

ATTI  
DELLA  
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI  
ANNO CCXCVI.

1899

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME VIII.

1° SEMESTRE



ROMA  
TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1899

**Fisica.** — *Sulla relazione tra il fenomeno di Zeemann e la rotazione magnetica anomala del piano di polarizzazione della luce.* Nota del prof. DAMIANO MACALUSO e del dott. ORSO MARIO CORBINO, presentata dal Socio BLASERNA.

In un interessante lavoro teorico (1), presentato all'Accademia di Göttinga nell'ultimo ottobre, il prof. W. Voigt ha richiamato l'attenzione dei fisici sulla reciproca dipendenza che esiste tra il fenomeno di Faraday e quello di Zeemann. Servendosi di formole generali che esprimono le condizioni del movimento vibratorio dell'etere nell'interno dei corpi ponderabili dotati di assorbimento elettivo e sottoposti all'azione di un campo magnetico, egli ha potuto prevedere una serie di fenomeni magneto-ottici caratteristici, qualcuno dei quali noi simultaneamente abbiamo trovato con l'esperienza ed indipendentemente da ogni teoria (2).

Per dare alle sue considerazioni la massima generalità possibile, il Voigt non ha voluto legarle a nessuna ipotesi sul meccanismo del fenomeno, servendosi di un modo *neutrale*, com'egli lo chiama, di rappresentazione, e limitandosi a ricercare tra un dato numero di grandezze vettoriali tali relazioni che possano rappresentare i fatti osservati.

Già prima del Voigt l'intima relazione tra i fenomeni Faraday e Zeemann era stata messa in rilievo tanto dal Becquerel (3) che dal Fitzgerald (4). Questi mette a base delle sue considerazioni le moderne teorie della dispersione che connettono la velocità di propagazione e la frequenza di vibrazione delle onde luminose; ed il Becquerel, con delle ipotesi speciali intorno all'influenza dei vortici magnetici sulle vibrazioni luminose, ne deduce la spiegazione tanto del fenomeno di Zeemann che di quello di Faraday.

La teoria del Becquerel è di accordo con le nostre esperienze sopra citate, qualora si tenga conto della dispersione anomala dei vapori di sodio e di litio, la quale osservata la prima volta pel sodio dal Kundt (5) e con metodi più esatti dimostrata in seguito dal Winkelmann (6), è stata ora ritrovata con nuovi particolari dallo stesso Becquerel (7).

(1) *Nachrich. der K. Gesells. der Wissensch. zu Göttingen. Math. phys. Klasse Heft. 3. 1898.*

(2) *L'Elettricista*, anno 7°, pag. 223, ottobre 1898. *Rend. Lincei*, ser. 5ª. vol. VII, pag. 223, 1898, e vol. VIII, pag. 38, 1899.

(3) *Comp. Rend.* CXXV, pag. 678, 1897.

(4) *Proc. Roy. Soc.* 63, pag. 31, 1898.

(5) *Wied. Ann.* Bd. 10, pag. 321, 1880.

(6) *Wied. Ann.* Bd. 32, pag. 439, 1887.

(7) *Comp. Rend.* CXXVII, pag. 899, 1898; CXXVIII, pag. 145. 1899.

Alcune conseguenze però della teoria di quest'ultimo non vanno d'accordo coi particolari delle esperienze sull'effetto Zeemann, non essendo conformi ai risultati sperimentali le sue previsioni circa l'azione del campo sulle diverse righe di una stessa sostanza.

Anche noi abbiamo tentato la ricerca di una relazione semplice, o meglio di una reciproca dipendenza tra i due fenomeni, mettendoci nell'ordine di idee del Fitzgerald; e, fondandoci sopra una ipotesi di evidente verosimiglianza, siamo venuti alla conclusione che i fatti da noi osservati sono una conseguenza necessaria del fenomeno Zeemann, che quindi devono sempre e solamente osservarsi nel caso di righe che presentano quel fenomeno e che perciò da qualunque teoria che spieghi questo restano anch'essi interpretati.

Le considerazioni che ci hanno condotto a tale risultato formano l'oggetto della presente Nota.

Un fascio di luce bianca si propaghi attraverso il nucleo forato di un elettrocalamita, fra i poli della quale si trovi una sorgente luminosa che presenti l'effetto Zeemann.

