

IL
NUOVO CIMENTO

PERIODICO

FONDATO DA

C. MATTEUCCI e R. PIRIA

CONTINUATO DALLA

SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

PER CURA DEI DIRETTORI

R. FELICI

A. BATTELLI V. VOLTERRA

E DEI SUOI DELEGATI

A. RIGHI e P. CARDANI



PISA

DALLA TIPOGRAFIA PIERACCINI

1902

RICCARDO FELICI

Commemorazione letta nella VI riunione della Società Italiana di Fisica
dal Prof.

ANGELO BATTELLI.

Egregi Colleghi,

Primo atto di ogni precedente Congresso della Società era un saluto di affetto e di augurio al nostro venerato Presidente onorario; quest'anno i nostri lavori si aprono mestamente con la commemorazione di Lui.

Non a me sarebbe spettato questo doloroso incarico: abbiamo nella nostra Società Colleghi illustri, primo il Prof. Ròiti, ai quali Egli ha lasciata larga eredità di scienza e di affetti; colleghi, cui lo aver seguito da vicino l'opera sua, ha dato agio di sperimentare per lunghi anni lo spirito di scrupoloso indagatore e la vita attiva di Lui, e di ammirare tutta la bontà dell'anima sua modesta e gentile.

Ma pur troppo oggi è loro impedito di trovarsi tra noi, e perciò il nostro Presidente volle a me affidato questo triste ufficio, che adempì col cuore commosso.

Nato l'11 Giugno 1819 in Parma, **Riccardo Felici** trascorreva l'adolescenza e la prima giovinezza fra lotte e privazioni, che attestavano fin d'allora la sua non comune fermezza di propositi e rettitudine di spirito. A 20 anni si recava in Pisa con l'intenzione di prepararsi alla scuola politecnica di Parigi, perchè aveva disegnato di percorrere la carriera d'ingegnere. Ben presto però le lezioni del Mossotti e del Matteucci,

e, più di tutto, l'invito di quest'ultimo a frequentare il laboratorio di fisica per aiutarlo negli esperimenti, lo venivano distogliendo dal suo primo proposito. Fu così che, confortato anche da aiuti materiali, Egli si fermò in Pisa, a continuare gli studi felicemente intrapresi; ivi nel 1846 dal Matteucci venne nominato aiuto alla Cattedra di fisica.

Il Matteucci, uomo d'ingegno fervido, quasi direi esuberante, di carattere vivacissimo e insofferente di freni, aveva compreso subito che il calmo e modesto giovinetto, da lui scelto a collaboratore, era ricco delle preziose doti, che in lui forse difettavano alquanto: costanza invitta, lunga pazienza, spirito critico spassionato. E fu tale la stima e la benevolenza da lui posta nel Felici, che, fin dal primo anno, lo incaricò a più riprese di sostituirlo nelle lezioni, pensando forse di fare dell'allievo prediletto il suo successore.

Da parte sua il Felici, prima ancora di diventare aiuto, aveva dato saggio del suo ingegno acuto ed equilibrato in alcune osservazioni, intorno a nuove ricerche del Sig. Dutrochet, pubblicate nel 1844 sul *Cimento*.

Il Dutrochet, avendo studiato il distendersi delle gocce liquide sopra solidi e sopra altri liquidi, aveva concluso che quei fenomeni erano dovuti ad una forza particolare che egli chiamò *epipolica*. Egli aveva escluso affatto che detti fenomeni potessero attribuirsi alla capillarità, fondandosi specialmente sul comportamento diverso che essi presentavano al variare della temperatura.

Il Felici, con ingegnose ed esatte considerazioni, fece rilevare come il distendersi della goccia proveniva dall'azione di due forze simultanee, cioè da quella che cagiona l'innalzamento di una colonna liquida in un tubo capillare, e dall'affinità dei due corpi, le cui superfici sono a contatto. Egli dimostrò così come fosse completamente immaginaria l'esistenza della forza epipolica, pure ammettendo che in quei fenomeni potessero esercitare la loro influenza lo sviluppo di calore e forse anche di elettricità.

