

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCCII.

1905

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XIV.

2° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVICCI

1905

$\frac{\partial}{\partial z_d} \nabla_{y_m}^{(y_i z)} F_m, \frac{\partial F_{m+1}}{\partial z_d}, \dots, \frac{\partial F_{d+m-n}}{\partial z_d}$, appartenenti all'ultima colonna, si pongano rispettivamente $\nabla_{y_0+1}^{(y_i z)} F_0, \nabla_{y_1+1}^{(y_i z)} F_1, \dots, \nabla_{y_{m+1}}^{(y_i z)} F_m, 0, \dots, 0$ ⁽¹⁾. Quindi la $J_{(\lambda-n+r+1)}^{(x)}$, come si è sopra asserito, non è la $(\lambda - n + r + 1)^{sima}$ varietà Jacobiana delle $F_0^{(r)}, F_1^{(r)}, \dots, F_m^{(r)}, F_{m+1}, \dots, F_{d+m-n}$, perchè, chiamando (sempre nell'ipotesi che Z^* sia un punto generico del dato spazio $[n]$) $J'_{(\lambda-n+r+1)}$ la varietà rappresentata (nelle coordinate correnti y_0, y_1, \dots, y_d) coll'annullare tutti i minori di ordine $d - r + 1$ contenuti nella matrice $\left\| \frac{\partial}{\partial z} \nabla F \right\|$, risulta che la $J'_{(\lambda-n+r+1)}$ è una varietà di dimensione $d - r - 1$ ($m - n + r - 1$), osservando che la $J'_{(\lambda-n+r+1)}$ si può definire anche la varietà rappresentata coll'annullare tutti i minori di ordine $d - r + 1$ contenuti nella matrice di $d + m - n + 1$ linee e di d colonne ottenuta dalla $\left\| \frac{\partial}{\partial z} \nabla F \right\|$ togliendo gli elementi dell'ultima colonna.

Fisica. — *Sull'effetto fotoelettrico del Selenio*. Nota del dott. CAMILLO CARPINI, presentata dal Corrispondente SELLA.

1. Molti sperimentatori hanno ricercato l'influenza della temperatura sulla resistenza del Selenio, sia all'oscuro, sia esposto alla luce. Così l'Hittorf ⁽²⁾ notava che la resistenza del Selenio va continuamente diminuendo col crescere della temperatura fino a 210° oltre il quale punto aumentava bruscamente. Draper e Moss ⁽³⁾ dimostrarono che non sempre questa legge è verificata; che cioè esistono anche alcune varietà di Selenio in cui la resistenza aumenta coll'aumentare della temperatura. Conclusioni analoghe trassero dalle loro ricerche il Siemens ⁽⁴⁾, il Mercadier ⁽⁵⁾, il Bidwell ⁽⁶⁾, il Pochettino ⁽⁷⁾

(1) Questa rappresentazione analitica della $J_{(\lambda-n-r+1)}^{(x)}$, si può ottenere facilmente, quando per mezzo di considerazioni algebriche e analitiche si trasformino in determinanti l'espressioni, che si ricavano applicando l'operazione $\Delta_{(y_i z)}$ a quei minori di ordine $d - r + 1$ appartenenti alla matrice $\left\| \frac{\partial}{\partial z} \nabla F \right\|$, che contengono elementi dell'ultima colonna di questa matrice $\left\| \frac{\partial}{\partial z} \nabla F \right\|$.

(2) Pogg. Ann., t. LXXXIV, pag. 214.

(3) Proc. roy. Irish. Ac., 1873: *Nature*, 1875.

(4) Pogg. Ann., 159, 117, 1876.

(5) Journal de Physique, 1904.

(6) Phil. Mag., 31, 251, 1891.

(7) Rend. Acc. Lincei, 1° sem. 1902, pag. 286.

ed il Ruhmer (¹). Perciò il Selenio può presentare un comportamento, rispetto alla temperatura, molto variabile, e ciò dipende dalla sua costituzione instabile per le diverse forme allotropiche non ancora troppo bene conosciute, che non permettono di definire bene la costituzione del Selenio che si esamina.

