

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI
ANNO CCCXVI.

1919

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XXVIII.

2° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL DOTT. PIO BEFANI

1919

Fisica. — *Sulla costituzione delle radiazioni catodiche nel tubo Coolidge* ⁽¹⁾. Nota del prof. VIRGILIO POLARA, presentata dal Socio T. LEVI CIVITA ⁽²⁾.

Si ammette generalmente che i raggi catodici consistono di particelle elettrizzate identiche, le quali si susseguono incessantemente sulla traiettoria sensibile del raggio, pur rimanendo abbastanza spaziate da non influenzarsi mutuamente (regime balistico).

Ora, se le esperienze del Perrin hanno definitivamente accertato che i raggi catodici constano di particelle elettrizzate negativamente in movimento, nessun dato sperimentale è ancora intervenuto a mettere fuori di dubbio che si possano realmente trascurare le azioni reciproche dei corpuscoli succedentisi nel raggio, dovendosi in generale invece considerare l'evenienza che tali cariche si succedano con frequenza qualunque, ed in particolare con frequenza così rapida da potere considerare il fenomeno come un flusso continuo (regime idraulico).

Il Levi-Civita ⁽³⁾, prospettando per il primo questa eventualità, ha fatto notare che mentre nel primo caso, com'è intuitivo, l'ampiezza delle deviazioni dovute a campi magnetici esterni deve riuscire indipendente dall'intensità del flusso d'elettroni emanati dal catodo, nel caso invece della non validità del regime balistico tale deviazione deve diminuire al crescere dell'intensità del flusso, dovendo sussistere la legge della proporzionalità inversa nel caso-limite del regime idraulico.

Senza l'ausilio di dati sperimentali in proposito, i fenomeni in questione non si sa se rappresentarli con lo schema stabilito dal Levi-Civita ⁽⁴⁾ con la sua teoria assintotica delle radiazioni elettriche o con quello prospettato recentemente dal Signorini ⁽⁵⁾, che rappresenta un notevole progresso sulle precedenti rappresentazioni provvisorie ed incomplete, poggiate su ipotesi ausiliarie di speciali comportamenti cinematici dell'elettrone in moto. Donde la necessità, ad evitare che le teorie ricordate rappresentino mere speculazioni concettuali senza alcun pratico interesse, che esperienze risolutive sag-

⁽¹⁾ Lavoro eseguito nell'Istituto fisico della R. Università di Catania.

⁽²⁾ Pervenuta all'Accademia il 14 luglio 1919.

⁽³⁾ Levi-Civita, N. C., 1909, vol. XVIII.

⁽⁴⁾ Levi-Civita, Rend. Acc. Lincei, 1909, 1° semestre.

⁽⁵⁾ Signorini, N. C. 1912, vol. IV.

gino il fondamento stesso delle ipotesi ed assicurino che vige nelle emissioni catodiche l'uno o l'altro dei regimi indicati. Non è certamente facile, ideare un dispositivo nel quale si possano generare raggi catodici di intensità variabile, fissi restando tutti gli altri elementi, giacchè, mentre nei tubi Crookes ordinari la quantità di elettricità emessa dal catodo in un secondo (intensità) può solo essere influenzata dalla differenza di potenziale fra anodo e catodo, che riflettendosi sulla velocità dei corpuscoli altera per conto proprio la deviabilità dei raggi in campo magnetico, nei comuni tubi Whenelt a raggi catodici lenti la intensità della corrente ausiliaria, che porta all'incandescenza il catodo, non può variare che entro limiti ristretti. Più opportuno sarà quindi tentare di trar profitto delle preziose proprietà riscontrate recentemente nei tubi Coolidge per risolvere l'importante questione prospettata dal Levi-Civita.

Secondo le ricerche di Boll e Mallet ⁽¹⁾ invero l'intensità del flusso catodico in tali tubi cresce col crescere della corrente che alimenta la spirale di tungsteno che ne costituisce il catodo, almeno finchè non si oltrepassi un certo valore della intensità della corrente ausiliaria alimentatrice, mentre la differenza di potenziale fra anodo e catodo può conservare quel valore, invariabile, che meglio risponde alle esigenze della ricerca.

