

# ANNALI DELLA SCUOLA NORMALE SUPERIORE DI PISA *Classe di Scienze*

G. POLVANI

## **Come varia nel tempo lo spettro della scintilla elettrica**

*Annali della Scuola Normale Superiore di Pisa, Classe di Scienze 1<sup>re</sup> série*, tome 14 (1922), exp. n° 4, p. 1-24

<[http://www.numdam.org/item?id=ASNSP\\_1922\\_1\\_14\\_\\_A4\\_0](http://www.numdam.org/item?id=ASNSP_1922_1_14__A4_0)>

© Scuola Normale Superiore, Pisa, 1922, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « Annali della Scuola Normale Superiore di Pisa, Classe di Scienze » (<http://www.sns.it/it/edizioni/riviste/annaliscienze/>) implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme  
Numérisation de documents anciens mathématiques  
<http://www.numdam.org/>

II.

DoTT. G. POLVANI

---

COME VARIA NEL TEMPO

LO

SPETTRO DELLA SCINTILLA ELETTRICA

---

ESTRATTO DELLA TESI D'ABILITAZIONE



---

---

**Come varia nel tempo lo spettro della scintilla elettrica**  
**(Estratto della tesi d'abilitazione).<sup>1</sup>**

§ 1. — Il mezzo più naturale per compiere uno studio delle variazioni nel tempo dello spettro della scintilla è quello di proiettare per mezzo di uno specchio concavo rotante l'immagine della scintilla sulla fenditura di uno spettrografo, disponendo lo specchio in modo che il suo centro di figura sia sull'asse ottico del collimatore e il suo asse di rotazione risulti parallelo all'asse della scintilla e perpendicolare all'asse ottico del collimatore e alla fenditura dello spettrografo; cosicchè lungo questa vengano a succedersi le varie immagini della scintilla corrispondentemente al succedersi dei tempi. Ma nel realizzare una simile dispo-

---

<sup>1</sup> La tesi, dalla commissione esaminatrice dichiarata degna di stampa, doveva comparire *per extenso* in questi « *Annali* », ma per non ritardarne la pubblicazione fu invece stampata nel giornale della Società di Fisica « *Il Nuovo Cimento* » (Serie VI, Vol. XX, 2.º sem., fasc. 11-12, anno 1920), cui rimandiamo chi volesse conoscere i particolari della ricerca e dei risultati.

sizione, ho incontrato subito — come del resto prevedevo — una grave difficoltà.

Quando la dispersione dello spettrografo e la sottigliezza della fenditura siano quali si richiedono per avere una buona spettrografia, una sola scintilla non è sufficiente ad impressionare la lastra fotografica; ne occorrono molte, moltissime. Come ottenere allora che l'inizio di tutte le scintille avvenga proprio solo e quando lo specchio assume, rotando, una determinata posizione, cosicchè le relative immagini proiettate sulla fenditura risultino tutte perfettamente *in concordanza* tra loro?<sup>1</sup>

La disposizione dello spinterometro rotante fissato sull'asse di rotazione dello specchio è risultata insufficiente a tal fine.<sup>2</sup>

Bisognava trovare qualcosa di meglio: e fu allora appunto che il Prof. Puccianti mi dette il suggerimento — del quale lo ringrazio vivamente — di tentare se fosse possibile approfittare dell'effetto fotoelettrico di Hertz per provocare la scarica al momento opportuno. Perciò intrapresi alcune esperienze preliminari.

§ 2. — Ad una comune lanterna da proiezione P (vedi figura 1) tolsi l'obbiettivo e sostituii al condensatore un diaframma con una piccola fenditura orizzontale F [5 mm. di

---

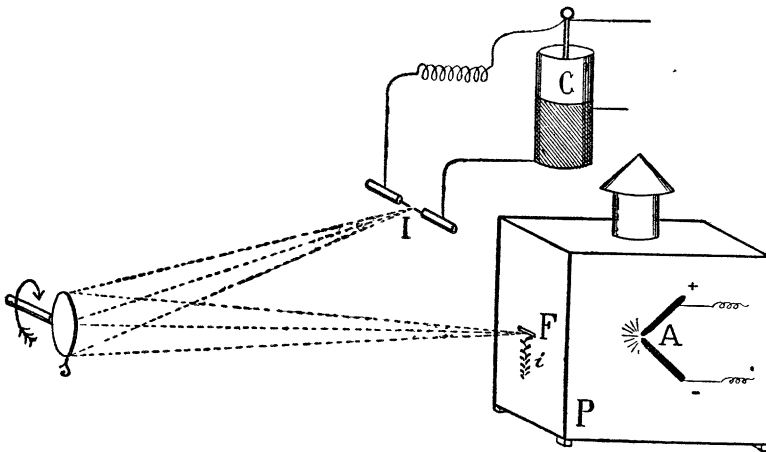
<sup>1</sup> Dirò che due o più immagini *sono (risultano) in concordanza o concordanti* quando esse, sia pure in momenti diversi, si formano esattamente nel medesimo punto dello spazio.

