

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

cole fra gli elettrodi riesce difficile determinare la pressione a cui passa la massima quantità d'elettricità e le grafiche ce ne danno subito ragione.

La costanza di quel prodotto dimostra che le condizioni di maggiore facilità rispetto alle quantità di elettricità che si scaricano attraverso la scintilla sono le stesse di quelle di maggiore facilità rispetto al potenziale esplosivo (legge di Paschen).

Però le quantità di elettricità scaricate sotto la condizione  $P_m d = \text{cost}$  non sono le stesse ma sono minori per maggiori distanze fra gli elettrodi.

Dalla tabella al n. 4 si rileva infine che la quantità di elettricità scaricata a basse pressioni è sensibilmente indipendente dalla distanza fra gli elettrodi.

Fisica. — *Sulla dispersione elettrica dai metalli riscaldati* (1).

Nota del dott. A. OCCHIALINI, presentata dal Corrisp. A. BATTELLI.

1. È noto che un corpo incandescente non è capace di conservare una carica elettrica, e che la dispersione che ha origine in queste condizioni è dovuta alla presenza di centri elettrizzati nel gas circostante simili in tutto a quelli che accompagnano la dissociazione elettronica provocata dai raggi Röntgen. Questo fenomeno dipende dalle condizioni in cui è posto il corpo incandescente e varia con la natura del corpo stesso; con quella del gas e con la pressione di quest'ultimo. In molti casi si è riconosciuto che la dispersione dei corpi caldi è intimamente collegata con le azioni chimiche che hanno luogo a quelle temperature fra il corpo e il gas circostante; ma è pur certo che il fenomeno si verifica anche quando l'azione chimica manca.

Le particolarità finora note sopra queste dispersioni si riferiscono al diverso comportamento che presentano le elettricità dei due segni. In generale alla pressione atmosferica il riscaldamento dei metalli provoca da questi la dispersione dell'elettricità positiva assai prima che non della negativa.

La presente Nota ha per scopo l'indagine delle particolarità che accompagnano questi fatti e lo studio della loro natura. Le osservazioni che seguono ci permetteranno di render ragione di alcuni fatti noti e ci condurranno a prevederne altri che saranno pienamente confermati dall'esperienza.

2. Il più semplice caso da studiare in questo ordine di fenomeni è la dispersione da quei metalli che nel riscaldamento non subiscono nessun processo chimico. Forse l'unico modo di metterci in tali condizioni consiste nel-

(1) Lavoro eseguito nell'Istituto di Fisica della R. Università di Pisa, diretto dal prof. A. Battelli.

l'adoperare il platino. Con questo metallo ha sperimentato il Mac Clelland (1), per non contare i lavori del Richardson (2) e del Wilson (3) che hanno fatto studi analoghi nei gas rarefatti.

Il Mac-Clelland, in sostanza, arroventava un filo di platino dentro un tubo di vetro in cui era stabilita una corrente gassosa. Questa aveva per scopo di trasportare i gas posti nelle vicinanze del filo caldo e gli joni presenti in essi, sopra un elettrodo in comunicazione con un elettrometro a quadranti e caricato a un certo potenziale positivo o negativo; su questo elettrodo i gas rivelavano le loro cariche eventuali.

I suoi risultati mostrano che, almeno finchè la temperatura non eccede certi limiti, la conducibilità del gas è dovuta alla presenza di soli joni positivi; soltanto quando il platino è portato alla temperatura del calor bianco si ha la presenza delle due specie di joni.

Da questo comportamento l'autore crede di poter dedurre che a temperature non troppo elevate la conducibilità sia dovuta alla ionizzazione dello strato d'aria aderente all'elettrodo, e precisa le circostanze del fenomeno dicendo che solo gli joni positivi, più grossi, sono trasportati dalla corrente d'aria, mentre gli joni negativi posti vicino al filo incandescente neutro, esercitano sopra di esso un'azione induttiva e sono da questo attratti.

Ciò, ripeto, succederebbe per temperature non troppo alte. Per temperature superiori a un certo limite, invece, sempre secondo il Mac Clelland, si avrebbe la ionizzazione di uno strato più grosso di gas e quindi la produzione di elettroni in punti tanto lontani dal filo da non essere più attratti da questo; di qui l'apparizione degli joni dei due segni. Orase ciò fosse, il numero degli joni negativi portati dalla corrente gassosa sull'elettrodo in comunicazione con l'elettrometro dovrebbe essere in ogni caso minore di quello degli joni positivi, giacchè, ammessa vera la spiegazione dell'Autore, gli joni negativi aderenti al filo dovrebbero essere attratti da questo qualunque fosse la temperatura. E siccome a temperature sufficientemente alte l'Autore finisce per trovare che l'elettrodo in comunicazione con l'elettrometro perde nell'unità di tempo la stessa quantità di elettricità, sia che abbia una carica positiva, sia che abbia una carica negativa, mi sembra che la spiegazione data dal Mac Clelland sia contraddetta dalle sue stesse esperienze.

