ATTI

DELLA

REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCCV.

1908

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XVII.

1° Semestre.

ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1908

Fisica. — *Potere emissivo e illuminazione del selenio cristallino* [1]. Nota di LAVORO AMADUZZI, presentata dal Socio A. RIGHI.

È noto come dalla teoria del Maxwell sia possibile desumere, secondo hanno indicato fra gli altri Drude, Cohn e Plank [2], la seguente relazione per il potere riflettente R (espresso prendendo eguale a 100 l'intensità della radiazione incidente normale) nella regione delle grandi lunghezze d'onda:

$$R = 100 - \frac{200}{\sqrt{A\tau}} \tag{1}$$

In essa A rappresenta la conducibilità elettrica del metallo in unità elettrostatiche e τ il periodo della vibrazione incidente, in secondi.

Tale relazione può trasformarsi nell'altra:

$$(100 - R)\sqrt{k} = \frac{36,5}{\sqrt{\lambda}} = C_\lambda \tag{2}$$

nella quale λ è la lunghezza d'onda in micron della radiazione incidente e k è il valore reciproco della resistenza elettrica del metallo considerato, misurata in ohms e riferita ad un metro di lunghezza e ad un millimetro di sezione. È evidente poi che dato il modo di esprimere il potere riflettente R per l'incidenza normale, 100 — R rappresenta l'intensità della radiazione assorbita dal metallo.

Orbene, la relazione (2) fra il potere riflettente di un metallo e la conducibilità elettrica, venne verificata sperimentalmente da Hagen e Rubens [3], sia valutando R direttamente per lunghezze d'onda ultrarosse non eccessivamente grandi in corrispondenza delle quali R differisce sufficientemente da 100, sia valutandolo indirettamente per lunghezze d'onda più elevate colla determinazione del potere emissivo, che, in base alla legge del Kirchhoff risulta eguale al prodotto di 100 — R per il potere emissivo del corpo nero.

La verifica non poteva riuscire più soddisfacente, tanto che dopo aver considerati i diversi metalli puri, Hagen e Rubens studiarono varie leghe

[1] Lavoro eseguito nell'Istituto di fisica della R. Università di Bologna, diretto dal sen. prof. Augusto Righi.

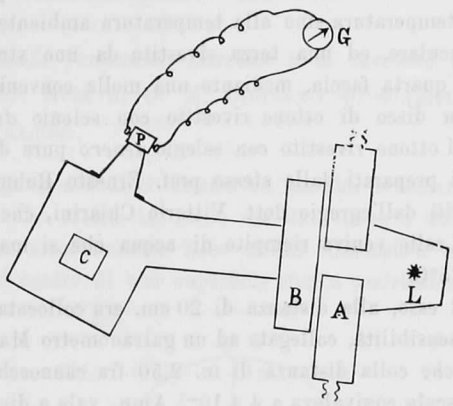
[2] P. Drude, Physik der Aethers, 1894, pag. 574; E. Cohn, Das electromagnetische Feld, 1900, pag. 444; M. Plank, Sitzungsber. d. K. Akad. d. Wissensch. zu Berlin, 1903, pag. 278.

[3] Hagen e Rubens, Vehrhandl. d. deutschen Phys. Gesellsch., t. V, pp. 113 e 145, 1903, t. VI, p. 128, 1904. Ann. d. Physik (4), t. XI, 1903, pag. 873. Phys. Zeits., t. V, p. 606, 1904.

metalliche, e poterono seguire le variazioni del potere emissivo colla resistenza in quegli acciai al nichel la cui conducibilità elettrica varia considerevolmente colla composizione, tanto da presentare, in funzione del contenuto in nichel, un minimo accusato a circa 30 per 100 di nichel.

Inoltre, Hagen e Rubens hanno potuto verificare la relazione (2) per quegli acciai al nichel, che, con convenienti variazioni di temperatura presentano due modificazioni, l'una magnetica e l'altra non magnetica.

