

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCCIV.

1907

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XVI.

2° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1907

maria, le divergenze tra i valori calcolati e quelli osservati acquistano una entità relativa minore.

Concludendo le quantità di elettricità calcolate sulla base della formula (1) e con le costanti proprie delle correnti continue concordano in massima con quelle date dall'esperienza — e le divergenze accertate non sembrano imputabili alla ipotesi che la (1) sia applicabile alla scintilla, ma consentono un'altra spiegazione che ne giustifica il senso e l'andamento.

Fisica. — *Sull'effetto fotoelettrico di alcune sostanze usate negli attinometri elettrochimici.* Nota di A. POCHETTINO, presentata dal Corrispondente A. SELLA.

È nota la spiegazione data dal Lenard⁽¹⁾ dell'effetto fotoelettrico scoperto da Hertz e studiato poi dal Righi e dall'Hallwachs: la luce ultravioletta arrivando sulla superficie di certe sostanze provoca l'emissione da essa di elettroni negativi i quali, dotati di velocità notevoli, jonizzano l'aria o il gas adiacente alla superficie emittente; il numero di questi elettroni emessi è proporzionale all'intensità della luce eccitatrice, la loro velocità ne è invece indipendente.

Ora giacchè, secondo le idee moderne, la conducibilità elettrica metallica sarebbe dovuta ad elettroni liberi si può sospettare che le sostanze le quali possiedono l'effetto Hertz-Lenard subiscano una diminuzione di resistenza sotto l'influenza della luce ultravioletta; il numero già molto grande degli elettroni liberi nei metalli spiega sufficientemente i risultati negativi delle esperienze di questo genere effettuate sui metalli dal Bädiker⁽²⁾: era naturale quindi rivolgere l'attenzione a qualche sostanza dotata di una conducibilità elettrica di un ordine notevolmente inferiore. Già Becquerel ed Arrhenius avevano mostrato che lo joduro d'argento sia solido che in soluzione acquosa presenta un sensibile aumento di conducibilità elettrica sotto l'azione della luce; recentemente lo Scholl⁽³⁾, studiando la natura degli joni cui è dovuta la conducibilità di questa sostanza allo stato solido, arriva alla conclusione che questi joni hanno una mobilità enormemente maggiore di quella degli joni elettrolitici ordinari; egli suppone quindi che essi siano almeno per un tratto della loro traiettoria degli elettroni liberi. Ma, se ciò è vero, allora lo joduro d'argento deve mostrare l'effetto Hertz-Lenard; infatti il Wilson⁽⁴⁾ ha potuto dimostrare che così è, e ciò non solo per lo

(¹) Ann. d. Phys. (4). 8, pag. 149, 1902.

(²) Leipz. Ber. 55, pag. 198, 1903.

(³) Ann. d. Phys. (4). 16, pp. 193 e 417, 1905.

(⁴) Ann. d. Phys. (4). 23, pag. 197, 1907.

joduro d'argento, ma anche per quegli strati d'argento granuloso, caratterizzati da una resistenza elettrica enorme, che si ottengono per trasformazione dello joduro d'argento sotto l'azione della luce; è da notarsi però che per lo ioduro d'argento il massimo dell'effetto Hertz-Lenard si ha con la luce ultravioletta, mentre la massima variazione di resistenza si ha per illuminazione con luce violetta,

Un altro fenomeno elettrico provocato dalle radiazioni luminose è quello scoperto da Becquerel, ossia la variazione della forza elettromotrice di un elemento quando uno degli elettrodi venga colpito dalla luce (¹); ed anche di questo fenomeno si è tentato recentemente (²) di dare una spiegazione

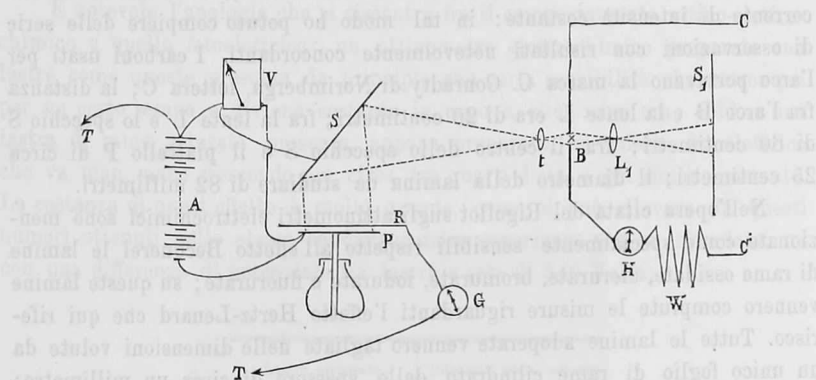


FIG. 1.