3. Pur tuttavia ho voluto sottoporre l'interpretazione del Mac Clelland ad una riprova sperimentale. Se pure è ammissibile che gli joni negativi generati nel gas esterno al filo sfuggano alla corrente di gas e per induzione elettrostatica siano attratti dal filo stesso quando questo è elettricamente

(1) Proc. Camb. Phil. Soc., vol. 10, 1901, pag. 241.

(2) Proc. Camb. Phil. Soc., vol. 11, 1902, pag. 286.

(3) Phil. Trans. of Roy. Soc., London, vol. 202, Serie A, 1903, p. 243.

neutro, come nel caso del Mac Clelland, ciò non è più concepibile appena il filo venga caricato negativamente. In tal caso, mentre gli joni positivi dovrebbero essere attratti dal filo, quelli negativi dovrebbero essere da questo respinti e la loro carica dovrebbe essere rivelata da un corpo carico positivamente e posto in comunicazione con un elettrometro, nelle stesse condizioni in cui si rivelano gli joni positivi.

Per l'esperienza ho disposto le cose nel modo indicato schematicamente nella fig. 1. P è il filo di platino che si può rendere incandescente per mezzo di una corrente elettrica; E è un elettrodo posto in comunicazione con un elettrometro a quadranti. Il filo di platino era tenuto costantemente in comunicazione con un polo di una batteria di piccoli accumulatori; l'elet-

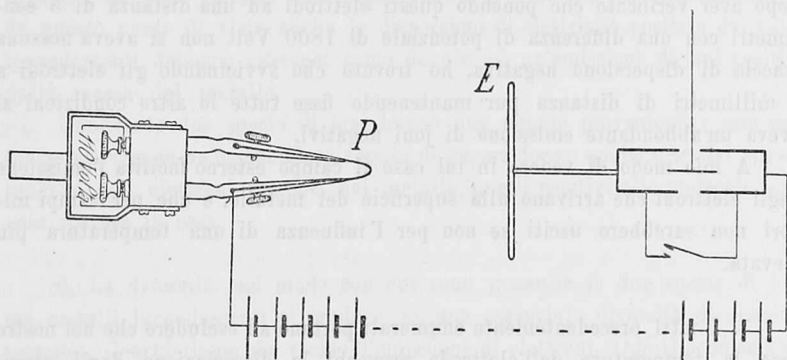


FIG. 1.

trodo E era messo in comunicazione per un istante con l'altro polo della batteria e poi isolato. In tal modo fra E e P si poteva stabilire una differenza di potenziale di 1800 Volt. Mettevo dapprima il filo P in comunicazione con il polo positivo della batteria e riscaldavo il platino. Appena questo era arrivato al calor rosso nascente una abbondante produzione di joni positivi si rivelava con la rapida scarica dell'elettrodo E posto in comunicazione con l'elettrometro. Ciò succedeva anche quando la distanza fra il filo P e l'elettrodo E era superiore ai 6 centimetri. In queste condizioni invertivo il campo, elettrizzando positivamente l'elettrodo e tenendo P in comunicazione col polo negativo della batteria. L'elettrometro allora continuava a mantenere la sua carica indefinitamente.

Questo esclude che all'esterno del filo P siano presenti joni negativi e conseguentemente che il fenomeno della dispersione degli elettrodi caldi sia, come spiega il Mac Clelland, dovuto ad una ionizzazione del gas esterno.

4. Ho, d'altra parte, osservato che portando alla temperatura del calor bianco il filo di platino, si riscontra la presenza di joni negativi; ma penso

che tale produzione sia da collegarsi, non con la ionizzazione del gas, ma con l'uscita degli elettroni dal metallo per l'alta temperatura di questo. A tale riguardo giova ricordare che il Thomson (1) ha accertato che la dispersione negativa dai metalli caldi avviene anche in ambienti estremamente rarefatti, quando, cioè, non è più possibile attribuire il fenomeno all'azione del gas; conseguentemente sarebbe arbitrario il non tener conto di tale dispersione alla temperatura ordinaria.