Se la luce incidente è naturale, o comunque polarizzata, a campo non eccitato si vede, con uno spettroscopio qualsiasi, al posto di ogni linea di emissione della sorgente, una linea di assorbimento.

Eccitando il campo, se lo spettroscopio è abbastanza dispersivo, si osserva il noto effetto Zeemann per assorbimento, il quale effetto, nel caso che la luce incidente sia circolare, consiste in uno spostamento delle righe verso il violetto o verso il rosso, secondo che il senso della vibrazione incidente è lo stesso od opposto di quello della corrente magnetizzante. Questo spostamento è piccolissimo con i campi generalmente impiegati. Per le righe del sodio, p. es., la variazione della lunghezza d'onda è dell'ordine di  $1/40000$  della lunghezza d'onda primitiva. Inoltre, come risulterebbe da alcune nostre osservazioni, la distribuzione dell'intensità nella banda di assorbimento spostata non sembra differire per nulla da quella che si ha nella banda di assorbimento primitiva.

Intanto, come la teoria della dispersione anomala ci apprende, e l'esperienza (nei casi in cui è stata fatta) ha confermato, in vicinanza di ogni riga di assorbimento l'indice di rifrazione  $n$  cresce rapidamente andando dall'estremo rosso dello spettro verso la linea stessa, mentre decresce rapidamente venendovi dallo estremo violetto. Cosicché, rappresentando graficamente l'andamento dei valori di  $n$  in funzione di quelli della lunghezza di onda  $\lambda$ , si ha una curva che scende rapidamente sino a un minimo in vicinanza del bordo più rifrangibile della riga, sale con un punto d'inflessione nell'interno di questa, per tornare a ridiscendere, anche rapidamente, fuori ed in vicinanza dell'altro bordo, con curvature opposte dai due lati della riga medesima.

Or poichè eccitando il campo la riga di assorbimento della luce circo-

lare incidente, spostandosi di pochissimo nello spettro, mantiene inalterato per tutto il resto il suo aspetto, e poichè i valori dell'indice di rifrazione e della velocità di propagazione della luce nei corpi sono intimamente legati a quelli dell'assorbimento, noi ammetteremo, ed è questa la sola ipotesi che facciamo, che insieme alla riga di assorbimento si sposti, di una quantità eguale e senza alcuna deformazione, la curva degli indici di rifrazione.

Ciò posto sia per un dato mezzo, quando il campo non è eccitato,

$$n = f(\lambda)$$

l'equazione della curva suddetta, sull'andamento della quale per ora possiamo non precisar nulla. Sia inoltre  $\delta$  il valore dello spostamento della riga, per luce incidente circolare, dovuto all'effetto Zeemann. Per luce circolare di senso opposto a quello di prima la curva si sposterà di  $\delta$  in senso opposto, essendo le due righe di assorbimento per luce naturale simmetricamente disposte rispetto a quella che si aveva senza l'azione del campo.

Per la nostra ipotesi la curva (1) si sposterà senza deformazione di una lunghezza eguale a  $\delta$  nel senso delle  $\lambda$  decrescenti se la vibrazione della luce circolare incidente si compie nel senso della corrente magnetizzante, e nel senso delle  $\lambda$  crescenti se la vibrazione si compie in senso opposto.

Supponiamo, per fissare le idee, che la corrente sia destrorsa. Per la luce destrogira la curva degli indici avrà l'equazione

$$n_1 = f(\lambda + \delta)$$

e per la levogira

$$n_2 = f(\lambda - \delta).$$

Sviluppando in serie di Taylor e tenendo presente che per la piccolezza di  $\delta$  potranno trascurarsi i termini contenenti  $\delta$  con esponente superiore a 2, si ha

$$n_1 = f(\lambda) + \delta \frac{dn}{d\lambda} + \frac{1}{2} \delta^2 \frac{d^2n}{d\lambda^2}$$

$$n_2 = f(\lambda) - \delta \frac{dn}{d\lambda} + \frac{1}{2} \delta^2 \frac{d^2n}{d\lambda^2}.$$

Se la luce incidente è polarizzata rettilineamente, dopo attraversato uno spessore  $l$  del mezzo, il piano di polarizzazione sarà girato nel senso destorso di

$$\varrho = \frac{\pi l}{\lambda} (n_2 - n_1) = -\frac{2\pi l}{\lambda} \frac{dn}{d\lambda} \delta.$$

E se si tien conto delle esperienze, dalle quali risulta che  $\delta$  è proporzionale alla intensità  $H$  del campo,

$$\varrho = - \frac{2A\pi l}{\lambda} \frac{dn}{d\lambda} H$$

dove  $A$  è una costante *diversa da riga a riga*.

