

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCXCV.

1898

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME VII.

2° SEMESTRE



ROMA
TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1898

Debbo ringraziare molte persone che mi aiutarono nelle mie ricerche; faccio fin d'ora peculiare menzione dei dottori Serri, Romanini, del sig. Billitz e dell'ing. Bordiga.

Termino annunciando che i colleghi Celli, Bignami, Dionisi e Bastianelli stanno già facendo sperimenti di molto interesse con le zanzare e i zanzaroni palustri da me determinati.

Fisica. — *Variazione della costante dielettrica del vetro per la trazione meccanica.* Nota I del dott. GUIDO ERCOLINI, presentata dal Socio A. RÖRTI.

1. In un classico lavoro sul *Principio della conservazione della elettricità* il Lippmann ⁽¹⁾ dimostra in generale che applicando all'analisi di un fenomeno elettrico questo principio, insieme coll'altro dell'equivalenza, si ottiene un sistema di due equazioni, distinte e compatibili, che s'interpreta con due leggi fisiche, di cui l'una definisce un fenomeno nuovo, reciproco del fenomeno dato. Come esempio, fra gli altri, applica questo modo d'analisi alle esperienze del Righi ⁽²⁾ sulla deformazione dei condensatori per effetto della carica; e, fondandosi sulla legge, confermata poi da tutti gli sperimentatori, che la dilatazione del dielettrico è proporzionale al quadrato della differenza di potenziale fra le armature, trova che, sottoponendo a trazione un tubo di vetro armato, la capacità della bottiglia così costituita deve *creocere proporzionalmente al peso tensore*.

2. Una verificazione sperimentale di questa deduzione è stata tentata per la prima volta dal dott. Dessau ⁽³⁾. Questi adopra nelle sue esperienze due condensatori cilindrici quasi identici fra loro; su di uno esercita una trazione, l'altro gli serve di compensazione alla dispersione che si verifica nel primo sia per conduzione o lungo la superficie del tubo o attraverso di esso, sia per assorbimento nella massa del vetro. Sebbene la compensazione non sia perfetta, pure il fenomeno cercato si manifesta notevolmente e nel senso previsto dalla teoria. Esaminate tutte le cause che possono influire sul fenomeno, il Dessau viene alla conclusione che non può esso attribuirsi unicamente ad una deformazione del condensatore, nè ad una variazione di temperatura o di conducibilità del vetro prodotte dalla trazione; quindi per lui qualitativamente è vera la previsione del Lippmann. Quanto alla proporzionalità fra il peso tensore e quest'aumento, dichiara di non poter concluder nulla, per le grandi difficoltà sperimentali incontrate.

⁽¹⁾ Journal de Physique, 1881, t. 10, pag. 351.

⁽²⁾ Nuovo Cimento, 1879, t. 6, pag. 205.

⁽³⁾ Rendiconti Acc. Lincei, vol. III, 1° sem., fasc. 10, maggio 1894.

3. A conclusioni opposte è giunto il dott. O. M. Corbino (1), il quale pone a base dei suoi ragionamenti teorici la nota relazione del Maxwell, $n^2 = D$ (1) fra l'indice di rifrazione n di un mezzo e la sua costante dielettrica D , partendo dalla quale egli osserva che:

1°) Una lamina di vetro stirato si comporta otticamente come un cristallo positivo, coll'asse parallelo alla direzione della trazione. Siccome Fresnel ha osservato che nel vetro stirato l'indice di rifrazione ordinario è minore dell'indice primitivo, e Kerr ha poi trovato che l'indice ordinario diminuisce per la trazione, mentre lo straordinario non si altera, ne viene che, stando alla (1), la costante dielettrica del vetro dovrebbe *diminuire* in direzione perpendicolare alla trazione.

2°) I risultati sperimentali del dott. Dessau non sono sicuri, perchè affetti da cause disturbatrici, fra le quali l'aumento della conducibilità del vetro e la variazione probabile della penetrazione delle cariche per effetto della trazione.

3°) D'altro canto il Corbino crede di poter dedurre dalla teoria della deformazione dei condensatori, basandosi sopra le accuratissime misure del prof. Cantone (2), che la costante dielettrica deve *diminuire* per la trazione.

Nelle sue esperienze egli adopra due piccoli condensatori piani, uno col vetro da cimentare, l'altro ad aria gli serve a determinare, spostandone un'armatura, il significato della deviazione di un elettrometro del Mascart, che osserva stirando il primo. La carica è prodotta da un rocchetto Ruhmkorff.