Quando poi, nominato aiuto, poté metter mano a proprie ricerche sperimentali, il Felici pubblicò un primo studio sulla termoelettricità del mercurio, nel quale, sebbene la di-

sposizione non fosse tale da poter giungere alla soluzione del problema, egli diede prova della cautela e dello scrupolo che distinsero tutti i suoi successivi lavori.

Erano quelle le giornate del nostro riscatto, quando l'Italia s'era desta alla voce dell'apostolo genovese, accingendosi alle sue prime prove sui campi di battaglia. Un sacro entusiasmo, che allora non si usava gabellare per rettorica, animava l'Ateneo Pisano, dove il Matteucci e il Mossotti — già pellegrini di scienza e di libertà dall'Inghilterra all'Argentina ed alle isole Jonie — insieme con Leopoldo Pilla, con Francesco Puccinotti, e soprattutto con Giuseppe Montanelli — il candido ed entusiasta apostolo dell'italico riscatto — rinfocolavano nella gioventù universitaria il culto per la patria.

Alla notizia dei grandi fatti di Milano, gli studenti di Pisa e di Siena, con forzato consenso del Governo, preparano la loro guardia universitaria, inizio di cose maggiori.

Il 22 Marzo, mentre è sul finire una lezione del Matteucci, si spalanca la porta dell'aula, e la gioventù irrompe gridando: « Studenti e professori intendono partire per la Lombardia! » Il battaglione universitario è formato: vengono scelti Maggiore il Mossotti, Commissario civile il Matteucci, Capitani il Pilla, Luigi Pacinotti, il Carmignani, il Giorgini; fra i tenenti, Riccardo Felici. E marciano fra i militi scolari distinti, che un giorno saranno professori, deputati, senatori, ministri dell'Italia risorta.

Il battaglione partiva da Pisa sotto una festa di fiori, di auguri e di benedizioni; e, dopo lunghe, faticose ed inutili tappe, nel Maggio si fermava nel paese delle Grazie, ove era il quartier generale delle truppe toscane, non molto distante dal campo di Curtatone. Il Felici marciava sicuro e franco come un vecchio soldato e manteneva il buon umore tra i compagni con le sue inesauribili arguzie. E quando il 29 Maggio l'eroico battaglione si mosse verso Curtatone, bagnando di tanto sangue generoso la terra lombarda, il Felici si trovò sempre nell'infuriare della battaglia; e fu egli che sorresse il povero Ginnasi che cadeva con la tempia trapassata da una palla di fucile, e fu egli tra i primi ad accorrere accanto a

Leopoldo Pilla, quando questi, orribilmente squarciato da una cannonata, spirava la grand' anima dicendo: « Non ho fatto abbastanza per l' Italia ».

Reso il suo tributo alla patria, quando il battaglione universitario venne sciolto definitivamente, il Felici tornò alla sua Università, alla calma degli studi.

Continuò pertanto nel 1849 a supplire nelle lezioni il Matteucci, finchè, coll'anno scolastico 49-50, fu stabilmente incaricato di reggere la cattedra del suo maestro.

Allora si diede nuovamente con tutto il fervore alle ricerche fisiche, e nel 1850 e '51 pubblicò le due memorie: « Sulla propagazione della corrente elettrica nell'interno di una sfera » e « Sulle polarità galvaniche e sull'influenza della propagazione della corrente elettrica nei liquidi ».

Quest' ultima specialmente ha un' importanza singolare, perchè in essa egli determinò fino d' allora l' andamento della f. e. m. secondaria col variare della temperatura, e scoprì che verso i 4° C. l' acqua presenta un minimo di conducibilità: fatto ritrovato poi recentemente dal Prof. Lussana, e confermato da altri, sulla conducibilità delle soluzioni acquose.