Questa formola è di accordo coi risultati delle esperienze.

Che la rotazione  $\varrho$  nel caso dei vapori di sodio e di litio sia proporzionale a  $\frac{dn}{d\lambda}$  risulta dalle ricerche del Becquerel (1).

Dippiù, data la forma generale della curva di dispersione, forma di cui sopra è parola, fuori la banda l'espressione  $\frac{dn}{d\lambda}$  è sempre negativa ed in valore assoluto crescente da entrambi i lati dall'esterno verso i bordi della banda stessa. In corrispondenza di ciò, come da noi fu osservato, la rotazione avviene nel senso della corrente magnetizzante ed è sempre crescente dallo esterno verso i bordi suddetti. La proporzionalità in fine di  $\varrho$  ad  $H$  l'abbiamo verificata con alcune recenti misure, con le quali abbiamo potuto constatare che al crescere dell'intensità del campo cresce nello stesso rapporto per tutti i posti dello spettro la rotazione, fin dove, per l'accrescimento dell'effetto Zeemann conseguente all'accrescimento dell'intensità del campo, la rotazione poteva essere misurata (2).

È da notarsi inoltre che la formola (2) è molto simile a quella cui perviene il Becquerel con la sua teoria sopracitata. Però nella (2) è contenuta la costante  $A$  che dà la misura dell'effetto Zeemann per ogni riga, e che, come risulta da esperienze note, è diversa anche per righe della stessa sostanza. Anche nella formola del Becquerel è contenuta una costante di proporzionalità, la quale esprime la velocità di rotazione dei vortici magnetici, e che perciò deve essere la stessa, almeno per le righe del medesimo corpo. Ne segue che, secondo la (2), se una delle righe di assorbimento del corpo non presenta l'effetto Zeemann, e il caso si avvera, essa non presenterà il fenomeno da noi osservato dapprima con le righe del sodio e del litio e più recentemente con quelle di alcuni altri corpi, quando anco i valori di  $\frac{dn}{d\lambda}$  siano molto grandi per le radiazioni corrispondenti ai posti vi-

(1) Compt. Rend. CXXVII, pag. 899; CXXVIII, pag. 145.

(2) Nella Nota sopracitata, accennando ad alcune esperienze qualitative preliminari, si disse che al crescere dell'intensità del campo le linee luminose ed oscure prodottesi per la presenza di quello, si slargano. A questo bisogna aggiungere che ogni riga corrispondente ad una data rotazione, non ostante tale slargamento (simultaneo ad un allontanamento dal bordo della banda) rimane meno larga di quella alla quale spostandosi si è sostituita.

cini alla riga stessa; e ciò contrariamente a quanto si prevederebbe con la teoria del Becquerel.

Per il modo come è stata dedotta, la (2) è solo applicabile ai corpi che presentano in modo sensibile l'effetto Zeemann. Molti sono però i corpi dotati della proprietà di far girare sotto l'azione di un campo magnetico il piano di polarizzazione della luce che li attraversa, senza presentare righe di assorbimento nella parte visibile dello spettro.

Nella teoria della dispersione di Helmholtz, come si sa, viene ammesso che tali corpi diano righe di assorbimento nello spettro invisibile, e con tale ipotesi si possono ad essi applicare le formule dedotte da quella teoria. Or supponendo, come fa anche il Fitzgerald, che queste tali linee invisibili presentino anch'esse il fenomeno Zeemann, si avrebbe, per luce circolare secondo l'ipotesi da noi sopra enunciata, uno spostamento della curva degli indici e per conseguenza per luce polarizzata rettilineamente una rotazione del piano di polarizzazione espressa dalla (2), proporzionale perciò, come in molti casi risulta anche dall'esperienza (1), al valore di  $\frac{dn}{d\lambda}$ .

