivi strumentali

idonei ad effettuare un certo tipo di interrogazione sui fenomeni. Quest'affermazione è vera per ogni scienza, ma diventava una condizione imprescindibile nelle ricerche sull'elettricità. Inoltre, poiché le sperimentazioni elettriche cominciarono ad essere attuate con metodo solo all'inizio del XVIII secolo, cioè tardi rispetto agli altri campi della fisica, il momento in cui si arrivò a standardizzare le unità di misura e si omologarono gli apparecchi si ebbe alla fine dell'Ottocento; prima di questo momento ogni studioso usava i suoi strumenti, determinava i criteri d'indagine, sperimentava come singolo quella stretta connessione esistente tra sapere tecnico e risultato teorico. Poiché la maggior parte dei fisici lavorava con apparecchi modificati secondo le proprie necessità, la descrizione del corredo tecnico era un elemento immancabile nei resoconti scientifici.

Nelle ricerche sull'induzione elettrostatica eseguite nel 1854 da Macedonio Melloni si può seguire concretamente l'intreccio stabilito nel lavoro scientifico tra riflessione teorica e realizzazione tecnica. Lo strumento era la traduzione delle sue idee. La sua efficacia doveva dare credibilità all'interpretazione della legge fisica, che ne rendeva possibile il funzionamento.

2. Il prototipo dell'elettrometro ad induzione

Le ricerche di Macedonio Melloni (1798-1854), dall'ottica alla termometria, avevano richiesto la messa a punto di dispositivi perfezionati, con i quali effettuare le misurazioni per dare conferma alle proprie ipotesi. Fu ideato con questo scopo il termomoltiplicatore, costruito insieme a Leopoldo Nobili, che sostituì i termoscopi ad aria negli studi sul calore raggianti e un particolare banco sperimentale, che porta il nome di banco Melloni, per misurare l'entità del potere assorbente o riflettente dei diversi materiali per questo tipo di radiazione. Melloni escogitò anche un nuovo metodo per rendere più sensibili i galvanometri astatici e migliorò il magnetometro, utilizzato per le osservazioni sul magnetismo delle rocce vulcaniche (Codastefano, Schettino 1984; Schettino, Trentadue, Peruggi 2015).

Nel 1854 a Napoli, dove si era trasferito accettando l'incarico del sovrano borbonico di dirigere l'Osservatorio vesuviano, ideò, infine, un elettroscopio ad induzione, che sfruttava la distribuzione delle cariche generata su un corpo indotto per rilevare la tensione elettrica. Lo strumento rappresentava concretamente le idee di Melloni, scaturite in quei mesi dalla riflessione sul resoconto fatto da Michael Faraday delle anomalie nella trasmissione degli impulsi elettrici nei cavi telegrafici sottomarini. Su questo tema Melloni aveva anche riferito ai membri dell'Accademia napoletana delle scienze (Melloni 1854b). Ammettendo, secondo le ipotesi di Faraday, che tutti i fenomeni elettrici fossero prodotti dall'azione di particelle contigue, dotate di un definito grado di tensione o polarizzazione, capaci di comunicarsi tale condizione attraverso la scarica, le proprietà di isolare o di condurre derivavano dal medesimo potere induttivo posseduto in gradi diversi dalle varie sostanze: negli isolanti le molecole incontravano maggiore difficoltà ad influire una sull'altra; mentre nei conduttori l'influenza si trasmetteva più rapidamente. I cavi sottomarini si erano dimostrati delle gigantesche bottiglie di Leyda,

nei quali l'armatura interna era costituita dall'anima di rame e quella esterna dall'acqua o dalla terra, mentre tra l'una e l'altra si trovava il rivestimento isolante di guttaperca, sul quale la corrente generava un'"induzione laterale", responsabile del ritardo con cui arrivava il segnale al capo opposto della linea telegrafica. Sul passaggio di corrente, quindi, influiva un effetto elettrostatico, dimostrando quanto le due manifestazioni fossero correlate.

Melloni, seguendo le ipotesi di Faraday, aveva ammesso che la corrente elettrica fosse una successione di modificazioni negli strati molecolari della materia. Questo principio sarebbe stato messo in risalto dal suo elettroscopio ad induzione, come scriveva a Faraday:

Cet instrument [...] aura en outre l'avantage de montrer, si je ne me trompe, que le principe électrique ne rayonne pas comme la lumière et la chaleur, qu'il ne se déplace pas par influence de l'extrémité antérieure à l'extrémité postérieure des métaux isolés, et qu'il se propage réellement dans toute sorte de corps pour une suite de polarisation moléculaires (Melloni 1994, p. 470).