Occorrerà naturalmente dar forma conveniente al tubo Coolidge perchè possa osservarsi la deviazione magnetica dei raggi catodici in esso generati, e credo che sia opportuna, dato l'alto grado di rarefazione, una disposizione analoga a quella ideata dal Lenard ⁽²⁾ per la determinazione del rapporto $\frac{e}{m}$

dei corpuscoli emanati dalle lamine battute da raggi ultravioletti nei vuoti spinti: l'anticatodo, forato al centro, dovrà essere messo al suolo perchè funzioni da schermo per la parte residua del tubo, dove un elettrodo piano metallico, disposto nella regione perpendicolare insieme con la direzione del fascio catodico e con quella del campo magnetico adoperato, sarà collegato ad un elettrometro.

L'osservazione della massima deviazione all'elettrometro, dell'intensità di corrente che genera il campo magnetico deviatore e della corrente che alimenta nei vari casi la spirale di tungsteno, potrà fornire gli elementi per la ricerca.

Essa non si presenta a tutta prima molto difficile, per quanto è possibile prevedere, dal lato sperimentale: date però le modeste risorse di questo Laboratorio e le attuali difficoltà di provvedersi all'estero del materiale occorrente (difficoltà rese ancor più gravi dalle autorizzazioni ministeriali ri-

⁽¹⁾ Boll et Mallet, Journal de physique, 1916, mai-juin, pag. 169.

⁽²⁾ Lenard, Ann. d. phys., II, pag. 359, an. 1900; cfr. anche Thomson, Cond. electr. trough. gases, pag. 137.

chieste dalle disposizioni vigenti) non posso nutrire sicura fiducia di avere presto a disposizione un tubo Coolidge che risponda allo scopo.

Credo però che la via indicata sia ben adatta: ed è perciò che l'addito comunque a chi potrà studiare il problema con maggiore ricchezza di mezzi sperimentali.

La non validità del regime balistico a me pare risulti però da altre considerazioni.

Ammesso infatti che sia trascurabile l'azione mutua dei corpuscoli emananti da un catodo riscaldato, il Richardson (¹) ha dedotto la relazione

$$I = A \theta^{\frac{1}{2}} e^{-\frac{b}{\theta}}$$

fra l'intensità I della corrente di ionizzazione (adotteremo questa denominazione per distinguerla dalla corrente che alimenta il catodo) generata e la temperatura assoluta θ del filamento che costituisce il catodo, A e b essendo due costanti determinate.

Al crescere della temperatura del filamento, in accordo con i risultati sperimentali ottenuti dal Richardson stesso per il caso di filamenti di carbone, dovrà quindi aumentare indefinitamente la corrente di ionizzazione.

Ma più accurate esperienze eseguite da Pring e Parker (²), con filamenti di carbone preventivamente sottoposti a speciali processi di progressiva purificazione, e disposti in ambienti a pressione variabile da mm. 0,001 a mm. 0,027 di mercurio, han messo in evidenza che le variazioni della corrente di ionizzazione con la temperatura del filamento (o anche con la corrente che lo alimenta) diventano sempre meno sensibili a misura che questa si innalza, per modo che già a 1800° circa la corrente di ionizzazione cresce quasi insensibilmente con la temperatura.

Analogo risultato è stato ottenuto da Boll e Mallet (³) nelle spirali di tungsteno dei tubi Coolidge, in cui la corrente di ionizzazione cresce dapprima notevolmente col crescere della corrente alimentatrice della spirale, ma finisce poi per assumere un valore sensibilmente costante.

È quindi da ritenere che le azioni elettriche e magnetiche esercitate su ciascun corpuscolo dall'insieme degli altri non sieno, in tali condizioni, trascurabili, ciò che implica in fondo l'instaurazione d'un regime che, scostandosi notevolmente da quello balistico, si approssimi a quello idraulico.

Nè vale l'importante osservazione di Richardson e Brown (⁴) che computando il numero di corpuscoli presenti ad ogni istante fra una lamina di platino incandescente ed un'altra lamina parallela distante mm. 2, dedu-

(¹) Richardson, *Phyl. Trans.*, a. 1903, vol. CCI, pag. 497.

(²) Pring e Parker, *Phyl. Magz.*, 1912, vol. 23, pag. 199.

(³) Boll et Mallet, *loc. cit.*

(⁴) Richardson e Brown, *Phyl. Magz.*, 1908, vol. 16, pag. 375.

condolo dal massimo di corrente osservata e dall'ipotesi che valga la legge di Maxwell per la distribuzione dei quadrati delle velocità fra gli elettroni emessi, si ottiene un valore così esiguo (cinque appena) da doversi escludere senz'altro l'ipotesi di azioni reciproche fra i corpuscoli presenti, giacchè tale computo si riferisce al caso che fra le due lamine di cm^2 0,1 di superficie non sia stabilita alcuna differenza di potenziale, nel qual caso la corrente di ionizzazione osservata assume solo valori dell'ordine di $4,7 \times 10^{-11}$ Ampères.