<sup>2</sup> Il de Watteville indica (*Comptes Rendus*. CLIX, 2. sem., 1914, pag. 30) una disposizione sperimentale simile a quella del Feddersen nella quale però lo specchio è sostituito da un disco stroboscopico (con una sola fenditura); ma non dà notizia dei risultati ottenuti.

lunghezza in direzione orizzontale, per 2 mm. di larghezza] e ai carboni dell'arco elettrico, interno alla lanterna sostituii due grosse bacchette di ferro per ottenere dall'arco maggior copia di raggi ultravioletti.

Il fascio luminoso uscente dalla fenditura del diaframma veniva raccolto tutto da uno specchio concavo *s*, rotante intorno ad un asse orizzontale. Lo specchio era disposto in maniera che passando, nel girare, per una determinata posizione proiettava l'immagine della fenditura sulle punte *di rame* di uno spinterometro *I*. Queste, distanti tra loro circa due millimetri e disposte orizzontalmente, erano connesse, attraverso ad un'elica di filo grosso di rame, con le armature di un condensatore *C* di notevole capacità, che veniva caricato da una macchina elettrostatica. La scarica di questo

Fig. 1.



Lo specchio concavo rotante *s* raccoglie dell'arco *A* la luce uscente dalla fenditura *F* e proietta l'immagine di questa sulle punte dello spinterometro sensibile *I*.

La scarica viene così determinata, per effetto fotoelettrico, al momento dell'illuminazione dello spinterometro, sicchè sulla parete anteriore della lanterna *P* viene proiettata dallo stesso specchio *s* l'immagine *i* della scintilla. Questa immagine si inizia dalla fenditura *F*.

circuito risultava oscillante. Lo specchio faceva una cinquantina di giri al minuto secondo, e la durata di ciascuna illuminazione a cui era soggetto lo spinterometro era di  $1/200000$  di secondo circa.

Questa semplice disposizione sperimentale mi permise di verificare facilmente e con buona approssimazione, se le scariche nel circuito si iniziassero nei momenti in cui lo specchio illuminava lo spinterometro: infatti se questo fosse accaduto la striscia luminosa, col noto aspetto di spiga, data dallo specchio rotante quale immagine della scintilla, avrebbe dovuto formarsi sul diaframma posto anteriormente alla lanterna cominciando proprio dalla fenditura. L'esperienza confermò abbastanza bene questa previsione, purchè la distanza esplosiva non fosse superiore ai 2 — 3 mm. Facendo dei segni di riferimento sul diaframma, riconobbi facilmente che le immagini delle successive scintille presentavano in generale tra loro solo lievi discordanze, le quali erano dovute in piccola parte a veri e fortuiti ritardi della scarica, rispetto al momento di illuminazione dello spinterometro, e per la maggior parte al fatto che le scintille non mantengono mai nè la stessa forma nè la stessa posizione tra le punte dello spinterometro. In complesso però l'artificio dell'effetto fotoelettrico poteva benissimo servire al mio scopo.

Ma tutto ciò non era che un primo passo, perchè, come presto mi accorsi, l'esperienza ora descritta non riesce qualunque sia il metallo con cui sono fatte le punte dello *spinterometro sensibile*,<sup>1</sup> sicchè divenne necessario che la scintilla

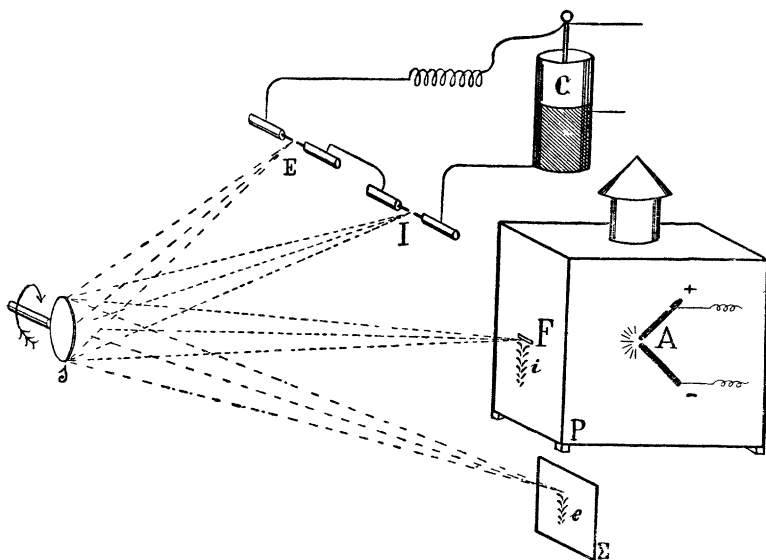
---

<sup>1</sup> Chiamerò brevemente *spinterometro sensibile* e *scintilla sensibile* (sottintendi « all'azione della luce ultravioletta ») rispettivamente lo spinterometro soggetto all'azione della luce ultravioletta proiettata dallo specchio, e la scintilla che scocca tra le sue punte.

sensibile non fosse quella stessa da esaminarsi spettrograficamente; e questa necessità mi condusse a modificare l'esperienza nel modo seguente.