In un'altra lettera al fisico inglese Melloni affermava:

Ayez la bonté d'attendre quelques semaine, et peut-être pourrais-je décider la question de savoir si dans les phénomènes de l'induction et la conductibilité il y a simple polarité moléculaire ou transport réel de fluide électrique de l'une à l'autre extrémité des conducteurs isolés, comme on l'admet encore dans la plupart des traités de physique. Vous comprenez bien que mes espérances de réussite sont essentiellement fondées sur l'appareil thermoscopique [leggi électroscopique] dont je vous parlait tantôt (Melloni 1994, p. 472).

Lo strumento, in altri termini, doveva mostrare l'infondatezza dell'opinione, secondo cui il fluido elettrico si spostava nello spazio: non vi era movimento, ma solo polarizzazione della materia. L'azione di un corpo inducente produceva su quello indotto la dissimulazione della carica di segno opposto sul lato più vicino all'induttore; mentre sul lato opposto quella omologa era libera. La relazione delle cariche di segno opposto sulla superficie dei corpi indotti, consistente in un reciproco vincolo senza annullamento, faceva in modo che gli stessi corpi conservassero il loro stato di elettrizzazione per un lungo intervallo di tempo, finché lentamente la carica non veniva dispersa attraverso l'aria. Tenendo conto di questa proprietà, Melloni aveva realizzato un elettroscopio, che manteneva la deviazione dell'indice per un certo tempo, tanto da consentire all'osservatore di riconoscere agevolmente l'entità della carica. Le prerogative possedute da questo apparecchio lo rendevano adatto alle misure di estrema delicatezza, come quelle relative alla generazione di elettricità durante l'evaporazione dei liquidi o nei processi della vegetazione, casi in cui era stato utilizzato impropriamente il galvanometro. Melloni era convinto che quest'aspetto del comportamento della carica indotta potesse cambiare il modo in cui comunemente veniva descritto il processo d'induzione elettrostatica; pertanto la buona riuscita del suo apparecchio sarebbe stata una prova cruciale della convenienza di attuare una revisione della teoria elettrica.

3. Descrizione dell'apparecchio

L'elettroscopio doveva essere presentato ai membri dell'Accademia reale delle scienze di Napoli nella seduta del 18 agosto 1854, ma Melloni non poté partecipare, ucciso dal colera pochi giorni prima. Una descrizione autografa, anche se incompleta, dell'apparecchio fu ritrovata tra le sue carte e pubblicata postuma (Melloni 1854a).

Il nucleo dello strumento, illustrato nella Fig. 1, era costituito da una piccola tazza metallica A, di diametro interno pari a 22 mm, munita di 2 prolungamenti filiformi DD, che si mantenevano fissi sui bordi opposti della stessa. Al di sotto partiva il filo di rame che, passando in un tubo esterno di vetro, isolato in mastice coibente, terminava in una piccola sfera E e faceva da conduttore della carica. Una seconda tazza metallica capovolta B, di diametro esterno uguale a 16 mm, sospesa ad un filo di seta F di 25 cm, era inserita nella precedente, ma senza che le pareti delle stesse venissero in contatto. Nella parte superiore della tazza mobile era sistemata un'asta metallica CC con la funzione di indice, tenuta alla distanza di qualche millimetro dai bracci paralleli della tazza A. Quando veniva comunicata una carica ad E, essa era trasmessa alla superficie della tazza A e alle sue estremità DD. Per induzione sull'altra tazza B si generava una condizione di polarità elettrica, per cui nelle parti più vicine ad A la carica contraria a quella comunicata risultava dissimulata, mentre quella omologa sembrava accentuarsi sulla superficie piana della tazza B e sull'appendice filiforme CC. Nel corpo inducente A si era verificato un effetto equivalente: sulle pareti più vicine alla tazza piccola B, la carica era senza tensione; al contrario, altrove, risultava libera e tanto più energica quanto più vicina alle estremità DD. Queste allora respingevano l'indice CC della tazza B, che deviava, sottoponendo a torsione il filo di seta F. La lettura degli angoli di deviazione era realizzata su una ghiera forata al centro, in modo tale da inserirsi nel giogo delle due tazze senza ostacolarle. La condizione di equilibrio era riacquistata solo lentamente attraverso la graduale dispersione della carica. L'intera struttura era racchiusa in un cilindro di metallo, di larghezza appena superiore all'estensione dell'indice e con base superiore di vetro, da cui si innalzava una colonnina contenente il filo di seta. Alla sommità di quest'ultima erano state previste due piccole manopole, una per far appoggiare la tazza piccola sull'altra, in caso di spostamento dello strumento, e la seconda per disporre l'indice opportunamente affiancato alle estremità della tazza fissa.