basandosi sopra il meccanismo dell'effetto Hertz-Lenard. Ma se è possibile l'esistenza di un nesso fra questi due fenomeni le sostanze che presentano uno dei due fenomeni devono presentare anche l'altro: questo ho voluto dimostrare colle esperienze sulle quali riferisco nella presente Nota.

La disposizione sperimentale da me adottata è analoga a quella usata da Stoletow (³) nelle sue ricerche sull'effetto fotoelettrico nello zinco.

Sul piatto P di un isolatore di Mascart si pone la lamina della sostanza da studiare; questo piatto può essere portato mediante una batteria A di piccoli accumulatori ad un potenziale negativo noto per mezzo di un voltmetro a quadranti verticali V del tipo Kelvin-Siemens e Halske. Di fronte al piatto P si trova una reticella circolare R di ferro, di diametro un

(¹) Rigollot H. *Sur les actinomètres électro-chimique*. Lion 1897.

(²) Ramsay and Spencer, *Phil. Mag.* (6), 12, pag. 413, 1906.

(³) *Journ. d. phys.* II, 9, pag. 468. 1890.

po' maggiore di quello del sottostante piattello, sostenuta da un sostegno isolante e posta in comunicazione col suolo attraverso un galvanometro G, del tipo Deprez-d'Arsonval, costruito da Siemens e Halske, della resistenza di 10.000 Ohm e con una sensibilità di 8×10^{-10} Ampère per millimetro della scala. Sulla lamina da studiare si può far cadere mediante uno specchio metallico S (in acciaio) e una lente L di quarzo la luce proveniente da un arco voltaico B alimentato dalla corrente alternata stradale a 100 Volta; onde ottenere durante le misure la massima costanza possibile nell'intensità luminosa dell'arco, in serie con questo era inserito un amperometro H e una resistenza W; manovrando opportunamente quest'ultima si poteva ottenere un arco di lunghezza costante (il che si controllava proiettando l'immagine dei due carboni con una lente L, su uno schermo S), attraversato da una corrente di intensità costante: in tal modo ho potuto compiere delle serie di osservazioni con risultati notevolmente concordanti. I carboni usati per l'arco portavano la marca C. Conradty di Norimberga, lettera C; la distanza fra l'arco B e la lente L era di 20 centimetri; fra la lente L e lo specchio S di 60 centimetri; fra il centro dello specchio S e il piattello P di circa 25 centimetri; il diametro della lamina da studiare di 82 millimetri.

Nell'opera citata del Rigollot sugli attinometri elettrochimici sono menzionate come specialmente sensibili rispetto all'effetto Becquerel le lamine di rame ossidate, clorurate, bromurate, iodurate e fluorurate; su queste lamine vennero compiute le misure riguardanti l'effetto Hertz-Lenard che qui riferisco. Tutte le lamine adoperate vennero tagliate nelle dimensioni volute da un unico foglio di rame cilindrato dello spessore di circa un millimetro; esse vennero sempre smerigliate colla massima cura onde renderne la superficie ben liscia ed atta a ricevere uno strato il più uniforme possibile della sostanza sensibile da studiare.

Le lamine che diedero l'effetto Hertz-Lenard più cospicuo furono quelle iodurate; esse vennero preparate coi due procedimenti suggeriti dal Rigollot ossia: o elettrolizzando per due o tre minuti primi una soluzione acquosa di ioduro di potassio al 20 % con una densità di corrente di $0,01 \frac{\text{amp}}{\text{cm}^2}$.

oppure tenendo le lamine di rame per 5 minuti primi in una soluzione alcoolica di jodio. Le lastre così preparate, lavate prima in acqua e poi in alcool e lasciate asciugare completamente prima di adoperarle, si comportano identicamente qualunque sia stato il processo adoperato per prepararle.