Per il bismuto solido però la relazione non risultò verificata (il potere emissivo apparve 2,54 volte più grande del valore calcolato: 25,6 invece di 10,09) e nemmeno potè notarsi una corrispondente variazione di potere



emissivo con quelle variazioni di conducibilità che nel bismuto solido determina l'azione di un campo magnetico. L'anomalia non si rilevò per il bismuto liquido, cosicchè essa sembra legata alla costituzione cristallina del corpo.

Mi parve opportuno indagare se la variazione di conducibilità che l'illuminazione determina nel selenio volgarmente detto metallico, ha come corrispettiva una variazione del potere emissivo per le onde lunghe. Riferendosi la relazione considerata fra gli elementi ottico ed elettrico solo ai metalli, l'indagine mi appariva di qualche interesse anche perchè poteva illuminare sulla questione del comportamento metallico od elettrolitico del selenio. Si sa difatti come il Righi [1] abbia già da tempo messo in rilievo che il selenio manifesta un comportamento più da elettrolita che da metallo, in quanto potè rilevare che siffatto corpo non segue in generale la legge del contatto di Volta.

Per tale ricerca mi parve conveniente limitarmi all'esame della emissione totale per una temperatura di radiazione sufficientemente bassa.

[1] Righi, *Sulla forza elettromotrice del selenio*. Padova, 1888, Tip. del Seminario.

Qualitativamente la relazione fra l'elemento ottico e quello elettrico doveva, con mezzi sensibili di indagine, apparire manifesta, se l'emissione di un cubo di Leslie portato ad 80° e avente tre delle quattro faccie laterali in argento, costantana, bismuto, presenta nettamente le differenze che le misure rigorose additano (Rubens).

Fra selenio nell'oscurità e selenio ben illuminato si manifestano difatti ben sensibili differenze di conducibilità elettrica quando il selenio sia stato nel miglior modo trasformato.

Usai quindi un cubo C di Leslie con una faccia rivestita di selenio cristallino, preparato col portare a 200° selenio amorfo chimicamente puro fornito in bacilli della casa E. Merck, e coll'abbandonarlo poi ad un lento abbassamento di temperatura sino alla temperatura ambiente. Una faccia era in ottone ben speculare, ed una terza rivestita da uno strato uniforme di nero fumo. Sulla quarta faccia, mediante una molla conveniente potevo fissare a volontà un disco di ottone rivestito con selenio *duro* di Ruhmer, oppure un disco di ottone rivestito con selenio *tenero* pure di Ruhmer. Tali dischi erano stati preparati dallo stesso prof. Ernesto Ruhmer, e mi furono gentilmente favoriti dall'egregio dott. Vittorio Chiarini, che ringrazio.

Il cubo di Leslie veniva riempito di acqua che si manteneva ad una temperatura di 75°C.

Di fronte ad esso, alla distanza di 20 cm. era collocata una pila Melloni P di buona sensibilità, collegata ad un galvanometro Magnus la cui sensibilità era tale che colla distanza di m. 2,50 fra cannocchiale e scala un millimetro della scala equivaleva a $4,4.10^{-7}$ Amp., vale a dire per ogni grado di deviazione l'intensità della corrente era di 3,1 centomillesimi di Ampère.

La sensibilità della pila Melloni era tale da recare una deviazione galvanometrica di 120 mm. quando di fronte ad essa si collocava la faccia annerita del cubo a quella distanza già indicata di 20 cm.

Il cubo di Leslie era protetto da radiazioni indirette, e la luce destinata ad illuminare nei momenti opportuni il selenio soggetto ad esperienza, era nel modo migliore spogliata di azione calorifica sensibile mediante strati liquidi assorbenti.

Orbene, con tale disposizione non mi fu mai possibile rinvenire una qualsiasi azione della luce sul potere emissivo del selenio da me adoperato, sia del selenio che io avevo trasformato e che aveva ben raggiunta la qualità di selenio conduttore, sia del selenio *duro* o *tenero* del Ruhmer.