In quell' epoca appunto, e precisamente nel 1851, il Felici dava principio alla sua massima ricerca, che poi lo occupò quasi ininterrottamente fino al 1859, *sulla teoria dell' induzione*. Egli pervenne in questo studio alle leggi delle correnti d' induzione elettrodinamica ed elettromagnetica, deducendole unicamente da dati sperimentali, con metodo simile a quello usato dall' Ampère, per scoprire le formole sulle attrazioni e ripulsioni di due elementi voltaici filiformi.

Dopo avere investigata l' influenza che sul fenomeno d' induzione esercitano l' intensità della corrente inducente, la natura e la grandezza dei circuiti, le distanze, le forme e le posizioni relative dei circuiti inducente e indotto, egli studiò il fenomeno dell' induzione nelle tre circostanze in cui esso si può compiere; cioè, per l' apertura o chiusura del circuito inducente, per il moto relativo tra l' indotto e l' inducente e per il moto relativo delle parti di uno stesso circuito. Arrivò

così alle formole relative ai tre casi diversi, deducendone poi, come conseguenze, fatti e principi noti o da lui stesso subito verificati.

Quando il Felici stabilì sperimentalmente la sua teoria dell' induzione elettrodinamica, si conoscevano già altre teorie che, partendo da ipotesi più o meno accettabili, erano state proposte da qualche anno; fra esse specialmente pregevoli erano quelle di F. E. Neumann, di Weber e di Helmholtz.

La teoria del Neumann si fonda sull'ipotesi che la f. e. m. indotta sia proporzionale alla velocità con la quale cambia la distanza fra l' elemento inducente e l' indotto, e alla forza ponderomotrice che si eserciterebbe fra i due elementi, se l' indotto fosse attraversato da una corrente uguale ad uno.

Questa ipotesi non era stata giustificata dal Neumann con alcun dato sperimentale. Il Neumann stesso, nell' assumerla come base dei suoi sviluppi analitici, la considerò come la più semplice di quelle che a prima vista vengono suggerite dalla legge di Lenz, ma non fece nessuna considerazione sull'esattezza della medesima. Ora la legge di Lenz si riferisce solo al senso e non alla grandezza delle correnti indotte; era quindi necessario esaminare se e con quale approssimazione l' ipotesi del Neumann si prestava a illustrare quantitativamente i fenomeni di induzione.

Lo stesso inconveniente si riscontra nella teoria dell' induzione proposta qualche anno dopo dal Weber. Anch' essa è intieramente fondata sopra un' ipotesi non confermata da alcuna esperienza e certamente più artificiosa di quella del Neumann. È noto infatti che il Weber spiegò i fenomeni di induzione ammettendo, secondo un' idea dovuta al Fechner, che, su due masse elettriche in moto, non agisca soltanto la forza di attrazione o ripulsione conforme alla legge di Coulomb, ma altre forze dovute al movimento relativo delle due masse.

L' espressione trovata dal Weber per l' azione inducente, esercitata da un elemento del circuito primario su un elemento del secondario, differisce da quella data dal Neumann; questa differenza però scompare nei risultati finali relativi all' induzione tra due circuiti chiusi. L' esattezza di questi risultati fu,

qualche anno dopo, stabilita dall' Helmholtz, il quale li dedusse dal principio della conservazione dell' energia; essi quindi si presentavano come leggi naturali, e sembrava probabile il poterle stabilire direttamente mediante l' esperienza.

Questa opera venne effettivamente compiuta dal Felici.

Per vero, prima ancora che fosse comparsa la teoria del Neumann, era già stata fatta qualche misura dal Lenz, relativamente alla quantità totale di elettricità indotta in un rocchetto, nel momento in cui esso viene introdotto o tolto da un campo magnetico. Ma tali esperienze avevano poca relazione con gli importanti risultati della teoria stessa del Neumann.