A conferma di questa conclusione ho osservato che per rivelare la presenza di joni negativi non c'è bisogno di portare al calor bianco la temperatura del platino, ma basta aumentare convenientemente l'intensità del campo, per esempio, con l'avvicinare gli elettrodi P ed E (fig. 1). Infatti dopo aver verificato che ponendo questi elettrodi ad una distanza di 5 centimetri con una differenza di potenziale di 1800 Volt non si aveva nessuna traccia di dispersione negativa, ho trovato che avvicinando gli elettrodi a 8 millimetri di distanza pur mantenendo fisse tutte le altre condizioni si aveva un'abbondante emissione di joni negativi.

A mio modo di vedere in tal caso il campo esterno facilita l'emissione degli elettroni che arrivano alla superficie del metallo, e che per campi minori non sarebbero usciti se non per l'influenza di una temperatura più elevata.

5. I fatti precedentemente enumerati portano ad escludere che nel nostro caso la temperatura dell'elettrodo provochi la dissociazione degli atomi del gas posto fuori dagli elettrodi. Invece essi inducono a ritenere che si abbia una vera emissione di joni positivi e negativi dalla massa del metallo. Ora, per quanto riguarda gli joni negativi dobbiamo ricordare che essi, secondo le nuove teorie della conduzione elettrica dei metalli, sono perfettamente liberi nei metalli stessi attraverso al reticolato rigido costituito dagli joni positivi. Essi possiedono un movimento disordinato del quale la forza viva media costituisce la temperatura assoluta del metallo. Ne viene che con l'elevarsi della temperatura essi aumentano l'energia cinetica, e quest'aumento può raggiungere un tale valore da proiettare gli elettroni fuori del metallo. L'emissione degli joni negativi è dunque spiegabile e prevedibile con le idee moderne sopra la natura dell'elettricità; ma essa, per l'esperienza del Thomson, è anche conseguenza naturale di fatti ben accertati.

Ma per quanto riguarda gli joni positivi la conclusione è diversa, giacchè il Thomson nell'esperienza succitata ha accertato che negli ambienti rarefatti sparisce completamente la dispersione positiva. Ciò porta a concludere che l'emissione degli joni positivi dai metalli caldi sia sempre subordinata alla presenza del gas esterno; ma non esclude che anche gli joni positivi pro-

(1) Phil. Mag. vol. 48, 1899, pag. 547.

vengano dall'interno del metallo, come viene stabilito dalle mie esperienze e dalle considerazioni precedenti. Infatti non si deve dimenticare che i metalli in generale, e il platino in particolare sono atti ad assorbire i gas. Ora mi sembra molto naturale ammettere che quando il metallo è portato all'incandescenza le molecole gassose incluse in esso subiscano una dissociazione che separi da esse un elettrone. L'elettrone così liberato si confonderà con gli altri che sono completamente liberi nella massa del metallo; gli joni positivi restanti rimarranno semplicemente inclusi nel metallo dal quale pur tuttavia si libereranno per stabilire un equilibrio dinamico con le molecole gassose che via via vengono assorbite dal metallo.

Allora è chiaro che gli joni usciti dal metallo saranno definitivamente separati da esso, quando una forza esterna li solleciti ad allontanarsi, e da questo punto di vista anche le dispersioni di elettricità positiva dai corpi incandescenti debbono ritenersi come dovute ad un'emissione di joni positivi dalla massa del metallo.

Dunque le due specie di joni hanno una uguale provenienza; essi tuttavia posseggono un'essenziale diversità di generazione: quelli negativi appartengono agli elettroni presenti nel metallo, quelli positivi alle molecole gassose incluse in esso.

6. La diversità nel modo con cui sono generate le due specie di joni nei metalli incandescenti si traduce in una essenziale diversità di comportamento. Consideriamo da vicino l'emissione di elettroni. Questi sono sempre presenti nel metallo e la loro emissione è subordinata soltanto alla temperatura e all'intensità del campo elettrico. Talchè se fra due elettrodi, di cui quello negativo sia rovente, si stabilisce una conveniente differenza di potenziale è da ritenere che l'emissione di joni negativi sia tanto copiosa da determinare una corrente relativamente intensa fra i due elettrodi.

Se non che aumentando la differenza di potenziale al di là di certi limiti, la dissociazione per urti delle molecole gassose acquista importanza preponderante. Da essa ha origine un numero di joni estremamente grande rispetto a quello che può essere emesso dagli elettrodi nello stesso tempo, e così si ha la scarica esplosiva.