Da tre sole esperienze trae la conseguenza: « La cost. diel. d'una lamina di vetro *diminuisce* per la trazione agente perpendicolarmente alla direzione del campo, e la diminuzione è proporzionale alla trazione ».

Questa legge è, secondo lui, d'accordo con la teoria della doppia rifrazione accidentale data dal Neumann, nella quale si viene alla conclusione che il quadrato dell'indice di rifrazione varia proporzionalmente alla trazione.

Il Corbino in ultimo confessa che, per quanto si sia sforzato, e per *parecchio tempo*, di ricercare le ragioni della contraddizione col Lippmann, egli non vi è riuscito.

4. Stando la questione in questi termini, mi è sembrato interessante riprendere a studiare l'argomento, tanto dal lato teorico quanto da quello sperimentale; e perciò comincerò ad analizzare prima i ragionamenti, poi le esperienze del Corbino, perchè questi, più che il Dessau, credo lungi dal vero; infine riporterò le mie esperienze, che credo decisive.

È noto (3) che tanto l'ipotesi della eterogeneità del dielettrico, quanto l'altra che suppone il dielettrico formato di straterelli alternativamente con-

(1) Rivista scientifica e industriale, anno 29, n. 8-9, Firenze 1897.

(2) Rendiconti Acc. Lincei, vol. IV, fasc. 7-8, aprile 1888.

(3) Houllevigue, *Sur les théories du résidu électrique*. Journal de Phys., 1897, pag. 113.

duttori ed isolanti, non rendono conto della relazione (1). La sola teoria che ne dia ragione è quella ben nota dello spostamento elettrico dovuta al Maxwell, secondo la quale, affinché la (1) possa applicarsi ad un dato mezzo, si richiede che questo sia un isolante perfetto e che le sue proprietà elettriche siano definite dalla sola cost. diel. Anzi queste sono le condizioni teoriche del mezzo per le quali si stabilisce la (1). Ora, come isolanti, la maggior parte dei solidi sono molto meno buoni dei gas e di alcuni liquidi puri, e fra i solidi il vetro non è certo uno degli isolanti migliori; anzi, pel caso che qui interessa esso gode di una proprietà negativa, poichè si sa che aumenta la sua conducibilità con la trazione; quindi pel vetro stirato la (1) varrà ancora meno che per gli altri solidi, e tanto meno quanto più grande sarà la trazione.

Le definizioni date dal Maxwell alle quantità D ed n si applicano allo stato stazionario del mezzo, cioè al caso in cui il periodo di oscillazione è infinito, e non si ha quindi diritto di applicare la (1) ai casi pei quali il periodo di oscillazione non è più infinito. D'altra parte le più corte onde elettriche si comportano come le onde più lunghe che costituiscono il calore raggiante, e producono dell'energia in seno al dielettrico, attraverso il quale sono trasmesse. In generale si può dire ⁽¹⁾ che un dielettrico si comporta, relativamente alle onde elettriche, come la pece sotto le azioni meccaniche, la quale si mostra elastica per forze rapidamente periodiche, mentre è plastica per una forza costante.

Questo diverso contegno dei dielettrici serve a giustificare i risultati non conformi alla teoria elettromagnetica della luce, che furono trovati col noto metodo del Boltzmann applicato alla determinazione della cost. diel. di sfere di vetro, spato d'Islanda, spatofluore, quarzo e selenio.

Un altro fenomeno a cui bisogna por mente avanti di applicare la (1), è la dispersione che spesso avviene tutt'altro che regolarmente, non soltanto in regioni estese, ma anche nei limiti dello spettro visibile. Anzi a produrre la dispersione anomala concorre l'assorbimento, ed è appunto sperimentando sull'assorbimento del vetro che il Pulfrich ⁽²⁾ è portato a concludere come il fatto, in apparenza paradossale, dell'accrescimento del suo indice di rifrazione con la temperatura, sia un puro effetto di dispersione anomala. Offre un esempio di questa dispersione anomala il risultato cui è giunto il professor Mazzotto ⁽³⁾, che, cioè, la cost. diel. del vetro presenta un massimo per la lunghezza d'onda di 45 cm. Se poi si pensa, come osserva il prof. Cardani ⁽⁴⁾, alla stretta analogia esistente fra la cost. diel. ed il coefficiente di permeabilità magnetica, si ha diritto di credere che l'intensità del campo elet-

(1) Rosa, Philos. Mag., t. 31, 1891.