Con poche esperienze, sotto ogni punto di vista inoppugnabili e genialmente concepite, riuscì invece al Felici spiegare tutti i casi dell' induzione fra due circuiti chiusi e stabilire per essi la stessa formola alla quale era pervenuto il Neumann. E i suoi risultati rendono conto, sia dell' induzione che si ha per l' apertura o chiusura del circuito inducente, sia di quella dovuta al moto relativo dei due circuiti; nel mentre che la formola di Neumann, quantunque possa estendersi anche alle correnti indotte che si producono nel primo caso, non sarebbe a tutto rigore applicabile se non al caso della induzione pel moto relativo; e solo in base ai fatti sperimentali, coi quali il Felici potè passare dal caso delle correnti istantanee a quello del movimento, si può inversamente far valere la formola del Neumann anche per le correnti istantanee.

La coincidenza fra il risultato finale della teoria del Neumann e la esperienza non può ritenersi come prova della verità del principio fondamentale da cui essa parte, e si può dimostrarlo chiaramente considerando l' induzione prodotta da un solenoide chiuso. Infatti il Felici mostrò, che una corrente di intensità variabile, circolante in un solenoide neutro, desta correnti indotte in un circuito chiuso che col solenoide sia concatenato. Ora ciò è in accordo con la formola del Felici, e il calcolo — come fu fatto dal Ròiti — conduce, partendo da essa, a risultati concordanti con l' esperienza.

Se invece del circuito chiuso consideriamo soltanto un elemento di esso, applicando al medesimo le due ipotesi fon-

damentali del Neumann, dovremmo dire che nell'elemento considerato non si produce nessuna forza elettromotrice di induzione, perchè è nulla l'azione elettrodinamica esercitata da un solenoide chiuso, in un punto qualunque esterno al medesimo. Ora, la forza elettromotrice indotta in un circuito è la risultante della somma delle forze elettromotrici indotte nei diversi elementi del circuito stesso, e il fatto da noi citato mostra che questa somma in alcuni casi non è nulla; in questi casi adunque il principio fondamentale del Neumann si mostra in difetto, a meno che non venga sperimentalmente dimostrato che, nel periodo variabile della corrente, un solenoide chiuso, cessando di esser neutro, eserciti un'azione elettrodinamica sugli elementi del circuito indotto.

La singolare concordanza fra i dati sperimentali e l'espressione risultante dalle teorie del Weber e del Neumann dipende unicamente dal fatto che il confronto, fra i risultati di dette teorie e quelli delle esperienze, non si può fare se non in un campo troppo ristretto. Infatti, essendo state stabilite le formule elementari dell'induzione soltanto con esperienze eseguite con circuiti chiusi, è chiaro che, senza contraddire alle esperienze conosciute o eseguibili con quei circuiti, potremmo aggiungere a quelle formule altri termini, che sparissero in una integrazione lungo una curva chiusa. Ciò spiega come, con ipotesi differenti fra loro, si possa, nel campo ristretto delle esperienze conosciute, arrivare a delle formule concordanti con le esperienze medesime.

Tutto questo fa sempre più risaltare il vantaggio che, tra tutte le altre, offre la teoria del Felici; giacchè oltre al presentare una notevole semplicità, ha il pregio di riassumere, sotto forma analitica e indipendentemente da qualunque ipotesi, i risultati generali delle esperienze.

Si deve quindi dire che il Felici abbia proprio dato una base di realtà a concetti che fin allora non avevano che carattere ipotetico. Da allora in poi, infatti, tutte le teorie dell'induzione elettrodinamica vennero costruite con un processo inverso di quello che si era seguito per l'innanzi. Così, qualche anno dopo le ricerche del Felici, l'Helmholtz prese proprio di mira la serie oramai ricca di leggi sperimentali già stabilite

con tutta evidenza, e cercò di fonderle tutte quante in una stessa formola, la quale fosse la più generale fra quelle che si potevano proporre per l'espressione del potenziale elettrodinamico di due correnti, compatibilmente coi fenomeni conosciuti fin allora e col principio della conservazione dell'energia. Orbene, abbiamo la soddisfazione di constatare che le formole del Felici per l'induzione, sono le uniche che rispondano a quella condizione.