Il comportamento del selenio sembra potersi confrontare in qualche modo a quello del bismuto per ciò che concerne la nessuna variazione del potere emissivo di questo corpo in corrispondenza della variazione della resistenza elettrica sua per azione di un campo magnetico.

Ma il bismuto esce dalla regola generale anche senza che se ne provochi una variazione della conducibilità elettrica con un campo magnetico.

Del selenio non si può dire altrettanto perchè mancano valori comparabili del potere emissivo e della conducibilità elettrica sua.

Per giudicare dunque definitivamente se anch'esso debba considerarsi corpo d'eccezione alla maniera del bismuto e ciò dipendentemente dalla costituzione sua cristallina, come per il bismuto pensano Hagen e Rubens, appariscono opportune misure comparative di conducibilità elettrica e di potere emissivo per onde calorifiche di determinata lunghezza.

Ma non sembra fuor di luogo pensare che il risultato della ricerca che è oggetto di questa Nota si debba a ciò che il selenio si comporti più da elettrolita che da metallo.

Fisica. — *Il fenomeno Zeeman e il secondo principio della Termodinamica.* Nota di O. M. Corbino, presentata dal Corrispondente D. Macaluso.

1. Una sorgente sferica S emetta ed assorba le radiazioni di lunghezza d'onda λ e le molto vicine, in modo da dar luogo a una riga sottile per emissione o per assorbimento. Essa abbia dimensioni sufficienti perchè, disponendola nel centro di una superficie sferica perfettamente speculare al-

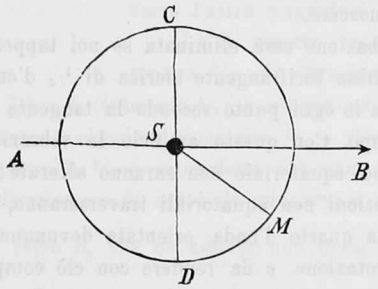


Fig. 1.

l'interno, i raggi emessi siano quasi tutti riassorbiti dopo una sola riflessione.

Se la sorgente e la sfera son disposte in un campo magnetico uniforme di direzione AB (fig. 1), l'emissione e l'assorbimento si modificano per il fenomeno di Zeeman. La sorgente emette, nel caso più semplice, una vibrazione parallela ad AB di lunghezza d'onda λ e due altre circolari di lunghezze d'onda λ_1, λ_2 $[\lambda_1 < \lambda < \lambda_2]$ disposte nel piano normale ad AB. Di queste la λ_1 gira nel senso della corrente magnetizzante, ed è perciò sinistrorsa se guardata nel senso BS; l'altra gira nel senso opposto.

L'effetto ottico in qualunque direzione è quello dovuto a queste tre componenti, o meglio alle loro proiezioni su un piano normale al raggio.

Così nel senso SB si propagheranno due sole radiazioni circolari [λ_1 ↷, λ_2 ↶]; nel senso SA due radiazioni circolari inverse [λ_1 ↶, λ_2 ↷]; nel senso SC o SD tre radiazioni a vibrazioni rettilinee [λ_1 ↕, λ ↔, λ_2 ↕]; e infine nel senso SM, come dimostrò il prof. Righi [1], tre radiazioni di cui una, λ, polarizzata rettilineamente e le altre due, λ_1, λ_2, polarizzate ellitticamente, coi particolari prevedibili in base alla regola sopra esposta.