§ 3. — Interruppi il circuito di scarica in un altro punto intercalandovi un secondo spinterometro E (vedi fig. 2) il quale veniva così a trovarsi in serie col primo.

Fig. 2.



In serie allo spinterometro I è posto ora sul circuito di scarica di C anche lo spinterometro E. La scarica viene, come nella disposizione della fig. 1, provocata per effetto fotoelettrico, e lo specchio *s* proietta l'immagine *e* della scintilla dello spinterometro E sullo schermo  $\Sigma$ . Pur di collocare opportunamente lo spinterometro E, l'immagine *e* può esser proiettata ove più sarà conveniente (per le mie ricerche sulla fenditura dello spettrografo), invece l'immagine *i* si formerà sempre sulla parete anteriore della lanterna.

Anche con tale disposizione la scarica nel circuito si iniziava quando il primo spinterometro riceveva dallo specchio rotante la luce dell'arco; inoltre la scintilla del se-



condo spinterometro poteva essere, senza pregiudizio della concordanza delle immagini, assai più lunga (2 — 3 mm. di più) di quella sensibile (la quale rimaneva a 2 — 3 mm.).

Con la disposizione dei due spinterometri in serie raggiungansi questi tre vantaggi:

1.° di variare a volontà il metallo formante le punte del secondo spinterometro, usando anche i metalli meno sensibili all'effetto fotoelettrico.

2.° di proiettare, con lo stesso specchio usato per l'illuminazione dello spinterometro sensibile, pur di collocare opportunamente il secondo spinterometro, l'immagine della scintilla di questo stesso spinterometro nel posto più conveniente (che nel caso delle mie ricerche spettrografiche sarà poi la fenditura dello spettrografo), mentre invece l'immagine della scintilla sensibile è in ogni caso proiettata necessariamente sulla sorgente luminosa che la determina.

3.° di fare uso eventualmente di potenziali più elevati.

§ 4. — La disposizione sperimentale definitiva si basa appunto su quella usata nell'esperienza dei due spinterometri (§ 3).

Perciò l'apparecchio sperimentale consiste essenzialmente, (vedi Tav. I):

di uno spettrografo per la ricezione fotografica degli spettrogrammi;<sup>1</sup>

di un circuito di scarica costituito da un condensatore C, da un elica L di filo grosso di rame, e da due spinterometri in serie; uno, I, è quello sensibile, l'altro, E, è quello

---

<sup>1</sup> In figura è rappresentata solo la testata T del collimatore dello spettrografo;  $\varphi$  ne è la fenditura.

delle scintille delle quali si deve esaminare lo spettro; l'e-lica può esser so-tituuta con uua resistenza  $R$  non indut-tiva, cosicchè si possono ottenere scariche oscillanti o continue ;

di una macchina elettrostatica multipla<sup>1</sup> per caricare il condensatore;

di un arco elettrico,  $A$ , tra elettrodi di ferro quale sorgente di radiazioni ultraviolette per l'effetto fotoelettrico;

di uno specchio concavo rotante  $s$  che proietta inter-mittentemente la luce dell'arco sulle punte dello spintero-metro sensibile per provocare la scarica, e nello stesso tempo proietta l'immagine della scintilla di  $E$  sulla fenditura dello spettrografo; lo specchio deve avere il suo centro di figura sull'asse ottico  $x y$  del collimatore.

Accennerò solo ai particolari più importanti di questa disposizione.

§ 5. — Le parti diottriche dello spettrografo sono in vetro *Uviol*; perciò lo spettro si estende nell'ultravioletto fino a 3000 unità  $\text{Å}$ . circa.

Davanti alla metà circa della fenditura dello spettrografo e aderente a questa, è teso trasversalmente un filo nero che serve per ottenere negli spettrogrammi una linea di rife-rimento trasversale alle righe dello spettro, la quale for-nisce quindi una sicura indicazione di contemporaneità su tutte le righe.

Lungo uno dei bordi della stessa fenditura è fissata una scala millimetrata riferendosi alla quale si può giudicare se le immagini delle scintille proiettate sulla fenditura si for-mano sempre nel medesimo posto.

---

<sup>1</sup> Non è rappresentata nella figura.