In tutte queste diverse ricerche pare che nessuno si sia posto il quesito di sapere che cosa succede dell'effetto fotoelettrico col variare della temperatura. Il Pochettino, per risolvere la questione sollevata dal Bidwell, il quale per spiegare l'effetto fotoelettrico, ammise che la luce determina la formazione di seleniuri conduttori, che poi all'oscurità si decompongono nuovamente, studiò l'intensità dell'effetto fotoelettrico di una cellula Richard Müller-Uri alla temperatura dell'ambiente ed alla temperatura dell'aria liquida. Alla temperatura ordinaria ottenne come effetto fotoelettrico:

$$\frac{r - r_1}{r} = \frac{31000 - 18000}{31000} = 0,4.$$

Alla temperatura dell'aria liquida bollente invece:

$$\frac{r - r_1}{r} = \frac{2600 - 1900}{2600} = 0,3.$$

L'effetto esiste dunque a questa bassa temperatura ma leggermente affievolito: dal che sembrò improbabile l'ipotesi del Bidwell, compiendosi una reazione chimica a bassa temperatura con difficoltà. Se però le determinazioni del Pochettino conducono ad ammettere una variazione molto piccola dell'effetto fotoelettrico passando a temperature basse, rimane aperta la questione di quello che avvenga a temperature elevate e di essa mi sono occupato nella presente ricerca.

Il dispositivo da me adoperato fu il seguente. Un ponte universale di Siemens mi permetteva di misurare resistenze di oltre 15000 ohm, con l'approssimazione dell'1%. La corrente che attraversava la cellula era quella di una pila normale del tutto costante, che chiudevo solo al momento dell'osservazione. Il galvanometro adoperato fu un Despretz-D'Arsonval sufficientemente sensibile. La cellula al Selenio era posta sul fondo d'una cassetina rettangolare di latta, chiusa sul davanti da un vetro per impedire che correnti d'aria ne alterassero la temperatura. Tale cassetina penetrava nell'interno di un'altra cassetta piena d'acqua, che poteva esser posta in ebollizione riscaldando il fondo con un becco Bunsen. Un termometro, diviso in decimi, penetrava nell'interno della prima cassetina, mediante un tappo di sughero adattato in un foro del vetro, e segnava così la temperatura della cellula.

(¹) Phys. Zeits., 1901-1902.

Un setto nero di grosso cartone scorrente fra due ghiera saldate sul fronte della cassetina più ampia serviva ad oscurare la cellula o porla alla luce. Si sperimentava in una stanza completamente dipinta a nero, perchè la luce diffusa non venisse con i suoi effetti a sovrapporsi all'effetto principale prodotto dalla luce di una lampada Hefner-Alteneck ad acetato di amile. Ho preferito questa luce a quella d'una candela, sia per la sua regolarità, sia perchè, come è noto, le radiazioni maggiormente attive sono le gialle (1).

Le esperienze del Majorana (2) e del Ruhmer (3) hanno dimostrato che i fenomeni fotoelettrici del Selenio non si compiono con grande rapidità: risulta però più rapida la diminuzione di resistenza nel passaggio dalla oscurità alla luce, che il ritorno alla resistenza primiera nel passaggio inverso. La resistenza diventa pressochè costante dopo 5' nel 1° caso, e dopo 15' nel secondo. Perciò nelle misure ho sempre aspettato 5' o 15' a seconda del caso, prima di compiere la lettura della resistenza. La durata di 5' d'illuminazione non portava alcun aumento di temperatura della cellula, come verificai con il termometro annesso.

Ad una stessa temperatura le osservazioni furono fatte alternativamente alla oscurità ed alla luce per vedere se la cellula riprendesse sempre la medesima resistenza: quindi ogni osservazione all'oscuro mi è servita due volte per il calcolo dell'effetto fotoelettrico.

Le cellule su cui ho sperimentato sono di due specie: una prima cellula è di quelle fabbricate dal Müller-Uri: altre quattro sono state fatte da me avvolgendo sopra tavolette di lavagna (cm. 3 per 2) due filini di rame che corrono paralleli alla mutua distanza di mm. 0,7. Nel fabbricare tali cellule ho usato una stufetta per riscaldare le tavolette di lavagna alla temperatura di 220° ed un bagno di paraffina a 190° ove la cellula, opportunamente protetta, veniva lasciata a lungo perchè la cristallizzazione del Selenio fosse riuscita.

Prima di intraprendere una ricerca sistematica del fenomeno, volli accertarmi se tra l'effetto fotoelettrico alla temperatura ambiente e quello alla temperatura dell'acqua bollente, vi fosse una variazione sensibile: ed intorno a questa prima parte del mio lavoro riferisco ora.