Terminato questo lavoro poderoso, il Felici, senza prendere riposo, pose mano a nuovi studi. Ferveva allora la questione del valore da assegnarsi alla velocità che impiega l'elettricità a percorrere un dato circuito. I risultati ottenuti erano diversissimi; mentre il Wheatston, nelle sue belle esperienze con lo specchio girante, otteneva la velocità di 460 mila km. per secondo, velocità molto superiore alla vera, non mancavano esperienze che assegnavano alla medesima valori di gran lunga più piccoli, uno dei quali, determinato dagli astronomi di Greenwich e Bruxelles, scendeva sino a 4300 km.

A spiegazione di queste divergenze, il Faraday aveva fatto giustamente osservare che una grave causa di errore nelle precedenti esperienze si aveva nelle azioni elettrostatiche induttive esercitate sul filo dal mezzo in cui esso era immerso (quando questo mezzo era acqua o guttaperca). Un'altra causa di errore era dovuta all'impiego di galvanometri o elettrocalamite, essendo il tempo, impiegato dal ferro dolce per calamitarsi o dall'ago per obbedire all'azione della corrente, dello stesso ordine di grandezza del tempo impiegato dalla corrente a percorrere più centinaia di chilometri. Il Felici si studiò di eliminare questi difetti, ed ottenne per la suddetta velocità numeri vicini a 260 mila km. al secondo, — valore ancora alquanto lontano dal vero, ma pur sempre soddisfacente, date le condizioni in cui poteva sperimentare nel Laboratorio di Pisa.

Nello stesso lavoro il Felici determinò la durata della scintilla, e ne studiò le diverse fasi, mettendo in evidenza che la scintilla totale si compone di molte scintilline parziali, quasi

contemporaneamente al Feddersen, il quale aveva pubblicato le sue classiche esperienze fotografiche soltanto l'anno prima.

Alla stessa epoca il Felici si accingeva ad un'altra serie di ricerche, le quali lo occuparono di poi per sette anni continui, sul comportamento elettrico dei corpi non conduttori in presenza di corpi elettrizzati.

Già dal Cavendish, dal Faraday e dall'Harris era stato ripetutamente osservato l'aumento di capacità nei condensatori, quando si sostituisce lo strato d'aria con quello di una sostanza coibente. E così l'Avogadro aveva pure formulato l'ipotesi della polarizzazione dei dielettrici: ipotesi che in seguito fu ripresa dal Belli e dal Faraday, e che poi (1846) fu analiticamente sviluppata dal Mossotti; ma si deve proprio dire che era allora spento il vero ardore delle ricerche sperimentali, tanto che non si era nemmeno cercato di constatare, se all'azione esercitata dal coibente prendessero parte tutti gli elementi di volume del coibente, o soltanto quelli posti alla superficie del medesimo; e non si era cercato di determinare il tempo che impiegano i coibenti a manifestare e a perdere quell'azione. Spesso poi non si era affatto tenuto conto dei fenomeni di penetrazione della carica, che pur si presentavano in quasi tutte le esperienze.

Il Felici, con vera genialità sperimentale, risolvette queste quistioni ed altre affini. Con ammirevole costanza, dopo aver ripetute volte modificati i suoi apparecchi secondo che gli consigliava la propria esperienza, giunse nel 1871 ad annunziare che l'azione elettrica, sviluppata da un coibente sottoposto all'azione di un corpo elettrizzato:

1.^o è un'azione che parte da tutti i punti della massa del coibente e non dalla sola superficie;

2.^o è indipendente dallo stato fisico di questa superficie;

3.^o è un'azione che si sviluppa rapidamente (in meno di $\frac{1}{1000}$ di secondo) e cessa rapidamente con l'azione esteriore inducente, come il ferro dolce suole rapidamente magnetizzarsi e smagnetizzarsi;

4.^o è proporzionale a quell'azione inducente e dipende dalla natura del coibente.