Infine aderente alla fenditura dello spettrografo, esternamente al collimatore, è collocata una lente convergente Q di quarzo, di distanza focale appropriata, che proietta l'immagine dello specchio sui prismi dello spettrografo cosicchè anche quando l'immagine della scintilla proiettata dallo specchio sulla fenditura cade verso le estremità di questa, si impegna ugualmente tutta l'apertura del sistema ottico, in modo da non avere lungo le righe dello spettro altre variazioni di intensità che quelle dovute effettivamente alla scintilla.

Dinanzi alla fenditura dello spettrografo, che è posta verticalmente, è collocato lo specchio concavo rotante  $s$ ; il suo asse di rotazione è perpendicolare all'asse ottico del collimatore ed alla fenditura dello spettrografo, e il suo centro di figura dista da questa un poco meno del doppio della distanza focale. Lo specchio è mosso dal motorino elettrico M.

L'arco elettrico A fra elettrodi di ferro è racchiuso in una lanterna P, posta alla stessa altezza e di fianco del collimatore, la quale ha anteriormente uno schermo fornito di una fenditura orizzontale F lunga, in direzione orizzontale, 6 mm. e di larghezza variabile. Collocato immediatamente accanto a questa fenditura è il sistema ottico O costituito da tre lenti di quarzo fortemente convergenti (complessivamente 24 diottrie) che forma sullo specchio l'immagine dell'arco ingrandita. Dalla lanterna non può uscire altra luce che quella proiettata sullo specchio.

I vantaggi che si ritraggono dal sistema ottico O sono due: utilizzare tutto il fascio luminoso uscente dalla lanterna, impedire che varii l'illuminazione dello spinterometro sensibile per piccoli ed inevitabili spostamenti dell'arco tra i due elettrodi di ferro.

Tanto le punte dello spinterometro sensibile, quanto

quelle dello spinterometro E sono da mettere e togliere; quindi possono essere cambiate e fatte del metallo e della forma che si vuole. Quelle dello spinterometro E debbono essere del metallo di cui si studia lo spettro, quelle dell'altro spinterometro di un metallo che risenta in maniera cospicua l'azione fotoelettrica della luce nel provocare la scarica: io adottai quasi sempre il rame.

Le punte di ciascun spinterometro sono poste coassialmente tra loro e la distanza esplosiva in ciascuno di essi è di 2 — 3 mm.

I due spinterometri sono disposti in modo che lo specchio proietti contemporaneamente su quello sensibile l'immagine della fenditura F della lanterna e sulla fenditura del collimatore l'immagine dello spinterometro E.

Dinanzi allo spinterometro E, e distante dalle punte di questo 2 mm. circa, è messo verticalmente e parallelamente alle punte un piccolo schermo K fornito di una fenditura orizzontale  $f$ , lunga in direzione orizzontale 4 mm. e larga 1 mm. Questo diaframma è disposto in modo che lo specchio veda le punte dello spinterometro E attraverso la fenditura  $f$  in maniera simmetrica rispetto a questa, e serve a ottenere che l'immagine della scintilla proiettata sulla fenditura del collimatore abbia un aspetto costante, o per meglio dire che essa per qualunque posizione dello specchio e in ogni istante, sia limitata sempre dallo stesso contorno. In questo modo veniva tolto l'inconveniente, delle variazioni di forma delle scintille.

Lo spinterometro E è fissato sopra una slitta porta utensili da tornio, manovrando i comandi della quale si può portare a punto l'immagine della scintilla esattamente sulla fenditura del collimatore.

§ 6. — L'osservazione delle immagini proiettate sulla fenditura aveva importanza fondamentale per invigilare l'andamento dell'esperienza e di conseguenza decidere dell'attendibilità degli spettrogrammi ottenuti: infatti gli spettrogrammi impressionati con serie di immagini che presentassero tra loro numerosi scarti non dovevano esser presi in considerazione. Ma sul criterio di scelta degli spettrogrammi ritornerò fra breve. (V. fine del § 8).

Qui noterò che per l'osservazione delle immagini proiettate sulla fenditura del collimatore mi servii con grande utilità di un piccolo cannocchiale H posto quasi in linea del collimatore e puntato sulla fenditura di questo.

Considerata una lunga serie di scintille consecutive, prendevo come *scarto* di ciascuna immagine il numero di divisioni della scala fissata lungo un bordo della fenditura, comprese tra la divisione sulla quale essa si era iniziata e quella sulla quale le immagini delle scintille della serie si erano iniziate il più gran numero di volte. Riporto come esempio le percentuali degli scarti osservati in quattro diverse serie ciascuna di cento scintille consecutive. I numeri positivi indicano che gli scarti sono avvenuti nel senso stesso in cui l'immagine si andava formando, i negativi nel senso opposto.

