

ATTI  
DELLA  
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCCIV.

1907

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XVI.

1° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1907

*Fisica.* — *Della ionizzazione dei gas in rapporto alla loro temperatura* (1). Nota del dott. A. GALLAROTTI, presentata dal Corrispondente A. BATTELLI.

1. Studiando la ionizzazione dei gas mediante i raggi Roentgen, Perrin per il primo (2) cercò quale relazione passasse fra l'intensità della ionizzazione di un gas e la sua temperatura.

Dalle sue esperienze eseguite fra i limiti di temperatura  $-12^{\circ}$  e  $+145^{\circ}$  egli conchiuse che la ionizzazione di un gas, di cui si tenga costante la densità, è proporzionale alla sua temperatura assoluta.

Più tardi Mac-Clung (3) riprese questa ricerca con metodi diversi, e, facendo variare la temperatura da  $20^{\circ}$  a  $270^{\circ}$ , arrivò al risultato che la ionizzazione di un gas, a parità di densità, non dipende dalla sua temperatura.

La contraddizione, in apparenza inesplicabile, fra i risultati del Perrin e quelli del Mac-Clung, mi ha indotto a rinnovare la ricerca in condizioni sperimentali più opportune (4).

Ho ritenuto anzitutto conveniente usare basse temperature: infatti, andando, come feci io, dalla temperatura dell'aria liquida a quella dell'ambiente, si opera fra limiti di cui uno è tre volte e mezzo circa maggiore dell'altro, mentre i precedenti sperimentatori non arrivavano a raddoppiare la temperatura assoluta.

Se quindi c'è variazione della ionizzazione colla temperatura, essa sarà più sensibile nel primo caso.

Di più, siccome in queste ricerche si tratta di misurare quantità piccolissime di elettricità, è utile che l'isolamento sia eccellente: ho creduto di raggiungere questo scopo valendomi per le mie misure di due elettroscopi, invece di usare, come facevano Perrin e Mac-Clung, un elettrometro a quadranti: ho potuto così evitare fili di comunicazione, tasti, ecc., e far in modo che nessuna parte dell'apparecchio restasse esposto all'aria libera: ho ottenuto così un isolamento quasi perfetto, e di più una semplificazione nelle misure.

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

(2) *Annales de Ch. et de Phys.*, XI, pag. 496, 1897.

(3) *Phil. Mag.*, V. 7, S. 6<sup>a</sup>, pag. 81, 1904.

(4) Mentre erano in corso le mie esperienze, è comparso un lavoro del sig. Herweg sullo stesso argomento (*Ann. der Physik*, vol. 19, pag. 333, 1906). L'Herweg ha ripetuto, collo stesso metodo e cogli identici risultati, l'esperienza di Mac-Clung, spingendosi da  $+20^{\circ}$  fino alla temperatura di  $400^{\circ}$  C.

2. *Descrizione dell'apparecchio.* Un cilindro C di rame del diametro di cm. 8 e della lunghezza di cm. 7 portava saldati al suo coperchio tre tubi di ottone, indicati in figura (fig. 1) colle lettere  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ .

Pel tubo  $t_1$ , leggermente inclinato, chiuso superiormente da una lamina di alluminio e inferiormente da un disco di piombo con una sottile fessura rettangolare, passavano i raggi Roentgen che andavano a ionizzare l'aria com-

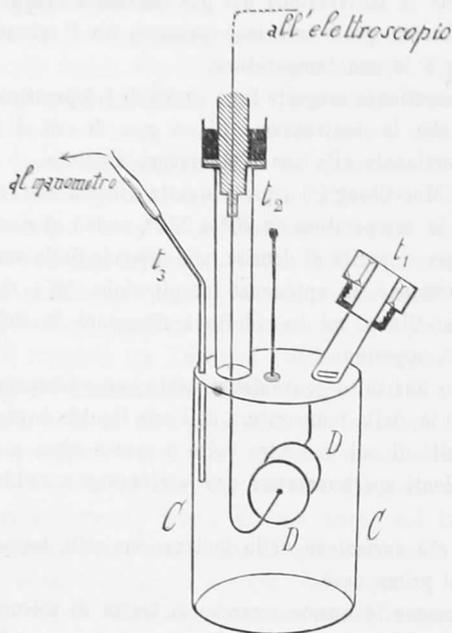


FIG. 1.

presa tra due piccoli dischi di nickel D e D' interni al cilindro e distanti fra loro circa 2 cm.