È appunto da allora che la polarizzazione dielettrica si suole quasi considerare come fatto sperimentale, anzichè come ipotesi.

Lascio di parlare degli altri lavori minori, che il Felici pubblicò in questo torno di tempo, sulla forma di alcune superfici di capillarità, e sulla rappresentazione grafica della legge delle oscillazioni di un corpo elastico. Nel 1874, per studiare la legge con cui una massa di ferro dolce perde il suo magnetismo, a partire dall'istante in cui viene soppresso il campo esterno magnetizzante, immaginò e costruì il suo classico interruttore, capace di dare interruzioni a intervalli, esattamente misurabili, di $\frac{1}{20,000}$ di secondo. Con questo interruttore, lievemente modificato, studiò le correnti indotte in una spirale, durante il tempo in cui il nucleo interno di ferro dolce va rapidamente perdendo il magnetismo. Trovò che, al contrario di quanto pensavano alcuni fisici, l'influenza della corrente indotta nella massa del ferro sulla velocità della magnetizzazione era piccola, minore anzi di quello che si poteva pensare.

Negli ultimi anni della sua vita, dal 1875 in poi nient'altro il Felici diede alla luce, se non tre pubblicazioni di minor conto, due delle quali consistono in descrizioni di esperienze da lezione e la terza tratta del potenziale di un conduttore in movimento sotto l'influenza di un magnete; continuò tuttavia con alacrità il suo insegnamento, e si dedicò con amore, insieme col Betti, alla direzione del *Nuovo Cimento*, che, per virtù dei due illustri scienziati, riuscì ad acquistare prospera vita, ad onta delle difficoltà che si opponevano al suo fiorire.

È questa l'opera scientifica del Felici. Ciò che in essa risalta soprattutto è la chiarezza delle vedute, la precisione del-

l'esperienza, e il riserbo nella conclusione. La critica finissima ch'egli sapeva applicare alle opere altrui, egli rivolgeva anzitutto alle proprie, prima di pubblicarle, onde veniva ad esse quella apparenza di perfezione. Abile matematico, di questo mezzo, altrettanto potente quanto talvolta pericoloso, non si valse se non quando le sue formule potevano poggiare sui risultati dell'esperienza. Di ciò diede un classico esempio nel lavoro sull'induzione elettrodinamica.

A queste grandi qualità di scienziato il Felici univa una modestia senza pari, direi quasi morbosa; tanto che non si poteva parlare a Lui delle sue scoperte, senza recargli visibilmente molestia, nè ad alcuno è riuscito mai avere da lui la collezione completa delle sue pubblicazioni. Con tutto ciò i suoi colleghi lo nominarono due volte rettore dell'Università di Pisa, prima nel 1870 e poi nel 1882, e parecchie Accademie italiane ed estere si onorarono di annoverarlo fra i loro Soci.

Chi conobbe il Felici da vicino, non solo lo ammirò pel suo valore altissimo, ma lo amò per le sue virtù domestiche. Egli erasi formata una famiglia, conducendo in moglie nel 1854 Elisa Frullini, che fu compagna dolce ed affettuosa della sua vita. N'ebbe una sola figliola, Isabella, e ad essa rivolse tutte le amorose attenzioni paterne, occupando così il tempo che sopravanzava ai suoi studi nella cura della famiglia, la cui pace non venne mai turbata, in 50 anni, da una nube di discordia o di dissapore. Con gli amici e conoscenti il Felici era cortese e affettuoso; nella conversazione sempre giocondo e pieno di facezie argute e gustosissime. Alto di statura, di faccia aperta, d'aspetto franco e deciso, con uno sguardo investigatore, caratteristico, egli destava subito simpatia in chi lo vedeva o l'avvicinava; e in Pisa non v'ha persona che non lo ricordi ancora, con un elogio grande nella sua semplicità « Che bel vecchio ch'egli era! ».