La radiazione tra la sorgente e la sfera speculare ne risulta profondamente modificata. E invero, come l'esperienza dimostra, la sorgente assorbe le radiazioni che emette *nel senso* in cui le incidenti l'attraversano; essa perciò assorbirà ancora, dopo una sola riflessione sulla sfera, le radiazioni emesse nel piano equatoriale CD; ma una riflessione non basterà più per le radiazioni emesse secondo l'asse AB e nelle altre direzioni. Così i raggi di lunghezza d'onda λ_1 (sinistrorso) e λ_2 (destrorso) che si propagano lungo SB, restano tali dopo la riflessione e non sono più assorbiti tornando su S, poiche questa nel senso SA emette una radiazione λ_1 destrorsa e una λ_2 sinistrorsa. Adunque nel senso SA, e così nel senso SB, si propagherà una radiazione complessiva d'intensità doppia di quella che si propagherebbe senza il campo o di quella che anche col campo si propaga lungo SC e SD. L'assorbimento si compirà, per le radiazioni non equatoriali, dopo due riflessioni anzichè una, come è facile riconoscere.

Questa perturbazione sarà eliminata se noi tappezziamo la parete speculare con una lamina birifrangente sferica di $^1/_4$ d'onda, avente la sezione principale orientata in ogni punto secondo la tangente al meridiano condotto per l'asse del campo. Con questo artificio le vibrazioni rettilinee che si propagano nel piano equatoriale non saranno alterate; le altre circolari od ellittiche nelle direzioni non equatoriali traverseranno, alla prima riflessione, due volte la lamina quarto d'onda, orientata dovunque in modo da capovolgere il senso di rotazione, e da rendere con ciò completamente assorbibili le radiazioni relative nel traversare la sorgente S.

2. Posto ciò, si consideri il dispositivo della fig. 2. Due sorgenti S_1, S_2 (identiche) e circondate dalle superfici sferiche speculari tappezzate dalla lamina quarto d'onda, s'inviano reciprocamente le proprie radiazioni a traverso a due aperture e con l'intervento di una lente collettrice L convenientemente disposta.

L'equilibrio è ottenuto per l'uguaglianza delle quantità di energie emesse e assorbite dalle due sorgenti.

Supponiamo adesso che due campi magnetici uniformi agiscano sulle due sorgenti, secondo A_1B_1, e A_2B_2, cioè secondo direzioni ortogonali.

(1) A. Righi, Mem. Acc. Bologna, t. VIII, pag. 263, 1900.

Dimostreremo che se S_1 e S_2 emettono attraverso alle due aperture quantità di energie uguali, che assumiamo come 1, la sorgente S_1 assorbe $^2/_3$ dell'energia propria e $^2/_3$ di quella proveniente da S_2, mentre la S_2 assorbe $^1/_3$ della propria e $^1/_3$ di quella proveniente da S_1: cosicchè in totale S_1 ed S_2 emettono ugualmente, ma la prima assorbe una quantità di energia *doppia* di quella assorbita dalla seconda; pur essendo le due sorgenti identiche.

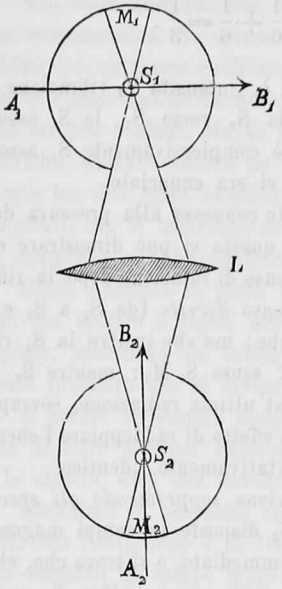


Fig. 2.

La contraddizione col secondo principio della termodinamica è evidente, e occorrerà in qualche modo ristabilire l'impero del principio medesimo.

3. Cominciamo con l'osservare che è inutile tenere conto dell'emissione diretta di S_1 e S_2 verso le parti M_1 e M_2 degli specchi, poichè queste per la presenza della lamina quarto d'onda vengono interamente riassorbite dalle sorgenti. Basta quindi seguire soltanto, fino al loro completo estinguimento, le radiazioni emesse da ciascuna verso l'altra sorgente.