SCARTI	Percentuali degli scarti osservati nella			
	I serie di sciuttille	II serie di scintille	III serie di scintille	IV serie di scintille
compresi tra — 2 mm. e — 1 mm.	0 %	0 %	0 %	0 %
» — 1 » 0 »	0 %	2 %	1 %	2 %
» 0 » $\frac{1}{2}$ »	<b>47 %</b>	<b>55 %</b>	<b>58 %</b>	<b>81 %</b>
» $\frac{1}{2}$ » 1 »	14 %	8 %	11 %	3 %
» 1 » 2 »	7 %	7 %	5 %	0 %
» 2 » 3 »	3 %	4 %	0 %	1 %
» 3 » 4 »	7 %	3 %	0 %	0 %
» 4 » 5 »	6 %	0 %	3 %	0 %
» 5 » 6 »	3 %	2 %	0 %	0 %
» 6 » 7 »	2 %	1 %	0 %	0 %
maggiori di 7 mm. ma relativi ad immagini che si iniziavano sulla scala	1 %	5 %	3 %	13 %
relativi ad immagini <i>non</i> proiet- tate sulla scala <sup>1</sup>	10 %	13 %	19 %	0 %

Questa tabella dà una buona idea del grado di concordanza raggiunto dalle immagini proiettate sulla fenditura. Richiamo l'attenzione sulla quarta serie: su 87 immagini, 81 (cioè il 93 % circa) si sono formate con lo spostamento

<sup>1</sup> La scala aveva una lunghezza totale di 5 cm.; lo scarto di queste immagini *non* proiettate sulla scala era certo maggiore di 4 — 4,5 cm.

massimo tra loro di  $\frac{1}{2}$  mm. Serie dunque veramente ottima; se si considera che nelle condizioni delle esperienze spettrografiche definitive *un mezzo millimetro della scala era* (per le velocità dello specchio usate in generale) *1/16 circa della distanza che separava due massimi luminosi delle immagini della scintilla in esame: ciò che è equivale a dire che due scintille le cui immagini presentassero una differenza di scarti di  $\frac{1}{2}$  mm. avevano le loro oscillazioni luminose sfasate di  $22^\circ$  circa e si iniziavano rispetto al momento di concordanza con un intervallo di tempo di  $1/1000000$  di secondo circa.*

§ 7. — Le esperienze spettrografiche eseguite si riferiscono a questi tre casi:

A) Scintille tra elettrodi di un medesimo metallo ottenute con scariche oscillanti;

B) scintille tra elettrodi di metalli diversi ottenute con scariche oscillanti;

C) scintille tra elettrodi di un medesimo metallo ottenute con scariche continue di breve durata (brusche).

Cambiando nell'apparecchio sperimentale sopra descritto, le punte dello spinterometro E, e inserendo nel circuito di scarica del condensatore C l'elica L oppure la resistenza non induttiva R (ad acqua acidulata) si realizzavano le condizioni necessarie per sperimentare sui metalli voluti sia con scariche oscillanti, sia con scariche continue.

## A — Scintille tra elettrodi del medesimo metallo.

## Scariche oscillanti.

§ 8. — Le condizioni del circuito di scarica furono le seguenti:

periodo d'oscillazione delle scariche:  $35 \times 10^{-6}$  secondi;

coefficiente d'auto-induzione dell'elica L:  $48 \times 10^{-5}$

henry;

capacità del condensatore C:  $65 \times 10^{-9}$  farad:

distanze esplosive dei due spinterometri: 2-3 mm.

Mi sono limitato *allo studio delle variazioni che lo spettro della parte mediana delle scintille subisce durante le prime oscillazioni della scarica*; quindi le immagini delle scintille dello spinterometro E proiettate dallo specchio sulla fenditura dello spettrografo si iniziavano sulla stessa fenditura e da queste erano divise per metà.

I metalli presi in esame furono:

alluminio, calcio, piombo, tallio, bismuto, magnesio, zinco, cadmio, zinco amalgamato, cadmio amalgamato.

Ritenni come tollerabili (non *dannosi*) gli scarti minori di mezzo millimetro (che era il più piccolo che potessi apprezzare bene con l'uso del cannocchiale H); cioè considerai come praticamente concordanti due immagini che fossero spostate, l'una rispetto all'altra, al massimo di mezzo millimetro.

[L'influenza di questa tolleranza nell'attendibilità dello spettrogramma dipendeva evidentemente dalla velocità posseduta dallo specchio. (V. fine del § 6)].

Invece considerai *dannosi* tutti gli scarti maggiori di mezzo millimetro e che si riferivano ad immagini cadute (almeno in parte) sulla fenditura.