La cellula Müller-Uri fu assoggettata a diversi passaggi dalla temperatura ambiente alla temperatura dell'acqua bollente, e ciò per persuadermi che il fenomeno osservato non fosse da attribuirsi a qualche causa occasionale, ed anche per vedere se la cellula si comportasse sempre alla stessa maniera. Riporto nella seguente tabella le osservazioni fatte nelle successive

(1) Minchin. Phil. Mag., 31, 207, 1891.

(2) Rend. Acc. Lincei, 1° sem. 1894, pag. 183.

(3) Loc. cit.

temperature: l'effetto fotoelettrico corrispondentemente segnato è la media di molte determinazioni concordanti.

TABELLA I.

Temperatura	Resistenza all'oscuro	Resistenza alla luce	Effetto fotoelettrico
8,20	27300	18450	0,324
96,30	3200	2990	0,065
12,22	19240	13430	0,302
96,84	3650	3380	0,073
0,00	29960	19500	0,349
96,40	3270	3045	0,069

Da essa appare evidente che passando da una temperatura media di 7° ad una temperatura media di 96°, l'effetto fotoelettrico varia da 0,32 a 0,07, cioè una variazione media di 0,003 per ogni grado.

Le osservazioni fatte sulle cellule da me costruite confermano tutte il risultato precedente, quantunque esse presentassero una resistenza molto più grande della cellula Müller-Uri. Naturalmente l'effetto fotoelettrico alla medesima temperatura non sarà più quello di prima, poichè varia con la specie di Selenio adoperato e col modo di costruzione della cellula. Riporto qui la storia di una delle quattro cellule.

TABELLA II.

Temperatura	Resistenza all'oscuro	Resistenza alla luce	Effetto fotoelettrico
10,00	137000	109000	0,205
98,80	19590	18290	0,066
11,20	128000	93000	0,273
98,80	19400	18000	0,072
9,80	151000	114000	0,245
98,20	19500	18100	0,074
10,40	135000	99000	0,266

Quantunque la resistenza alla temperatura ambiente si trovi sufficientemente variabile da caso a caso, pure l'effetto fotoelettrico non è sensibilmente variato. Risulta che alla temperatura media di 10° l'effetto fotoelettrico è di 0,247, mentre a 98° è di 0,070, cioè abbiamo una variazione media di circa 0,002 per ogni grado.

Per le altre cellule ho avuto i seguenti risultati medi:

Cellula n° 3. Temp. 12°

$$\text{Effetto fotoelettrico} = \frac{157000 - 112000}{157000} = 0,223 .$$

Temp. 97°

$$\text{Effetto fotoelettrico} = \frac{32700 - 30000}{32700} = 0,082 .$$

Variazione media per grado: 0,002.

Cellula n° 4. Temp. 10°

$$\text{Effetto fotoelettrico} = \frac{132000 - 96200}{132000} = 0,271 .$$

Temp. 98°

$$\text{Effetto fotoelettrico} = \frac{18700 - 17300}{18700} = 0,075 .$$

Variazione media per grado: 0,002.

Cellula n° 5. Temp. 9°

$$\text{Effetto fotoelettrico} = \frac{142000 - 109000}{142000} = 0,232 .$$

Temp. 98°

$$\text{Effetto fotoelettrico} = \frac{20100 - 18700}{20100} = 0,069 .$$

Variazione media per grado: 0,002.

Mi pare dunque si possa concludere che l'effetto fotoelettrico del Selenio, nelle condizioni almeno da me adoperate, varia notevolmente con la temperatura nell'intervallo 0° e 100°, e precisamente diminuisce col crescer della medesima.

2. Alcuni sperimentatori come il Rosse ⁽¹⁾, l'Adams ⁽²⁾, il Siemens ⁽³⁾, l'Hopius ⁽⁴⁾ ed il Ruhmer ⁽⁵⁾, si sono occupati di conoscere come l'effetto fotoelettrico vari con la intensità della luce. Il Ruhmer, adoperando una lampada ad arco, traccia alcune curve ad andamento iperbolico, dalle quali si può dedurre la resistenza della cellula in funzione dei Lux, distinguendo così due specie di Selenio; il Selenio tenero, molto sensibile ad una piccola illuminazione, ed il Selenio duro sensibile invece per forti illuminazioni.

(1) Phil. Mag., (4), XLVII, 161.

(2) Proc. Roy. Soc., 23, 535, 1875.

(3) Pogg. Ann., 159, 117, 1876.