Per evitare che ciò avvenga non v'è altro mezzo che elevare grandemente l'intensità del campo elettrico soltanto alla superficie del catodo e mantenere valori moderati al campo nelle regioni non aderenti al catodo stesso.

Tali condizioni si possono realizzare per mezzo di un elettrodo a punta in comunicazione con il polo negativo; quindi ho creduto degno di osservazione ciò che succede in questo caso.

Ho costruito all'uopo uno spinterometro del quale un elettrodo era formato da un filo di platino e l'altro da una sfera di ottone. Il filo di pla-

tino era piegato ad angolo vivo e così funzionava da punta; esso poteva essere reso incandescente per mezzo di una corrente elettrica ed era posto in comunicazione con il polo negativo di una macchina elettrostatica, mentre la sfera era in comunicazione con il polo positivo. In condizioni ordinarie il campo elettrico assai intenso in prossimità della punta aveva per effetto di imprimere agli joni positivi una tale velocità da dissociare le molecole neutre del gas. Questo processo localizzato nelle immediate vicinanze del filo si rivelava con la stelletta caratteristica della scarica da una punta negativa.

Ma appena si arroventava il filo di platino il fenomeno luminoso non era più limitato alla superficie del catodo, ma si cambiava in un effluvio violaceo che attraversava da un elettrodo all'altro l'intervallo della scarica; questa però era silenziosa e non assumeva mai il carattere di scintilla.

Secondo quanto è stato stabilito sopra, in queste condizioni gli elettroni che, sotto l'impulso della temperatura, arrivano alla superficie del metallo, dotati di una certa forza viva sono estratti, per l'azione del campo esterno, dal metallo stesso. Essi operano un trasporto di elettricità in seguito al quale si ha un abbassamento notevole del campo elettrico. In queste circostanze le dissociazioni avranno ancora luogo e forniranno degli joni alla scarica; ma essi di fronte al numero di elettroni che escono continuamente dal catodo sono ben poca cosa. La scarica è operata quasi totalmente dagli joni negativi e così essa non ha modo di assumere il carattere esplosivo della scintilla.

Giova notare che la scarica che si provoca in queste condizioni ha tutte le caratteristiche dell'arco voltaico. Infatti anche qui come nell'arco gli joni negativi escono dal catodo incandescente e mantengono quasi da soli la conduzione dell'elettricità fra gli elettrodi (1). Nelle loro linee schematiche i due fenomeni sono identici; essi differiscono nelle circostanze accessorie per la diversità delle loro proporzioni. In particolare nell'arco gli joni positivi formati per urto sulle molecole gassose sono quelli che, precipitandosi sul catodo lo mantengono incandescente e lo pongono così in grado di emettere un numero di elettroni sufficiente alla conduzione; nella scarica per effluvio studiata qui sopra, il riscaldamento è ottenuto indipendentemente dal fenomeno della scarica. Per questa ragione la scarica ad effluvio non ha bisogno dell'adesamento che è indispensabile nel caso dell'arco voltaico.

7. Ben diversamente si presenta il fenomeno nel caso che la punta sia positiva. Allora l'elettrodo contiene gli joni positivi generati dalla dissociazione degli atomi gassosi inclusi nel metallo. E anche in questo caso il campo elettrico esterno può estrarre quegli joni che nei loro movimenti raggiungono la superficie dell'elettrodo; ma il numero di questi è subordinato alla massa

(1) A. Occhialini, *I gas compressi come dielettrici e come conduttori*. Pisa, Mariotti, 1906, pag. 117.

totale di gas assorbito dal metallo e in ogni caso è incomparabilmente minore di quello degli elettroni che si trovano nelle stesse condizioni quando la punta è negativa.

Ne segue che con l'aumentare della forza elettrica esterna allorchè l'elettrodo è positivo, non c'è mai da aspettarsi quel considerevole aumento di joni che si è riscontrato quando l'elettrodo era negativo. Perciò la grande intensità che ha il campo in prossimità di una punta non può servire, nel caso che questa sia positiva, a estrarre tanti joni da bastare alla scarica; così che un arco costituito di soli joni positivi con questo mezzo non è realizzabile.