L'Accademia delle scienze nominò una commissione, composta da A. Nobile, V. Flauti e L. Palmieri, per valutare l'apparecchio di Melloni. Questi giudici espressero delle riserve sull'idoneità dell'elettroscopio all'impiego nella ricerca, dal momento che, mantenendo la deviazione dell'indice piuttosto a lungo, non poteva servire per ripetizioni consecutive delle misure. Comunque, la sua singolarità lo rendeva adatto all'uso didattico.

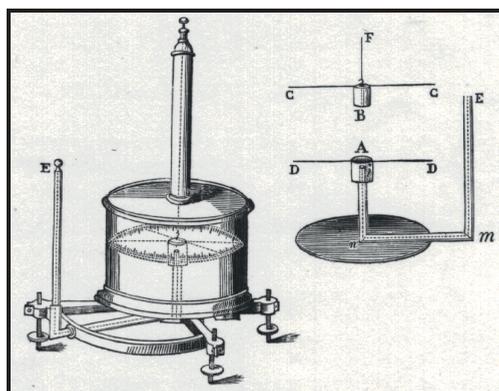


Fig. 1. Elettroscopio di Melloni (1854a).

4. Confronto tra l'apparecchio di Melloni e gli elettroscopi in uso nell'Ottocento

L'elettroscopio di Melloni aveva evidenti analogie strutturali con la bilancia di Coulomb; tuttavia, in quest'ultima il meccanismo che provocava la torsione dell'indice sfruttava la repulsione di cariche comunicate, mentre nell'altro le proprietà dell'induzione. Lo strumento di Coulomb fu utilizzato occasionalmente, nella prima metà del XIX secolo, per ricerche in cui occorreva effettuare la misura di piccole cariche, come nelle esperienze di Becquerel sull'elettricità prodotta dalla pressione di sostanze elastiche o negli studi sull'induzione elettrostatica realizzati da Faraday. Per il resto l'apparecchio venne tenuto nello status privilegiato "d'un instrument fondateur et historique" (Blondel 1994, p. 117).

Nello stesso tempo diversi furono i dispositivi che presero ispirazione da quello di Coulomb, a partire dall'elettrometro condensatore di Peltier. Questo era costituito da un cilindro di vetro, nel quale era inserito, passando attraverso la base di legno, un filamento metallico, curvato orizzontalmente nella parte interna e fornito all'esterno di due dischetti conduttori. Sull'estremità del filo era praticata una piccola cavità, destinata a supportare la punta mediana di un indice orizzontale di ottone. Comunicata la carica all'estremità esterna del conduttore, questo elettrizzava l'indice, che deviava per repulsione. Perché lo spostamento fosse regolare, si aggiungeva un piccolo frammento di ago calamitato. Dal coperchio della gabbia di vetro pendeva un filo d'argento, che reggeva l'indice in bilico sul conduttore. La lettura dell'apparecchio richiedeva circa due minuti; tempo nel quale era facile che ci fossero dispersioni (Volpicelli 1857, pp. 115-118).

Per risolvere gli inconvenienti legati alla scarsa elasticità del filo metallico di sospensione, William Snow Harris nel 1836 aveva usato una coppia di fili di seta, da cui il nome di bilancia bifilare. In questo caso l'indice, dopo aver effettuato la rotazione per repulsione della carica di una pallina elettrizzata, veniva riequilibrato non grazie alla forza di torsione, bensì per effetto della gravità di un contrappeso, agganciato al di sotto della leva. I

due fili di sostegno, con la rotazione, venivano ad intersecarsi e quindi sollevavano l'intero elemento. Successivamente, dal momento che la pesantezza reagiva in senso inverso alla forza repulsiva, descrivendo delle oscillazioni, l'indice tornava in equilibrio. Lo strumento era troppo complicato e non utilizzabile per la misura di cariche tanto piccole da non riuscire a produrre la rotazione dell'ago (Becquerel 1840, pp. 62-86).