(4) Journal de la Soc. Phys. chim. russe, n° 7, 1903.

(5) Phys. Z., 1902, n° 20.

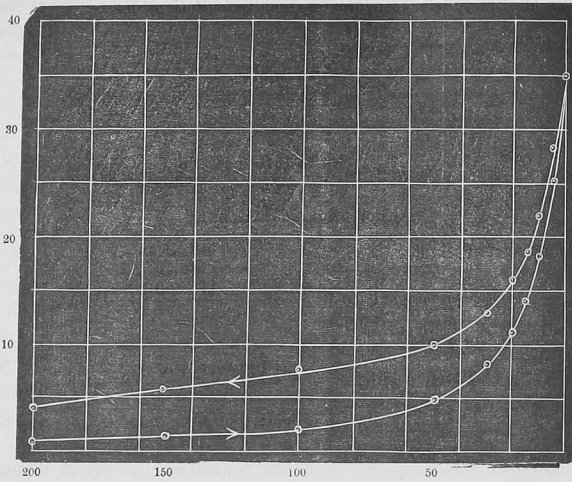


FIG. 1.

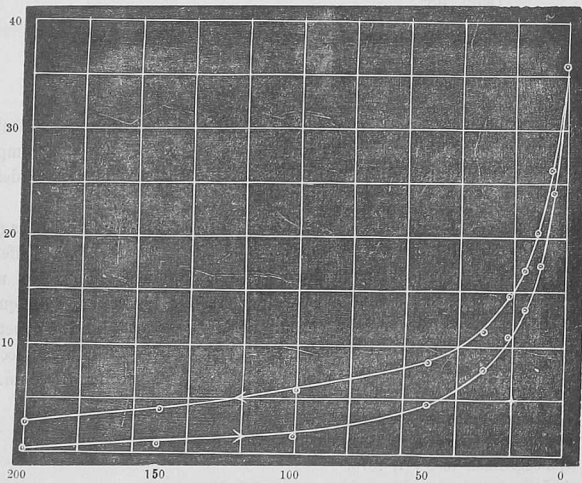


FIG. 2.

Ho voluto vedere che cosa succede di tali curve quando l'intensità luminosa vari da un *minimum* ad un massimo e poscia ritorni al minimo precedente. A questo scopo facevo scorrere la lampada ad acetato di amile lungo un asse orizzontale della lunghezza di m. 2, situato normalmente alla finestra della cellula, e soffermandomi sempre per un medesimo tempo, in alcune

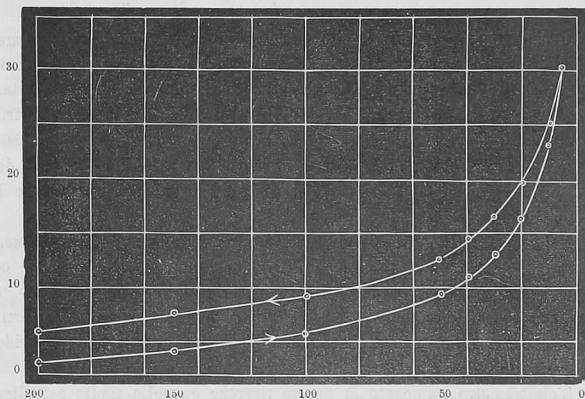


FIG. 3.

posizioni intermedie, nelle quali misuravo il valore della resistenza alla fine di detto tempo. Come era da attendersi, la curva di ritorno non coincideva con quella di andata: dal che rimane confermato che la rapidità con cui il Selenio modifica la sua resistenza è diversa a seconda che passa da uno stato di illuminazione minore ad uno maggiore, ovvero il viceversa. La fig. 1 mostra ad es. come varia la conducibilità colla distanza della lampada dalla cellula stessa, essendosi quest'ultima misurata sempre dopo 3' di fermata della lampada nelle posizioni cm. 200, 150, 100, 50, 30, 20, 15, 10, 5, 0.

I due rami della curva si vanno avvicinando crescendo la durata della illuminazione: così ad es., dopo 5' di illuminazione si ottiene la curva fig. 2, che mostra i due rami più avvicinati.

Ma nemmeno dopo 20' per ogni singola osservazione nel ritorno si riesce ad ottenere la coincidenza delle due curve, come mostra la fig. 3. E ciò dimostra per altra via come i fenomeni fotoelettrici del Selenio si compiono con molta lentezza.