Ecco infatti i risultati ottenuti per due lastre preparate nei due modi ricordati: Distanza fra lastra e rete = 2 millimetri; illuminazione con arco voltaico lungo 5 millimetri, alimentato da una corrente di 8 Ampère; i numeri riportati rappresentano l'intensità della corrente fotoelettrica fra lamina e rete sovrastante essendosi assunta come unità una corrente di 8×10^{-10} Ampère.

Differenza di potenziale in volta fra lastra e rete	40	80	120	240	360
Lastra preparata coll'elettrolisi .	4	5	7	8	9
Lastra preparata colla immersione in soluzione di Iodio .	4	6	7		8 $\frac{1}{2}$

È notevole l'analogia che si scontra fra il comportamento attino-elettrochimico e quello fotoelettrico: un attinometro elettrochimico preparato con lastre come queste presenta da principio una certa sensibilità che cresce poi per un certo tempo e diviene costante in capo a circa mezz'ora; ebbene una lastra di rame iodurato presenta, appena preparata, un effetto fotoelettrico che va man mano crescendo per circa tre quarti d'ora e poi rimane costante. La costanza di quest'effetto è molto grande, come si può rilevare da questi numeri ottenuti nelle stesse condizioni delle esperienze più su ricordate, ma con una differenza di potenziale fra lastra e rete di 840 Volta:

Lastra preparata da:	Intensità della corrente fotoelettrica
2 ore	9
10 "	10
2 giorni	9,5
15 "	9,6
1 mese	9
3 "	9,5

Stabilite le proprietà fotoelettriche delle lastre di rame iodurato, sono passato a vedere primo: come variasse l'intensità della corrente fotoelettrica variando la distanza fra preparato sensibile e rete e variando la differenza di potenziale fra di essi; secondo: in che rapporto stesse la sensibilità fotoelettrica di questi preparati con quella dello zinco amalgamato di fresco.

Ecco una tabella contenente i dati relativi alla prima questione: in tutte queste esperienze l'illuminazione era fatta con un arco voltaico lungo 18 millimetri, alimentato da una corrente di 18 Ampère:

Distanza fra lamina e rete	Differenza di potenziale fra lamina e rete											
	40	80	120	240	360	480	600	720	840	940	1040	1140
1 mm.	22	29	33	39	44	47	48 $\frac{1}{2}$	49	49 $\frac{1}{2}$	52	57	67
2 mm.	15	20	25	32	37	38	39	39	39	40	44	48
8 mm.	8	15	18	24	27	29	30 $\frac{1}{2}$	30 $\frac{1}{2}$	31	31	35	39
18 mm.	4	9	13	19	23	25	26	26	26	27	27 $\frac{1}{2}$	29

E riportando questi numeri su un grafico, otteniamo il seguente diagramma:

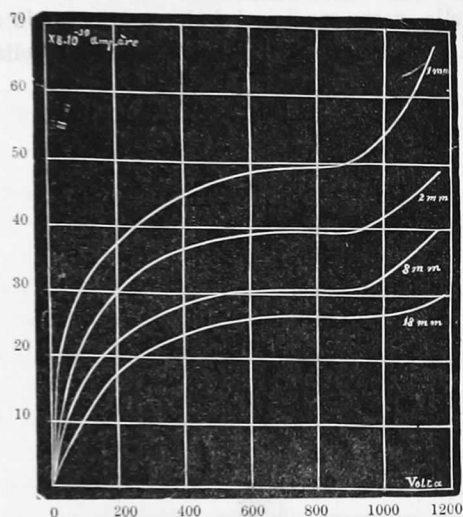


FIG. 2.

Richiamo l'attenzione sul fatto che dall'esame di queste curve risulta che per una differenza di potenziale fra lamina e rete fra i 600 e i 700 Volta le curve tendono ad assumere un andamento parallelo all'asse delle ascisse e ciò indipendentemente dalla distanza fra lastra e rete, mentre da detta distanza dipende l'intensità della corrente fotoelettrica.