Tre grandi amori egli ebbe: la sua Elisa, la sua Isabella, il suo Istituto. L'Elisa lo precedette nella tomba quattro anni or sono, e fu quello l'ultimo colpo alla sua già mal ferma salute. Il primo, quello che segnò il principio della sua decadenza fisica, lo aveva provato dieci anni fa, quando, per ri-

tirarsi a vita più tranquilla, abbandonò la sua scuola. Lo vedo ancora varcare la porta della palazzetta di Piazza S. Simone, curvo, come sotto il peso di una grande sventura, e salire in carrozza nascondendo la faccia per non mostrare la commozione.

Povero e grande vecchio! tu non sei più. Ma fra le mura di quell'Istituto, che fu testimone della tua vita operosa, veglierà sempre la tua memoria: e nei momenti di sfiducia e di sconforto essa ci sarà sprone a procedere nella via feconda dell'attività e del lavoro.

Elenco dei lavori di RICCARDO FELICI.

1844. Alcune osservazioni intorno alle nuove ricerche del Sig. Dutrochet sulla forza epipolica. *Cimento*.
1846. Nota sulla termo-elettricità del mercurio. *Ibid.*
1847. Sul circuito galvanico. *Ibid.*
1850. Sulla propagazione della corrente elettrica nell'interno di una sfera. *Annali di Tortolini*.
1851. Memoria sulle polarità galvaniche secondarie e sull'influenza del calore nella propagazione della corrente elettrica nei liquidi. *Annali delle Università Toscane*.
- » Saggio di una spiegazione dei fenomeni d'induzione elettro-dinamica. *Ibid.*
1852. Mémoire sur l'induction électro-dynamique. *Annales de chimie et physique*.
1853. Note sur les phén. d'induction. *Ibid.*
- » Saggio di un'applicazione del Calcolo alle correnti indotte dal magnetismo in movimento. *Annali di Tortolini*.
- » Sopra i fenomeni d'induzione della bottiglia di Leyda. *Ibid.*
1854. Sulla teoria matematica delle correnti indotte in un corpo di forma qualunque. *Ibid.*
- » Sulla propagazione della corrente in una sfera. *Ibid.*
- » Sulla teoria matematica della induzione elettrodinamica. *Annali Univ. Toscane*.
- » Terza memoria sull'induzione. *Ibid.*

1855. Ricerche sulle leggi generali della induzione elettrodinamica. *Nuovo Cimento*.
- » Sur les courants induits par la rotation d'un conducteur autour d'un aimant. *Annales de Chimie et Physique*.
 - » Esperienze sopra un caso di correnti indotte, nel quale sarebbero nulle le forze elettro-dinamiche esercitate dal conduttore inducente sopra l'indotto qualora fosse percorso da una corrente. *Nuovo Cimento*.
1856. Sulla legge di Lenz, e sopra alcune recenti esperienze del prof. Matteucci sull'induzione elettrodinamica. *Ibid*.
- » Sulle leggi delle scariche indotte dalla bottiglia di Leyda. *Ibid*.
 - » Osservazioni sopra l'interpretazione di alcune esperienze moderne di elettrostatica. *Ibid*.
1857. Memoire sur la loi de Lenz. *Annales de Chimie et physique*.
- » Exp. sur un cas d'induction où serait nulle l'action électro-dyn. exercée par l'aimant inducteur, si le circuit était traversé par un courant. *Ibid*.
1859. Sur la cause des courants que l'on obtient dans un circuit dont les bouts immobiles s'appuient sur un conducteur tournant autour de l'axe d'un aimant cylindrique. *Ibid*.
- » Sulla spiegazione del diamagnetismo, partendo dalla teoria dell'induzione elettro-dinamica. *Nuovo Cimento*.
 - » Esperienza sopra un caso singolare della induzione elettro-dinamica. *Ibid*.
 - » Nota sopra una osservazione del Sig. A. De la Rive ad una delle esperienze fondamentali della teoria dell'induzione elettro-dinamica. *Ibid*.
 - » Esperienze che dimostrano che quando un corpo ruota sotto la influenza di una calamita, la forza che, in virtù delle correnti indotte, si sviluppa tra la calamita e il corpo indotto, è repulsiva ed attrattiva a seconda della direzione del moto rotatorio, ma che la intensità della forza repulsiva, nel primo caso, è maggiore della attrattiva che ha luogo nel secondo. *Ibid*.
1862. Esperienze sulla velocità della elettricità e sulla durata della scintilla. *Ibid*.
- 1862-63. Expériences sur la vitesse de l'électricité et sur la durée de l'étincelle. *Annales de Chimie et physique*.
1863. Nuove esperienze sopra la velocità della elettricità e sulla durata della scintilla. *Nuovo Cimento*.
- 1863-64. Cenni di alcune esperienze di elettricità. *Ibid*.
- » Cenni di alcune esperienze di elettricità. *Ibid*.
- 1865-66. Cenni di alcune esperienze di elettricità. *Ibid*.
1866. Nuova esperienza sopra la velocità della elettricità e sulla durata della scintilla. *Annali Univ. Tosc.*
1866. Sopra alcune esperienze di elettricità. *Nuovo Cimento*.
1867. Esperienze, per determinare la legge di oscillazione di un corpo elastico. *Annali Univ. Toscane*.
- 1871-72. Sulle azioni elettriche dei corpi non conduttori soggetti all'influenza di un corpo elettrizzato. *Nuovo Cimento*.