Si noti invece che nel caso dei filamenti di carbone adoperati da Parker e Pring ⁽¹⁾, quando la differenza di potenziale fra anodo e catodo è di 200 Volta circa, la corrente di ionizzazione alla temperatura di 1800° assume valori di $8,6 \times 10^{-6}$ Ampères per cm^2 di catodo; e nel caso dei filamenti di tungsteno di cm^2 0,04 di estensione adoperati da Richardson e Bazzoni ⁽²⁾, quando fra anodo e catodo si stabilisce la differenza di potenziale di 20 Volta circa, si nota una corrente che cresce bruscamente, a quel potenziale, da 11×10^{-5} a 11×10^{-4} Amperes. E se la superficie catodica fosse, nelle indicate esperienze di Pring e Parker e di Richardson e Bazzoni, di cm^2 0,1, come nel caso prospettato da Richardson e Brown nel computo di cui mi sto occupando, le correnti assumerebbero rispettivamente i valori di

$$8,6 \times 10^{-6} \times 10^{-1} = 8,6 \times 10^{-7} \text{ Amperes}$$

$$\frac{11 \times 10^{-5}}{4 \times 10^{-2}} \times 10^{-1} = \frac{11}{4} \times 10^{-4} = 2,7 \times 10^{-4} \text{ Amperes,}$$

quando in questo secondo caso ci si limiti a considerare la corrente che vige prima del brusco innalzamento.

D'altra parte nelle esperienze di Pring e Parker essendo i due elettrodi disposti alla distanza di cm. 4,8, la differenza di potenziale di 200 Volta = 200×10^8 U. E. M., stabilita fra anodo e catodo, determina un campo d'intensità

$$X = \frac{200 \times 10^8}{4,8} = \frac{2}{4,8} \times 10^{10} = 4 \times 10^9 \text{ dine per cm.,}$$

mentre nelle esperienze di Richardson e Bazzoni, supposto che la distanza fra gli elettrodi sia di cm. 2 (essa non risulta dal lavoro dei citati autori), la differenza di potenziale di 20 Volta = 20×10^8 U. E. M., stabilita fra anodo e catodo, determina un campo d'intensità

$$X' = \frac{20 \times 10^8}{2} = 10^9 \text{ dine per cm.}$$

⁽¹⁾ Parker e Pring, loc. cit., pag. 199.

⁽²⁾ Richardson e Bazzoni, Phyl. Magz., 1916, vol. 32, pag. 426.

È facile di trovare ora un limite inferiore del numero dei corpuscoli presenti fra due lamine di cm² 0,1 di estensione e fra loro distanti 2 mm., riferendosi al regime di corrente avuto da Pring e Parker e da Richardson e Bazzoni rispettivamente, giacchè il tempo t e t' impiegato da ogni corpuscolo, lanciato dal catodo con la velocità iniziale $u = 1,5 \times 10^7$ cm. per secondo (1), a percorrere lo spazio $s = 2 \times 10^{-1}$ cm. sotto l'azione del campo $X = 4 \times 10^9$ dine per cm., ed $X' = 10^9$ dine per cm., sarà fornito rispettivamente dai valori positivi delle radici delle equazioni

$$\begin{aligned} s &= ut + \frac{1}{2} ft^2 & \text{o} & \quad \frac{1}{2} ft^2 + ut - s = 0 \\ s &= ut' + \frac{1}{2} f' t'^2 & \text{o} & \quad \frac{1}{2} f' t'^2 + ut' - s = 0, \end{aligned}$$

essendo

$$\begin{aligned} f &= X \frac{e}{m} = 4 \times 10^9 \times 1,7 \times 10^7 = 6,8 \times 10^{16} \\ f' &= X' \frac{e}{m} = 10^9 \times 1,7 \times 10^7 = 1,7 \times 10^{16}. \end{aligned}$$

Sarà quindi

$$t = \frac{-u + \sqrt{u^2 + 2fs}}{f} \quad , \quad t' = \frac{-u + \sqrt{u^2 + 2f's}}{f'}.$$