Per dare un'idea dell'entità dell'effetto fotoelettrico delle lamine di rame iodurato riporto qui i risultati ottenuti nelle stesse condizioni (illuminazione con arco lungo 18 millimetri alimentato da una corrente di 18 Ampère; distanza fra piatto e rete = 2 millimetri) con una di queste lamine e una lastra di zinco amalgamato delle stesse dimensioni:

Lamina	Differenza di potenziale in Volta fra lamina e rete								
	40	80	120	240	360	480	600	720	840
Rame iodurato	15	20	25	32	37	38	39	39	39
Zinco amalgamato	3	4	5	5 ³ / ₄	6	6	6 ¹ / ₂	6 ¹ / ₂	6

Come si vede, il rame iodurato è considerevolmente più sensibile alla luce che non lo zinco amalgamato, le due correnti fotoelettriche stando fra di loro come 39:6 per una differenza di potenziale fra i 600 e gli 800 Volta.

Le lamine di rame iodurato non subiscono diminuzione sensibile nell'effetto fotoelettrico, anche se vengono lasciate esposte alla luce dell'arco per una buona mezz'ora.

Seguendo le indicazioni del Rigollot le altre lamine studiate vennero preparate così:

Rame bromurato: elettrolizzando una soluzione di bromuro di potassio al 20 % per tre minuti primi con una corrente di $0,01 \frac{\text{Amp}}{\text{cm}^2}$, oppure immergendo la lastra di rame per 15 minuti primi in una soluzione alcoolica di bromo; le lamine così-preparate presentano un aspetto biancastro, però si alterano man mano alla luce annerendo un poco: l'effetto Hertz-Lenard da principio piccolissimo aumenta in capo a poche ore fino ad un valore che rimane poi costante per certo tempo; però, al contrario di quello che avviene nelle lamine di rame iodurato, sotto l'azione prolungata della luce dell'arco l'effetto diminuisce notevolmente.

Rame fluorurato: Esponendo la lamina di rame pulita all'azione dell'acido fluoridrico, emanante da una soluzione acquosa di questo; anche questi preparati si alterano col tempo.

Rame clorurato: elettrolizzando una soluzione acquosa di cloruro di sodio al 20 % per 10 minuti primi con una corrente di $0,01 \frac{\text{Amp}}{\text{cm}^2}$; lo strato di colore biancastro che così si forma è molto sensibile in principio, poi annerisce abbastanza rapidamente perdendo la sua sensibilità fotoelettrica.

Rame ossidato: riscaldando fortemente su un becco Bunsen una lamina di rame ben pulita finchè abbia acquistato per riflessione un colore nero-violaceo.

I numeri che si ottengono operando con queste sostanze quando possiedono la massima sensibilità fotoelettrica, cioè circa un'ora dopo la loro preparazione sono i seguenti:

Distanza fra preparato e rete = 2 mm.

Illuminazione con arco lungo 18 mm. alimentato da corrente di 18 Ampère:

Durata di una serie di osservazioni per preparato: 20 minuti.

Lamina	Differenza di potenziale in Volta fra lastra e rete								
	40	80	120	240	360	480	600	720	840
Rame bromurato	11	16	20	25	28	30	32	32	32
idem a 18 mm.	6	8	10	12	14	15	17	17	17
Rame clorurato	8	11	14	17	19	20	20	20	20
Rame fluorurato	1	1,5		2,5	2,9	3	3	3	3
Rame ossidato	0,5	1	1,7	2,2	2,4	2,7	3	3	3

Se si ordinano questi preparati a seconda della loro sensibilità per l'effetto Becquerel e per l'effetto Hertz-Lenard si ottengono queste due serie:

Effetto Becquerel.

Rame bromurato.
 " jodurato.
 " ossidato.
 " { clorurato.
 " { fluorurato.

Effetto Hertz-Lenard.

Rame jodurato.
 " bromurato.
 " clorurato.
 " { ossidato ⁽¹⁾.
 " { fluorurato.

⁽¹⁾ Distribuendo su una lamina di ferro uno strato sottile rispettivamente di ossido di rame nero e di cloruro ramoso bianco ho ottenuto per una distanza fra preparato e

Come si vede, le due serie sono diverse, quindi sebbene le sostanze che presentano il primo effetto siano pure dotate del secondo, l'analogia fra i due fenomeni non va più in là. Di più noterò: in tutti i preparati ricordati nell'effetto Becquerel la lamina illuminata diventa *positiva* rispetto a quella tenuta allo scuro, invece nelle lamine bromurate ricavate coll'immersione nella soluzione di bromo la lamina illuminata diventa *negativa* rispetto a quella tenuta allo scuro; ora per quel che riguarda l'effetto Hertz-Lenard le lamine di rame bromurato sia preparate per via elettrolitica, sia colla soluzione di bromo si comportano egualmente.