Friedrich Dellmann nel 1847 realizzò una nuova variante dalla bilancia di torsione. Nel suo strumento il filo di sospensione era di vetro, mentre l'indice di metallo, nella posizione di stasi, entrava in contatto con le facce opposte di una lamina fissa, piegata a forma di zeta, parallela allo stesso. Se veniva comunicata una tensione elettrica all'asticella, questa e l'indice assumevano carica omologa e si respingevano. L'entità della forza di torsione o la deviazione impulsiva dell'ago venivano utilizzati per ricavare l'intensità della carica. Questo elettrometro aveva l'inconveniente di rimanere insensibile per le cariche, il cui valore era più basso del limite necessario a produrre l'impulso per la deviazione dell'indice.

L'elettrometro di Melloni, che utilizzava l'induzione per rilevare la carica, era sicuramente nuovo rispetto a questi strumenti. Tuttavia, mancando uno studio approfondito e degli esperimenti con cui metterlo alla prova, riscosse scarso interesse tra i fisici.

Esistono solo pochi esemplari dell'apparecchio: il prototipo realizzato dal meccanico Gargiulo e venduto nel 1855 per 50 ducati al Museo del Re (Spadaccini 1995, p. 67), poi confluito nella collezione del Museo di fisica dell'Università partenopea (Gasparini, Pierattini 1996, p. 93), un altro esemplare firmato dallo stesso Gargiulo custodito nel Museo di fisica dell'Istituto tecnico Giovan Battista Dalla Porta-Portio di Napoli ed un secondo nel Museo di fisica dell'Università di Parma, inviato dalla vedova di Melloni, Augusta Bignell, tramite il fratello di Macedonio, Enrico.

Bibliografia

- Bachelard G. (1975). *Il razionalismo applicato*. Bari: Dedalo.
- Becquerel A.C. (1840). *Traité expérimental de l'électricité et du magnétisme et de leurs rapports avec les phénomènes naturels*. Paris: Didot, vol. 5.
- Blondel C. (1994). *La 'Mécanisation' de l'électricité: idéal de mesures exactes et savoir-faire qualitatifs*, in Blondel C., Dörries M. (eds.), *Restaging Coulomb. Usages, controverses et répliques autour de la balance de torsion*. Firenze: Olschki, pp. 99-119.
- Codastefano P., Schettino E. (1984). "Il modo di sperimentare di un grande fisico italiano dell'Ottocento: Macedonio Melloni". *Physis*, 2, pp. 271-301.
- Schettino E., Trentadue L., Peruggi C. (2015). *Macedonio Melloni. Il calore e la luce invisibile*, Parma: Monte Università Parma Editore.
- Gasparini P., Pierattini D. (1996). "Macedonio Melloni e l'Osservatorio Vesuviano". *Le Scienze*, 29 (333), pp. 88-95.
- Koyré A. (1967). *Dal mondo del pressapoco all'universo della precisione*. Torino: Einaudi.
- Melloni M. (1994). *Carteggio, 1819-1854*. Firenze: Olschki.

- Melloni M. (1854a). “Descrizione dell’elettroscopio d’invenzione del Melloni, rinvenuta tra le sue carte”. *Rendiconto della R. Accademia delle Scienze di Napoli*, 3, pp. 82-90.
- Melloni M. (1854b). “Sopra alcuni fenomeni di elettricismo statico e dinamico recentemente osservati da Faraday nei conduttori de’ telegrafi sotterranei e sottomarini”. *Rendiconto della R. Accademia delle Scienze di Napoli*, 3, pp. 30-38.
- Spadaccini R. (1995). *Il gabinetto di fisica del Re. La storia, i documenti*, in Archivio di Stato di Napoli, *Le macchine del re. La collezione Reale nel Museo del Dipartimento di scienze fisiche*. Napoli: Archivio di Stato, pp. 17-68.
- Volpicelli P. (1857). “Sugli elettrometri”. *Atti dell’Accademia Pontificia de’ Nuovi Lincei*, IX, pp. 37-54; 114-124; 253-264; 311-317; 423-431.