Nella scelta degli spettrogrammi mi attenni poi al seguente risultato tratto dall'esperienza: *se le scintille le cui immagini presentavano scarti dannosi erano in numero non superiore all'8 per cento di quelle necessarie per ottenere in fotografia una certa riga, il disturbo che queste scintille dagli scarti dannosi, portavano all'immagine fotografica della riga, era trascurabile.*

§ 9. — I caratteri più notevoli che presentano le righe degli spettri esaminati in questa serie *A* di esperienze sono:

*a)* Variazioni, passando dall'uno al successivo mezzo periodo della scarica, dell'intensità luminosa media relativa a ciascun mezzo periodo.

*b)* Variazioni periodiche di intensità, più o meno sensibilmente combinate con le precedenti.

*c)* Differenze di fase tra oscillazioni di intensità luminosa delle varie righe.

Le variazioni di intensità media possono essere aumenti o diminuzioni; in questo secondo caso si può giungere al punto che solo per la prima mezza oscillazione della scarica la riga riesce ad acquistare una intensità apprezzabile. Tutte le righe che compaiono in una mezza oscillazione della scarica compaiono più o meno intensamente, ma quasi sempre in maniera apprezzabile, anche nelle precedenti mezze oscillazioni, cosicchè la prima mezza oscillazione della scarica è quella che dà il numero più grande di righe.

[Il periodo delle oscillazioni luminose delle righe che presentano il secondo carattere è naturalmente uguale a metà del periodo di oscillazione della scarica].

1. — I tre caratteri principali sopra presi in considerazione non risultano indipendenti tra loro; e precisamente l'anticipazione di fase, la variazione periodica ben spiccata

della luminosità, e la variazione di intensità media negativa vanno concordi, e sono presentate dalle righe « enhanced » (rinforzate) del Lockyer.

2. — Invece le righe che presentano variazioni periodiche appena sensibili o nulle, hanno la loro intensità media crescente, non appartengono a quelle date come « enhanced » e sono di più bassa eccitazione.

3. — Tra le righe che presentano variazioni periodiche ben nette di intensità luminosa e per le quali sia stata riconosciuta la dispersione anomala vi sono le H, K del calcio. Queste due righe hanno i loro minimi sempre meno accentuati e l'intensità media crescente, si presentano invertite fin dal loro inizio e mancano di un'anticipazione decisa sulle altre righe. Esse sono date come « enhanced » dallo Steinhaus. Quindi debbono considerarsi come aventi un grado di eccitazione media tra le righe spiccatamente « enhanced » e quelle di bassa eccitazione. Se il Puccianti ha trovato la dispersione anomala per queste righe, ciò è manifestamente dovuto alla loro grande intensità; è noto infatti che esse corrispondono alle due righe più espanse dello spettro solare. D'altra parte il Puccianti ha verificato che questa dispersione anomala si presenta forte nell'arco alternativo in corrispondenza della fase massima e si presenta minima, o nulla addirittura, nella fase d'estinzione della corrente — contrariamente a ciò che succede per la riga 4227 (*g* solare). Il che mostra appunto ad H e K competere un grado più elevato di eccitazione spettroscopica.

4. — Le righe d'un medesimo termine di una serie di righe hanno dipendentemente con la loro intensità, caratteri uguali.

5. — Le righe della prima accessoria presentano varia-

zioni periodiche più o meno accentuate a seconda dei metalli, con minimi successivi via via sempre meno pronunciati.

6. — Le righe d'aria hanno tutte un carattere comune: esse presentano variazioni di intensità periodiche ben nette con lunghe fasi di estinzione; la loro intensità media decresce assai rapidamente; le righe d'aria fini hanno durata più breve delle nebulose, spessissimo compaiono solamente in corrispondenza della prima mezza oscillazione della scarica e anticipano in generale su quelle nebulose.

### **B — Scintille tra elettrodi di metalli diversi. Scariche oscillanti.**

§ 10. — Le scintille studiate furono quelle tra le seguenti coppie di metalli: magnesio-alluminio, cadmio-alluminio, piombo-alluminio, piombo-cadmio, piombo-magnesio.

Le condizioni di queste esperienze relative a scintille tra elettrodi di metalli diversi furono quelle stesse dell'esperienze su scintille tra elettrodi del medesimo metallo.

I risultati ottenuti in questa seconda serie (*B*) di esperienze si possono brevemente così raccogliere:

nello spettro delle scintille tra elettrodi di metalli diversi, ogni riga (del metallo) presenta i medesimi caratteri<sup>1</sup> che possiede nella scintilla tra elettrodi fatti entrambi del metallo cui essa appartiene; ma, nelle mezze oscillazioni della scarica nelle quali risulta positivo l'elettrodo costruito col metallo cui la stessa riga appartiene, la sua intensità è più debole che nelle altre mezze oscillazioni; e questo inde-

---

<sup>1</sup> Compreso anche quello delle reciproche differenze di fase nella oscillazioni luminose con le altre righe del medesimo metallo.

bolimento è tanto più pronunciato, e può giungere fino all'estinzione, in quelle righe che, nelle scintille tra elettrodi dello stesso metallo, presentano variazioni periodiche con minimi bene accentuati e intensità media decrescente.