Ora

$$\begin{aligned} \sqrt{u^2 + 2fs} &> \sqrt{2fs} = \sqrt{2 \times 6,8 \times 10^{16} \times 2 \times 10^{-1}} = \\ &= \sqrt{27 \times 10^{15}} = \sqrt{2,7 \times 10^{16}} = 1,6 \times 10^8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} -u + \sqrt{u^2 + 2fs} &> 1,6 \times 10^8 - 1,5 \times 10^7 > 1,6 \times 10^8 (1 - 1/10) = \\ &= 1,6 \times 9 \times 10^7 = 14 \times 10^7 = 1,4 \times 10^8 \end{aligned}$$

$$t > \frac{1,4 \times 10^8}{6,8 \times 10^{16}} = 0,2 \times 10^{-8} = 2 \times 10^{-9} \quad (1).$$

Analogamente

$$\begin{aligned} \sqrt{u^2 + 2f's} &> \sqrt{2f's} = \\ &= \sqrt{2 \times 1,7 \times 10^{16} \times 2 \times 10^{-1}} = \sqrt{6,8 \times 10^{15}} = 2,6 \times 10^{\frac{15}{2}} \\ -u + \sqrt{u^2 + 2f's} &> 2,6 \times 10^{\frac{15}{2}} - 1,5 \times 10^7 > 2,6 \times \\ \times 10^{\frac{15}{2}} (1 - 10^{-\frac{1}{2}}) &> 2,6 \times 10^{\frac{15}{2}} (1 - 1/3) = \frac{2,6 \times 2}{3} \times 10^{\frac{15}{2}} = 1,7 \times 10^{\frac{15}{2}} \end{aligned}$$

$$t' > \frac{1,7 \times 10^{\frac{15}{2}}}{1,7 \times 10^{16}} = 10^{-\frac{17}{2}} \quad (2).$$

(1) Richardson e Brown, loc. cit., pag. 375.

La corrente $i = 8,6 \times 10^{-7}$ Ampères = $8,6 \times 10^{-8}$ U. E. M. sarà determinata dalla emissione di

$$N = \frac{i}{e} = \frac{8,6 \times 10^{-8}}{10^{-20}} = 8,6 \times 10^{12} \text{ corpuscoli per secondo (3);}$$

e la corrente $i' = 2,7 \times 10^{-4}$ Ampères = $2,7 \times 10^{-5}$ U. E. M. sarà determinata dalla emissione di

$$N' = \frac{i'}{e} = \frac{2,7 \times 10^{-5}}{10^{-20}} = 2,7 \times 10^{15} \text{ corpuscoli per secondo (4).}$$

Un limite inferiore del numero di corpuscoli presenti fra le due lamine, tenute presenti le relazioni (3) ed (1), (4) e (2) rispettivamente, sarà nei due casi, quindi,

$$Nt = 8,6 \times 10^{12} \times 2 \times 10^{-9} = 17 \times 10^3 = 17000$$

$$N't' = 2,7 \times 10^{15} \cdot \frac{1,7}{2} = 2,7 \times 10^{\frac{13}{2}} > 2 \times 10^6.$$

Dati i valori elevati così dedotti — che si accrescono ulteriormente per differenze di potenziale più cospicue fra anodo e catodo — è naturale pensare che non possano essere trascurabili gli effetti mutui dei singoli elettroni presenti, condizione essenziale per la validità del regime balistico.

Fisica terrestre. — *Sulla oscillazione barometrica annua.*
Nota del prof. F. VERCELLI, presentata dal Socio C. SOMIGLIANA (1).

Nelle nostre regioni la curva barometrica è principalmente costituita da un complesso di ondulazioni più o meno ampie, di aspetto irregolare, aventi durate comprese fra un giorno ed un mese circa. La caratteristica ondulazione annua, che nelle zone di tipo nettamente continentale od oceanico si presenta con grande ampiezza e regolarità, da noi si presenta invece con piccola ampiezza e con caratteri non ancora bene definiti, variabili da sito a sito e da anno ad anno.

Lo studio di queste lente variazioni del livello medio barometrico ha notevole importanza nelle ricerche climatologiche, nello studio statistico di alcuni fenomeni, come ad esempio dei temporali (2), e nelle ricerche recenti sull'analisi, la sintesi e la previsione della pressione barometrica (3).

(1) Pervenuta all'Accademia il 15 agosto 1919.

(2) E. Oddone, *La frequenza dei temporali in Val Padana*. Boll. Soc. met. italiana, 1917.

(3) F. Vercelli, questi Rend. giugno 1915, vol. XXV, serie V, fasc. 11; Memorie R. Istituto Lombardo, marzo 1916, vol. XII, serie III, fasc. IX.