1873. Esperienze sul tempo impiegato da un coibente per ritornare allo stato naturale. *Ibid.*
- » Esperienze sulla forza elettro-motrice indotta da un solenoide chiuso. *Ibid.*
1874. Sopra un nuovo interruttore e sul suo uso in alcune esperienze d'induzione. *Ibid.*
- » Modificazioni all'interruttore galvanico. *Ibid.*
1875. Exposé de quelques exp. qui interessent la théorie de l'induction. *Journal de Physique.*
- » Un'altra esperienza sulla ruotazione del conduttore radiale. *Nuovo Cimento.*
1876. Sull'azione esercitata da un dielettrico in moto sopra un corpo elettrizzato. *Ibid.*
- » Notizie sulla vita e sugli scritti di Carlo Matteucci. *Memorie della Società dei XL.*
1882. Sopra un'esperienza di Ampère. *Nuovo Cimento e Journal de Physique.*
1883.
1884. Appunti per lezioni di fisica sperimentale. Pisa, Pieraccini.
- » Un'esperienza da lezione. *Nuovo Cimento.*
1888. Sul potenziale di un conduttore in movimento sotto la influenza di un magnete. *Nuovo Cimento.*
-

1873. Esperienze sul tempo impiegato da un coibente per ritornare allo stato naturale. *Ibid.*
- » Esperienze sulla forza elettro-motrice indotta da un solenoide chiuso. *Ibid.*
1874. Sopra un nuovo interruttore e sul suo uso in alcune esperienze d'induzione. *Ibid.*
- » Modificazioni all'interruttore galvanico. *Ibid.*
1875. Exposé de quelques exp. qui interessent la théorie de l'induction. *Journal de Physique.*
- » Un'altra esperienza sulla ruotazione del conduttore radiale. *Nuovo Cimento.*
1876. Sull'azione esercitata da un dielettrico in moto sopra un corpo elettrizzato. *Ibid.*
- » Notizie sulla vita e sugli scritti di Carlo Matteucci. *Memorie della Società dei XL.*
1882. Sopra un'esperienza di Ampère. *Nuovo Cimento e Journal de Physique.* 1883.
1884. Appunti per lezioni di fisica sperimentale. Pisa, Pieraccini.
- » Un'esperienza da lezione. *Nuovo Cimento.*
1888. Sul potenziale di un conduttore in movimento sotto la influenza di un magnete. *Nuovo Cimento.*
-