### **C — Scariche tra elettrodi dello stesso metallo.**

#### **Scarica continua brusca.**

§ 11. — Sostituendo alla autoinduzione  $L$  (vedi § 7) una resistenza ad acqua acidulata (30 ohm circa) la scarica nel circuito della capacità  $C$  risultava continua e di brevissima durata: brusca.

I metalli esaminati furono: calcio, tallio, magnesio, cadmio, alluminio, piombo, bismuto.

Le immagini delle scintille dello spinterometro  $E$ , proiettate dallo specchio sul collimatore, erano anche per le velocità massime del motorino, lunghe al più un 35 mm., e perciò potevano essere proiettate per intero sulla fenditura dello spettrografo.

In queste esperienze relative alle scariche brusche, ho cercato che gli scarti delle scintille fossero addirittura minimi e pochissimo numerosi. Questa minor tolleranza rispetto alle precedenti esperienze, ha la sua ragione nei seguenti fatti:

*a)* che lo spettro subisce, in un tempo relativamente molto minore che nelle scariche oscillatorie, una più profonda variazione di aspetto; riducendosi d'un subito da numerosissime righe, soprattutto d'aria, a poche dal metallo;

*b)* che la variazione di intensità all'inizio della scarica è enormemente grande;

*c)* che l'immagine della scintilla proiettata sulla fenditura del collimatore era per alcuni metalli cortissima anche

usando le massime velocità dello specchio (per esempio per l'Alluminio era di 12 — 13 mm).

Si comprende quindi come per queste ragioni anche piccoli spostamenti nel punto di formazione dell'immagine sulla fenditura fossero dannosissimi alla riuscita dello spettrogramma.

1. — L'inizio della scarica è ricchissimo di righe di aria, la durata delle quali è inapprezzabilmente breve; insieme alle righe d'aria compaiono le righe del metallo debolissime alcune, altre più marcate. Le righe del metallo sono all'inizio deboli o debolissime, alcune fini, altre nebulose; poi rapidissimamente crescono in intensità, indi si estinguono più o meno lentamente.

2. — Le righe del metallo che compaiono sono poche ed in generale deboli; le righe d'aria numerosissime ed intense.

3. — La durata delle righe d'aria è inapprezzabilmente breve, quelle delle righe del metallo varia moltissimo da riga a riga.

4. — La durata delle righe del metallo *non* è tanto più grande quanto più intensa è la riga. Numerosissime righe, anche se molto meno intense di altre del medesimo metallo, hanno durata pressochè uguale (come la 3683 e la 4058 del Pb; le 4227, 4283, 4289, 4299, 4303, 4307, 4318, 4435, 4455 e le H, K dello stesso Ca; etc.). In alcuni casi anzi decisamente maggiore (come la 4481 rispetto alle 3829, 3832, 3838 del Mg.).

5. — Le righe deboli e di durata notevolmente lunga appartengono a quelle che nella prima serie d'esperienze (A) presentano deboli variazioni periodiche di intensità, ed intensità media crescente; esse si iniziano nella scarica brusca con aspetto tanto più fine e tanto più debole quanto

più deboli e meno pronunciate sono le variazioni periodiche di intensità che presentano nella scarica oscillante.

6. — Nella scarica brusca il massimo di intensità luminosa di queste righe tende a ritardare rispetto a quelli delle altre righe; in qualche caso l'inizio di queste stesse righe è così debole da apparire un vero ritardo (vedi ad esempio le 4435, 4455 del Ca).

7. — Le righe che nella scarica oscillante presentano forti anticipazioni sulle altre ed hanno intensità media decrescente e variazioni periodiche di intensità ben decise, in queste scariche brusche si sono manifestate deboli e di breve durata.

8. — Tutto lo spettro ha nel primo momento un aspetto caratteristico di nebulosità che fa pensare che un leggero spettro continuo sia sovrapposto a quello di righe.

\* \* \*

§ 12. — I risultati ottenuti in queste tre serie di esperienze (*A*, *B*, *C*) sono in perfetto accordo con le idee che si hanno sopra la molteplicità spettroscopica degli elementi chimici e quindi ne sono una conferma.

Seguendo appunto queste idee, che essenzialmente consistono nell'ammettere la possibilità di far corrispondere i vari spettri di un medesimo elemento ai valori di un solo parametro « il grado d'eccitazione », è facile rendere ragione dei diversi comportamenti che nella scintilla le righe presentano tra loro o che una medesima riga presenta da momento a momento.