(2) Wied. Ann., t. 45, 1892.

(3) Rendiconti Acc. Lincei, vol. IV, 1° sem., fasc. 6, 1895.

(4) Rendiconti Acc. Lincei, vol. I, 2° sem., fasc. 2 e 3, 1892.

trico abbia influenza sul valore di quella costante. Infatti egli trova coll'esperienza che nello zolfo essa aumenta coll'intensità del campo.

Similmente il Weber (1) trova che essa per l'aria e l'acido carbonico diminuisce con la forza elettromotrice di carica; per l'etere e il vetro aumenta con la differenza di potenziale.

Per la luce invece, come mostrò l'Ebert (2), l'indice di rifrazione è indipendente dall'intensità luminosa.

5. La teoria della deformazione dei condensatori decide la questione, quando sia rettamente applicata. Infatti le conclusioni della importante Memoria del prof. M. Cantone (3) sono le seguenti:

a) La cost. diel. del vetro dipende solo dalla sua densità come nei liquidi.

b) Un altro risultato importantissimo, se non generale, *almeno pel caso del vetro*, è che la cost. diel. *aumenta* col diminuire la densità.

Ora il vetro, come fece vedere anche sperimentalmente il prof. Cantone in altro suo lavoro (4), è un corpo pel quale il rapporto di Poisson è certamente minore di $\frac{1}{2}$ ($= \frac{1}{4}$), quindi una tensione ne diminuisce la densità, e per conseguenza ne deve *aumentare* la cost. diel.; precisamente come vuole la deduzione teorica del Lippmann.

Il Corbino, nell'apprezzamento dei risultati sperimentali del prof. Cantone, è incorso nel seguente equivoco: egli ha tenuto solo conto del fatto che $\frac{d\mathcal{D}}{dl}$ (rapporto fra l'aumento della costante di polarizzazione \mathcal{D} e la contrazione corrispondente nella direzione delle linee di forza) delle formule del Lorberg applicate dal prof. Cantone, è positivo, senza pensare che la variazione di \mathcal{D} è quella risultante dalle variazioni relative alle dilatazioni principali. Partendo invece da questa premessa, l'unica compatibile con la teoria seguita dal prof. Cantone, ne viene che \mathcal{D} è funzione della densità, e quindi per la trazione si deve prevedere un *aumento* della cost. diel.

Dopo le conclusioni a) e b) il prof. Cantone aggiunge: « Il modo come varia questa costante con la temperatura ha fatto ritenere probabile il risultato opposto; se non che le ricerche relative ai coibenti sottoposti a varia temperatura hanno lasciato il dubbio che la diminuzione della cost. diel. al riscaldamento fosse apparente, e fosse invece dovuta ad un aumento di conducibilità. Del resto, ammessa anche tale diminuzione, non viene provato che essa sia effetto della variazione di densità avvenuta nel corpo, potendo benissimo essere effetto del fenomeno calorifico ». A questo proposito farò

(1) Archives de Genève, t. 29, pag. 571, 1893.

(2) Wied. Ann., t. 37, 1887.

(3) Loc. cit.

(4) Rendiconti Acc. Lincei, vol. IV, 1° sem., pagg. 220 e 292.

un'osservazione. È noto ⁽¹⁾ che il Neumann, per la sua teoria della doppia rifrazione accidentale, è partito dalle incomplete formule della elasticità date dal Lamé, ed è perciò giunto a tre equazioni incomplete che contengono due sole costanti. Peraltro, nonostante l'incertezza che regna in tutta la teoria del Neumann, i segni delle due costanti son ben determinati, poichè, se s'introduce nei calcoli del Neumann la relazione fra le dilatazioni che risulta dalle esperienze del Wertheim, relazione che, *almeno pel vetro*, è molto prossima al vero, e poi da quelle, ancora più precise e recenti del Mach ⁽²⁾, si trova per le due costanti lo stesso segno negativo.

Risulta da questo fatto una conseguenza importantissima, che, cioè, se si comprime *uniformemente* (e perciò non esiste contraddizione con le esperienze del Fresnel e del Kerr sopra ricordate) un pezzo di vetro, il suo indice di rifrazione deve diminuire; per una dilatazione, al contrario, l'indice deve *aumentare*.