Nel suo trattato sugli attinometri elettrochimici il Rigollot dimostra che se si tingono i preparati di rame con certe materie coloranti si ottiene negli attinometri così formati una maggiore sensibilità e uno spostamento di questa verso le luci di minore rifrangibilità e precisamente secondo questo specchio:

Preparato	Materia colorante	λ per cui si ha la massima sensibilità
Cu ossidato	—	0,470
" "	Violetto metile	0,620
" "	Eosina	0,554
" "	Eritrosina	0,560
Cu iodurato	—	0,410
" "	Cianina	0,623
" "	Verde malachite	0,658

Operando in modo analogo per l'effetto Hertz-Lenard ho notato che questo colla tintura dei preparati diminuisce grandemente, specie per le lamine di

rete di 2 mm., e con un arco lungo 18 millimetri alimentato da una corrente di 18 Ampère i seguenti numeri:

Sostanza	Differenza di potenziale fra preparato e rete								
	40	80	120	240	360	480	600	720	840
Ossido di rame	0,6	1	1,8	2,5	2,7	3	3,5	3	3
Cloruro ramoso	1		2	3	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5

La prima sostanza mantiene inalterata la propria sensibilità indefinitamente, la seconda invece no, alterandosi rapidamente all'aria e alla luce.

rame iodurato, e che sempre si otteneva un effetto maggiore allungando l'arco, cioè arricchendo la luce emessa da questo di radiazioni più rifrangibili. Anche per questi preparati si trova quindi un fatto analogo a quello riscontrato nelle ricerche di Scholl e Wilson ricordate in principio: l'effetto Hertz-Lenard è più grande per le radiazioni più rifrangibili, mentre, il massimo effetto Becquerel-Rigollot si ha per luci di rifrangibilità minore.

Fisica terrestre. — *Saggio di una nuova formola empirica per rappresentare il modo di variare della radiazione solare col variare dello spessore atmosferico attraversato dai raggi.* Nota I di A. BEMPORAD, presentata dal Corrispondente A. RICCÒ.

1. *Posizione della formola.* — Le più note formole empiriche proposte per rappresentare il modo di variare della intensità q della radiazione solare col variare dello spessore atmosferico ε attraversato dai raggi, come

- I. La formola di Pouillet: $q = A_1 p^\varepsilon$ ossia $\log q = a_1 - b_1 \varepsilon$
II. " " Crova : $q = A_2 (1 + \varepsilon)^{-n}$ " $\log q = a_2 - b_2 \log(1 + \varepsilon)$
III. " " Bartoli : $q = A_3 \varepsilon^{-m}$ " $\log q = a_3 - b_3 \log \varepsilon$,

dove le A, a, b, p, n, m denotano delle costanti, non raggiungono in generale il loro scopo, se non entro certi limiti per la distanza zenitale z . In prossimità dell'orizzonte, cioè appunto nella regione più interessante per esperienze sull'assorbimento atmosferico, tutte e tre le formole cadono generalmente in difetto, vale a dire si scostano dalla curva dei valori osservati di q molto più di quanto comporterebbero gli errori probabili delle osservazioni, e in modo del tutto sistematico. Questo fatto, da me già riconosciuto nell'applicazione delle dette formole alle osservazioni pireliometriche eseguite da Ångström all'isola di Teneriffa⁽¹⁾ e confermato da varie serie di osservazioni attinometriche da me eseguite negli Osservatori di Catania e dell'Etna, mi ha indotto a cercare, se qualcuna di queste formole potesse opportunamente modificarsi, in guisa da ottenere un più intimo accordo fra l'osservazione ed il calcolo, e dopo vari tentativi, prima con sviluppi per funzioni trigonometriche, poi con formole esponenziali, pervenni ad una formola, poco o niente più complicata delle tre precedenti, e che conduce ad una rappresentazione soddisfacentissima delle accennate osservazioni. La formola in discorso non differisce dalle precedenti, se non per la funzione dello spessore atmosferico ε , che si fa entrare nella espressione di $\log q$; funzione, che, in luogo di essere senz'altro ε stessa (formola di Pouillet) o $\log(1 + \varepsilon)$

(1) Ångström K., *Intensité de la radiation solaire à différentes altitudes*, Upsala 1900.