Poichè il valor medio dell'eccitazione spettroscopica da elevato che è all'inizio della scarica va poi a mano a mano abbassandosi con la durata di essa, le righe di bassa ecci-

tazione avranno la loro intensità media crescente, e viceversa quelle di alta eccitazione avranno la loro intensità media decrescente. Analogamente si spiegano le variazioni periodiche di intensità luminosa delle righe, variazioni naturalmente tanto più accentuate quanto più è elevato il grado di eccitazione della riga. Così pure le varie differenze di fase tra i massimi luminosi hanno presumibilmente la loro origine nel fatto che i vapori metallici sono emessi in ogni mezza oscillazione della scarica con un grado di eccitazione che da altissimo al momento dell'emissione va poi durante la stessa mezza oscillazione della scarica rapidamente scemando. I più alti gradi di eccitazione sarebbero quindi presenti nei primi momenti della prima metà di ogni mezzo periodo della scarica, come i più bassi nella seconda metà e nelle fasi di estinzione della corrente elettrica.

Come si vede quando in tutta la durata della scarica si consideri l'intensità media delle righe, avviene rispetto alla molteplicità spettroscopica qualcosa di simile a ciò che avviene, rispetto alla medesima molteplicità, nella durata di una mezza oscillazione della scarica, considerando, bene inteso, in tal caso l'intensità istantanea.

Le differenze di fase tra le oscillazioni luminose delle righe d'un medesimo elemento, sono talora tanto marcate da giungere [come nel caso del Bismuto e dello Zinco] fino all'opposizione.

Ma potrebbe sorgere l'idea che queste differenze di fase fossero in parte apparenti, e che in realtà la ragione degli spostamenti ottenuti nella ricezione fotografica tra i massimi luminosi delle varie righe si dovesse prevalentemente ricercare nel fatto che i vapori del metallo emittenti le varie righe giungono in tempi diversi, dipendentemente dalle velocità possedute, alla regione della scintilla che è esaminata spettrograficamente.

Peraltro nel caso delle mie esperienze, questi spostamenti relativi dei massimi luminosi debbono attribuirsi quasi esclusivamente a vere differenze di fase: le differenti velocità dei vapori emessi non potendo portare in questi stessi spostamenti che un contributo trascurabile anche per la piccolezza dell'intervallo esplosivo. Infatti per il Bismuto la differenza massima tra le velocità molecolari possedute da i vapori emittenti alcune righe e quelle dei vapori emittenti altre righe è di circa 500 m. al secondo.<sup>1</sup> Perciò il ritardo tra il giunger dell'uno e dell'altro vapore al centro della scintilla quando, come nel caso delle mie esperienze, la distanza esplosiva sia di 2 mm., è di  $1/500000$  di secondo. Nel medesimo tempo l'immagine della scintilla proiettata dallo specchio girante sulla fenditura del collimatore, si è spostata di 0,9 mm., (se supponiamo che la velocità dello specchio sia, ad esempio, di 46 giri al secondo) e dato l'ingrandimento dello spettrografo l'immagine dello spettro si è spostato sulla lasta fotografica di 0,8 mm. Ora negli spettrogrammi del Bismuto, ottenuti con questa stessa velocità dello specchio, la differenza delle distanze che i due primi massimi luminosi delle righe che sono in opposizione di fase, hanno dalla linea bianca di riferimento è di circa 6 mm. La differenza tra il valore calcolato e quello trovato sperimentalmente è troppo grande per poterla attribuire ad incertezza nella determinazione delle differenze di fase.

Cosicchè rimane confermato che le differenze di fase tra le variazioni luminose di differenti righe sono effettivamente reali.

---

<sup>1</sup> Vedi *Proceeding of the Royal Society of London*, Volume LXIV, pag. 331.



Le esperienze fatte con scariche oscillanti tra elettrodi di diverso metallo, come quelle sulle scariche continue brusche confermano quanto sopra ho detto circa la scala di eccitazione in cui possono essere ordinati gli spettri di un elemento. Nelle scariche brusche il grado di eccitazione elevatissimo in principio, precipita rapidissimamente dagli alti gradi ai bassi, perciò le righe se d'alta eccitazione avranno durata estremamente breve, se di bassa avranno durata più lunga e raggiungeranno il loro massimo luminoso più tardi. E nel caso delle mie esperienze, in cui avevo preso cure speciali per ridurre l'autoinduzione al minimo, usando per le comunicazioni larghi nastri di metallo, lo spettro d'aria ha nelle scariche brusche decisamente la prevalenza, mentre lo spettro del metallo non abbonda ma anzi manca sovente di righe di alta eccitazione e compare con righe assai deboli. Il che fa pensare che nella luminosità di queste scintille molto brusche i vapori metallici abbiano veramente una parte secondaria.

\* \* \*

Al Prof. Puccianti che volle prodigarmi ammaestramenti e consigli nello svolgimento di questo studio sperimentale esprimo con grato animo la mia più viva riconoscenza.

Istituto di Fisica della R. Università di Pisa, 1920.