La verificazione sperimentale diretta di questo risultato è impossibile, ma si conferma a sufficienza osservando il cangiamento d'indice del vetro per una debole variazione di temperatura. Se questa variazione è piccola, si può ammettere che essa abbia il solo effetto di dilatare uniformemente il corpo, e quindi solo di diminuirne la densità.

Ora l'Arago, il Neumann stesso ed in ultimo il Fizeau ⁽³⁾ hanno constatato coll'esperienza quest'acrescimento dell'indice del vetro per un leggero riscaldamento.

Dunque anche la teoria del Neumann, là ove mostra una qualche certezza è in contraddizione con le conclusioni del Corbino.

6. Quanto alle esperienze, mi sembra che quelle del Corbino non possano decider nulla, poichè basta pensare alla estrema delicatezza ed alla grande difficoltà delle esperienze di elettrostatica in generale, per concludere subito che l'uso in esse del rocchetto Ruhmkorff è tutt'altro che indicato; anzi in nessun caso può essere usato come sorgente costante di elettricità come fa il Corbino.

Nonostante la piccola intensità e le frequenti interruzioni (250 al secondo) della corrente eccitatrice, non si può ammettere, come è necessario se da delicate e difficili esperienze si vogliono trarre risultati sicuri, che agli estremi del secondario si abbiano potenziali uguali e contrari, e tanto meno che, con questa disposizione, non si abbia assorbimento nel dielettrico. Anzi a quest'ultimo proposito è da notare come il Borel ⁽⁴⁾ trovi che sotto l'influenza di campi elettrici alternativi, l'elettrizzazione residua va crescendo con le sostanze di meno in meno isolanti; ora il fatto che il vetro

⁽¹⁾ Verdet, Oeuvres, t. 6°: *Optique phys.*, pag. 386.

⁽²⁾ Pogg. Ann., t. 144, pag. 313, 1872.

⁽³⁾ Annales d. Chim. et d. Phys., t. 66, 1862.

⁽⁴⁾ Archives de Genève, t. 30, pag. 45, 1893.

assoggettato a trazione aumenta la sua conducibilità, può far pensare che nel condensatore del Corbino si abbia un residuo sempre maggiore coll'aumentare i pesi tensori.

Secondo la teoria del Maxwell, confermata dalle esperienze del Muraoka (1), più sostanze pure, che prese isolatamente non danno residuo elettrico, forniscono un residuo se si sovrappongono, purchè una di esse offra una conducibilità apprezzabile. Ora il condensatore del Corbino ha il dielettrico costituito di vetro e di due strati di paraffina; quindi ammesso anche che queste sostanze fossero pure, siccome il vetro stirato offre conducibilità apprezzabile, ne viene che l'assorbimento nel condensatore deve necessariamente esserci.

Un'altra importante causa di disturbo nella disposizione usata dal Corbino, è che con essa si hanno tre capacità dello stesso ordine di grandezza, cioè il condensatore da cimentare, quello ad aria e l'elettrometro; mentre poi la variazione che deve essere misurata è prodotta soltanto sul primo.

Osservando poi che, secondo le esperienze del Naccari (2), del Borgmann (3) e del Houllevigue (4), in un condensatore a residuo si ha un riscaldamento proporzionale al quadrato del campo e al tempo; che, come ha trovato il Borel (5), il residuo elettrico del vetro aumenta molto con la temperatura; che, come dimostra il Gray (6), mentre la resistenza elettrica del vetro diminuisce elevando la temperatura, ma aumenta ritornando alla temperatura primitiva, la sua conducibilità dielettrica invece diminuisce quando è riscaldato e poi raffreddato; che la temperatura del vetro si abbassa per la trazione e quindi, secondo il Cassie (7), la sua conducibilità elettrica diminuisce; che, infine, tutte queste cause di disturbo si verificano solo e contemporaneamente nel condensatore da cimentare, e punto o quasi, in quello ad aria e nell'elettrometro, mi pare si possa ben concludere che le esperienze del Corbino non possono condurre a nulla di decisivo.

In una prossima Nota renderò conto delle esperienze da me eseguite per decidere la questione, e dei risultati sperimentali a cui son giunto.

(1) Wied. Ann., t. 40, pag. 329, 1890.

(2) Nuovo Cimento, t. 12, 1882.

(3) Journal de Phys., pag. 217, 1888.

(4) Id., pag. 210, 1897.

(5) Loco citato.

(6) Phil. Mag., 5ª serie, t. 10, pag. 226, 1880.

(7) Proceedings of the R. Society of London, vol 48, pag. 357, 1889.