Ma, oltre che per questi corpi, lo studio della dispersione rotatoria magnetica è stato fatto anche per alcune sostanze che danno bande di assorbimento nello spettro visibile. Per esse il Cotton (2) non è riuscito, anche con metodi sensibili, a trovare un'azione del magnetismo sull'assorbimento dei raggi circolari. Alle sue esperienze perciò non è applicabile la (1), ed in corrispondenza di ciò la curva di dispersione rotatoria magnetica di questi corpi in vicinanza delle righe di assorbimento è del tutto diversa nel suo andamento generale, da quella trovata sperimentalmente per i corpi che presentano l'effetto Zeemann. Per questi infatti, come si è visto, i valori della rotazione crescono da entrambi i lati dall'esterno verso i bordi della banda, come crescono i valori di  $\frac{dn}{d\lambda}$  nella curva di dispersione anomala, mentre dalle sue esperienze il Cotton ricava che « esaminando le diverse radiazioni andando dal rosso al « violetto ed avvicinandosi ad una banda di assorbimento la curva di dispersione (rotatoria magnetica) si modifica: le sue ordinate crescono più rapidamente che nella regione in cui il liquido è trasparente, in modo che la « curva ottenuta passa al di sopra di quella che si avrebbe se il liquido fosse « trasparente . . . .; se si osserva ciò che avviene all'altro limite di una banda « di assorbimento partendo dal violetto e andando verso il rosso le ordinate « decrescono rapidamente e la curva passa *al di sotto* di quel che si troverebbe se non intervenisse l'assorbimento ».

(1) Becquerel, Compt. Rend. CXXV, pag. 679.

(2) Éclairage électrique, n. 20-31, 1896. Ann. de chim. et de phys., Série VII, t. 8, pag. 347, 1896.

Questo differenzia notevolmente i risultati sperimentali del Cotton da quelli da noi ottenuti: per cui se le esperienze del primo presentano delle analogie con le nostre, pure a noi sembra che tra le une e le altre ci siano delle differenze molto notevoli che non permettono fra esse un avvicinamento troppo intimo; come anche non ci pare che le esperienze del Cotton siano, come dice il Becquerel, una conferma della sua teoria, secondo la quale i valori della rotazione magnetica dovrebbero essere proporzionali a  $\frac{dn}{d\lambda}$ . Data infatti la forma della curva di dispersione anomala, poichè in essa i valori della  $\frac{dn}{d\lambda}$  sono sempre crescenti dall'esterno verso i bordi della banda, anche crescenti dovrebbero essere quelli della rotazione, il che non è stato trovato nelle esperienze del Cotton. Vi sarebbe accordo solo nel caso che per i corpi da quest'ultimo studiati, in vicinanza delle bande di assorbimento, la curva degli indici, contrariamente a quanto è stato trovato per tutte le altre sostanze, non presenti dai due lati di ciascuna banda curvature opposte.

**Fisica.** — *Ricerche sull'inclinazione magnetica nel I secolo a. Cr. e nel I secolo dell'Èra volgare, calcolata da vasi fittili di Arezzo e Pompei* (1). Nota del dott. G. FOLGHERAITER, presentata dal Socio BLASERNA.

AREZZO. Il civico Museo di Arezzo possiede una raccolta assai importante di vasi appartenenti tutti ad una stessa epoca, bene determinata dalla marca di fabbrica, che portano impressa. In una delle sale del Museo sono disposti tutti i vasi rossi e le matrici, che vennero in luce nel 1883 (2), mentre si facevano i fondamenti di una fabbrica in aggiunta agli Asili d'infanzia: in essi domina il nome di Marco Perennio o dei suoi servi, ed appartengono alla prima metà del I secolo a. Cr. Alla stessa epoca appartengono pure le altre collezioni di vasi rossi provenienti da scavi diversi e donate al Museo da vari oblatori.

Degli oggetti scoperti nel 1883 potei utilizzare per le mie ricerche 14 matrici, delle quali però una sola era sana e completa. Della raccolta donata dal comm. Gamurrini potei esaminare un'urna cineraria perfettamente conservata e 5 matrici; della raccolta donata dal Ministero della P. Istruzione una matrice, di quella donata dal cav. V. Funghini una matrice, e finalmente dell'antica raccolta di proprietà del Museo esaminai le 5 urne cinerarie aretine, che sono assai bene conservate. In complesso ho quindi

(1) Vedi questo volume pag. 69.

(2) Atti della R. Accad. dei Lincei, Memorie della Classe Scienze morali ecc., serie 3<sup>a</sup>, vol. XI, 1882-83, pag. 451.