Tuttavia gli joni che escono da una punta metallica riscaldata non possono essere senza azione sopra l'effluvio positivo uscente da essa; giacchè per effetto di questi joni la distribuzione del campo intorno all'elettrodo viene profondamente modificata. Infatti nelle condizioni ordinarie di temperatura la regione aderente alla punta è in prevalenza occupata dagli joni negativi. Questo fa che si abbiano di fronte due cariche di segni opposti vicinissime: quella positiva della punta e quella negativa del gas. Fra l'una e l'altra si realizza in conseguenza un intenso campo elettrico nel quale i centri elettrizzati assumono l'energia necessaria per dissociare le molecole neutre e per fornire un numero di joni atto a operare la scarica fra gli elettrodi. Ma appena la punta viene riscaldata, un certo numero di joni positivi attraversa la regione occupata in precedenza dagli joni negativi, li neutralizza in parte e diminuisce l'intensità della forza elettrica nelle regioni aderenti al catodo. Allora da un lato le dissociazioni avvengono meno frequentemente e con ciò si diminuisce il numero degli joni che operano la scarica; dall'altro i nuovi joni estratti dall'elettrodo sono troppo pochi per supplire quelli perduti. Quindi l'effetto prevedibile del riscaldamento di una punta elettrizzata positivamente è di rendere più difficile la scarica.

8. L'esperienza verifica completamente queste previsioni. Usando lo spinferometro descritto sopra e mettendo l'elettrodo appuntito in comunicazione con il polo positivo della macchina e l'altro elettrodo col polo negativo, ho verificato che il riscaldamento ha un'azione impedita sull'effluvio positivo. Il fiocco caratteristico di quest'ultimo viene in tal caso eliminato e sostituito da una scintilla; nello stesso tempo il potenziale esplosivo viene aumentato notevolmente.

Qui sotto ho riportato i risultati delle misure del potenziale esplosivo fatte in queste condizioni per mezzo di un elettrometro del Righi:

Corrente riscaldante	Potenziale esplosivo in unità arbitrarie
0 Amp.	25.1
14.25 "	30.1



L'apparizione della scintilla al posto dell'effluvio è una conseguenza naturale della cessata produzione di joni per urto in vicinanza della punta. Infatti in tal caso la scarica si arresta, il potenziale fra gli elettrodi cresce finchè i joni presenti, assumendo velocità sufficientemente alte, acquistano energia sufficiente da dissociare il gas in tutto l'intervallo della scarica. Ma allora la scarica è, come ha dimostrato il Townsend (1), esplosiva.

9. Fin qui mi sono limitato a considerare la dispersione semplice dagli elettrodi caldi: la dispersione complicata da dissociazioni per urto formerà l'argomento di una prossima Nota nella quale esporrò le particolarità presentate dalla scintilla fra elettrodi incandescenti.

*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 (2).* Nota di A. BEMPORAD, presentata dal Corrispondente A. RICCÒ.

4. *Applicazione della formola IV alle osservazioni attinometriche eseguite nell'Osservatorio di Catania il 18 Agosto 1904.* — Nel detto giorno vennero da me eseguite nell'Osservatorio astrofisico di Catania osservazioni attinometriche continuate dal levar del sole fino alla culminazione meridiana con un attinometro di Arago (coppia di termometri, l'uno a bulbo ordinario, l'altro a bulbo affumicato, racchiuso ciascuno in un involuppo di vetro, dov'è praticato il vuoto). Ho cercato di rappresentare colle quattro formole (I ... IV) indicate nella precedente nota i valori osservati della intensità della radiazione, ammessa come proporzionale alla differenza delle letture ai due termometri. Per determinare il valore di  $n$  relativo alla formola IV, ho ricavato dalla tabella comunicata sopra i valori di  $\epsilon$ ,  $\epsilon^{0,9}$ , ...,  $\epsilon^{0,5}$  corrispondenti alle distanze zenitali delle due osservazioni estreme e di una intermedia, e precisamente:

	Intensità della radiazione	Distanza zenitale apparente	Potenze dello spessore atmosferico attraversato					
			$\epsilon$	$\epsilon^{0,9}$	$\epsilon^{0,8}$	$\epsilon^{0,7}$	$\epsilon^{0,6}$	$\epsilon^{0,5}$
1 <sup>a</sup> osservazione	$q_1 = 0^{\circ},36$	$z_1 = 89^{\circ},40$	31,13	22,07	15,65	11,10	7,87	5,59
2 <sup>a</sup> "	$q_2 = 4,60$	$z_2 = 80,14$	5,67	4,77	4,01	3,37	2,83	2,38
3 <sup>a</sup> "	$q_3 = 10,30$	$z_3 = 24,36$	1,09	1,09	1,07	1,06	1,06	1,05

(1) Phil. Mag., vol. 8, 1904, pag. 738.

(2) V. nota precedente a p. 66.