La S_1 emette le radiazioni: λ_1 (intensità $^1/_4$ e vibrazione $\updownarrow$), λ_2 (intensità $^1/_4$ e vibrazione $\updownarrow$) e λ (intensità $^1/_2$ e vibrazione $\leftrightarrow$). Della prima, S_2 assorbe una componente circolare (intensità $^1/_8$ e vibrazione $\curvearrowright$) e resta l'altra componente (intensità $^1/_8$ e vibrazione $\curvearrowleft$), che viene riflessa dallo specchio, cambia di direzione e di senso di rotazione e non è perciò assorbita da S_2; prosegue verso S_1 che ne assorbe una metà (intensità $\frac{1}{16}$ e vibrazione $\updownarrow$), resta l'altra metà (intensità $\frac{1}{16}$ vibrazione $\leftrightarrow$) che ritorna verso S_2, la quale ne assorbe metà (intensità $^1/_{32}$ vibrazione $\curvearrowright$); e così di seguito. Se si sommano adesso le quantità di luce assorbite singolarmente da S_1 e S_2 si trova per S_1

$$\frac{1}{16}+\frac{1}{64}+\cdots=\frac{1}{12}$$

e per S_2

$$\frac{1}{8}+\frac{1}{32}+\cdots=\frac{1}{6}$$

Un analogo ragionamento fatto per la componente λ_2 dà luogo al medesimo risultato numerico. Quanto alla radiazione λ è facile riconoscere che S_2 non

ne assorbe nulla, e che dopo il percorso $S_1 S_2 M_2 S_2 S_1$ essa ritorna interamente su S_1. Adunque:

Della radiazione d'intensità 1 emessa da S_1, questa riassorbe

$$\frac{1}{12}+\frac{1}{12}+\frac{1}{2}=\frac{2}{3}, \text{ ed } S_2\ \frac{1}{6}+\frac{1}{6}=\frac{1}{3}.$$

In modo simile si dimostra che delle radiazioni λ_1 (intensità $^1/_2$ vibrazione ↰) e λ_2 (intensità $^1/_2$ e vibrazione ↱) emesse da S_2 verso S_1, la S_1 assorbe l'energia $^2/_3$ ed S_2 il resto, cioè $^1/_3$. Cosicchè complessivamente S_1 assorbe l'energia $^4/_3$ ed S_2 l'energia metà, $^2/_3$, come si era enunciato.

4. Questo risultato non è necessariamente connesso alla presenza della lamina quarto d'onda; poichè anche senza di questa si può dimostrare che, conservando adesso i raggi circolari il loro senso di rotazione dopo la riflessione, le radiazioni emesse da S_1 e S_2 nel senso *diretto* (da S_1 a S_2 e da S_2 a S_1) sono *egualmente* assorbite da entrambe; ma che inoltre la S_1 riassorbe pure la radiazione propria emessa nel senso $S_1 M_1$; mentre S_2 non assorbe quella emessa nel senso $S_2 M_2$, e quest'ultima radiazione, sovrapponendosi a quella emessa nel senso $S_2 S_1$, ha l'effetto di raddoppiare l'energia proveniente da S_2. Il risultato finale è, qualitativamente, identico.

5. Ancora a conclusioni analoghe si perviene *sopprimendo gli specchi* e mettendo in presenza due sorgenti S_1 ed S_2 disposte in campi magnetici ortogonali. Anzi in questo caso il risultato è immediato, e si trova che, chiamando 1 l'energia totale che l'una sorgente invia verso l'altra, S_2 ne assorbe $^1/_4$ ed S_1 invece $^1/_2$. Il resto viaggia dalle due parti per l'incompleto assorbimento; ma fu utile tenerne conto, come si fece ai numeri 3 e 4, per evitare il sospetto che a questi raggi propagantisi nel libero spazio si possa attribuire la funzione compensatrice richiesta dal secondo principio della termodinamica come avviene, secondo Planck, nel paradosso di Wien [1]. Nel nostro caso si potrebbe, per esempio, osservare che i raggi restanti finirebbero con l'essere assorbiti in qualche posto da una parete a bassa temperatura, ristabilendo il compenso.

6. Cerchiamo adesso di ovviare alla contraddizione trovata col secondo principio nell'ipotesi che le radiazioni studiate siano di temperatura. Potrebbe la luce emessa nel senso delle linee di forza, esser meno intensa di quella emessa nel senso normale; occorrerebbe però che la prima fosse la metà della seconda, il che l'esperienza non rivela per nulla, malgrado l'entità notevole dell'effetto previsto.

In secondo luogo potrebbe la distribuzione delle intensità tra le componenti λ_1, λ, λ_2 emesse nel senso normale al campo esser diversa da quella supposta, e che pure è la comunemente ammessa, specialmente dopo le ul-

[1] M. Planck-Verhandl. d. Deutsch. Physikal, Gesellschaft, *2*, pag. 206, 1900; id. id. Drude's Annalen, t. 3, pag. 764, 1900; W. Wien, Drude's Annalen, t. 4, pag. 422, 1901.

time esperienze di Zeeman [1]; ma per eliminare la contraddizione occorrerebbe addirittura che la componente λ parallela al campo, che pure è la più intensa, *non esistesse affatto*, il che non ha luogo certamente.

Non resta adunque che escludere l'ipotesi che le sorgenti S_1 S_2 emettano termicamente. Se invero esse fossero costituite da vapori metallici riscaldati con un mezzo qualsiasi a temperatura elevata, in modo che l'emissione potesse durare indefinitamente spendendo solo calore, certo il secondo principio sarebbe violato. Ma se l'emissione avesse origini *dirette* chimiche od elettriche, sarebbe ancora un fatto ben singolare lo scambio disuguale di energia tra due corpi *identici* per il solo intervento di due campi magnetici ortogonali, ma si uscirebbe dal campo dell'impossibilità e la via alla ricerca del compenso sarebbe nuovamente dischiusa.

Credo adunque si possa concludere che: Due sorgenti luminose identiche con spettro a righe, sensibili al campo magnetico e opportunamente disposte, assorbono in misura diversa le radiazioni complessivamente di uguale intensità che si inviano reciprocamente.

E perciò un vapore metallico portato ad alta temperatura, con esclusione di altri processi chimici o elettrici, o non emette righe spettrali, o, se le emette, esse non devono dar luogo al fenomeno di Zeemann.

Ricorderò in proposito che solo per taluni spettri a bande è stato dimostrato che l'emissione è di temperatura; e appunto gli spettri a bande non sono sensibili al campo magnetico.

Fisica. — *Azione delle onde elettriche sui cicli d'isteresi magnetica per torsione di un filo di ferro magnetizzato longitudinalmente* [2]. Nota di L. Tieri, presentata dal Socio P. Blaserna.

In una precedente Nota [3] ho riferito sulla grande sensibilità che acquista il detector magneto-elastico quale rivelatore di onde hertziane, quando si tiene magnetizzato circolarmente o longitudinalmente il filo di ferro.

In un successivo lavoro [4] ho ricercato la dipendenza di tale sensibilità dalla forma del ciclo, quando il filo è magnetizzato circolarmente.

Nel presente lavoro, invece, studio l'azione delle onde elettromagnetiche sui cicli d'isteresi magneto-elastica, quando il filo di ferro è sottoposto a una magnetizzazione longitudinale.

Il dispositivo di cui ho fatto uso è schematicamente rappresentato dalla figura I. Un filo di ferro *ab* del diametro di mm. 0,5 e della lunghezza

[1] P. Zeeman, Kon. Akad. Amsterdam, 28 novembre 1907.

[2] Lavoro eseguito nel Laboratorio di Fisica della R. Università di Roma.

[3] Rend. Acc. dei Lincei, 1906, 1° sem., pag. 164.

[4] Rend. Acc. dei Lincei, 1906, 2° sem., pag. 94.