Questi dischi erano sostenuti da due aste di ottone, di cui una era saldata al coperchio stesso del cilindro che era a terra, l'altra invece attraversava un lungo tappo d'ebanite, avvitato al tubo  $t_2$ , ed andava a comunicare con un elettroscopio.

Il tubo  $t_3$ , molto sottile, poneva in comunicazione il recipiente C con un manometro ad aria libera che (fig. 2) era costituito da due tubi di vetro di circa 10 cm. di lunghezza, collegati da un tubo di gomma: uno dei tubi era fisso, l'altro era portato da un corsoio mobile che permetteva di mantenere il mercurio nel tubo fisso sempre allo stesso punto: così il volume

dell'aria racchiusa nel cilindro rimaneva costante. Dalla differenza di livello del mercurio nelle due branche del manometro potevo dedurre la temperatura dell'aria contenuta in C.

Siccome era necessario mantenere costante la densità dell'aria contenuta nel cilindro, dovetti realizzare una perfetta tenuta. Per ottenere ciò, il tubo  $t_1$  portava una ghiera metallica, e la lamina di alluminio era stata fortemente compressa con un ordinario premistoppe, fra due anelli di piombo.

Il tubo  $t_2$  avvolgeva il tappo d'ebanite, avvitato al suo estremo inferiore, per una lunghezza di circa 20 cm. in modo che fra esso e l'ebanite restasse un anello cilindrico in cui versai del mercurio.

Il tubo  $t_3$  era connesso alla branca fissa del manometro con un tubo di gomma a pressione.

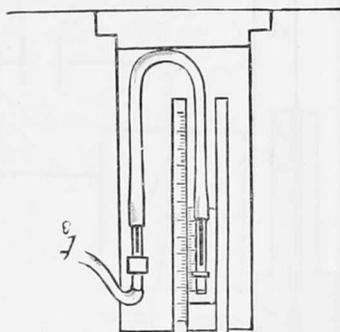


FIG. 2.

Il recipiente C, mediante un'asta ben rigida, era unito a un sostegno mobile, in modo che, quando si voleva raffreddare, poteva essere abbassato dentro un Dewar in cui versava l'aria liquida.

Le misure erano fatte con due elettroscopi entrambi racchiusi in casse di piombo per proteggerli da ogni azione esterna.

Un'asticella orizzontale L, che si poteva avvitare a una sferetta fissata all'estremo dell'asta A, poneva in comunicazione l'elettrodo D con uno degli elettroscopi (che chiamerò elettroscopio I).

Un tubo metallico, piegato a gomito, proteggeva la parte esterna del tappo d'ebanite e dell'asta  $a$  e accompagnava l'asta  $l$  fin dentro la custodia di piombo dell'elettroscopio (fig. 3).

L'aria contenuta nel cilindro C era stata essiccata per evitare che, durante il raffreddamento, si depositasse dell'acqua sull'ebanite interna.

Così l'apparecchio trovavasi nelle migliori condizioni per un buon isolamento, come m'accertai di fatto, poichè, caricato l'elettrodo D connesso al-

l'elettroscopio, in modo da rendere la foglia d'oro quasi orizzontale, dopo 54 ore l'elettroscopio non era ancora completamente scarico.

Ad una gran lastra di piombo piegata ad angolo retto era fissato il sostegno del tubo focus. In questa lastra erano praticati due fori; per uno usciva un primo fascio di raggi Roentgen, che penetrava nel tubo  $t_1$ , e quindi ionizzava l'aria fra i dischi D e D'; per l'altro usciva un secondo fascio che penetrava, per una fessura praticata sul coperchio, nella cassa di piombo contenente l'altro elettroscopio (elettroscopio II).

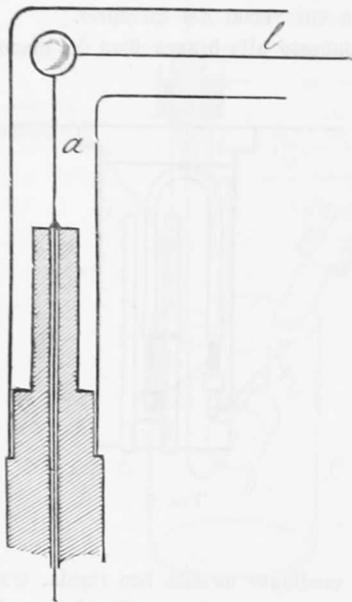


FIG. 3.

Questo era affatto analogo al primo, solamente ad esso era unito un condensatore piano E E', come mostra la fig. 4.

I raggi Roentgen penetrando dalla fessura ionizzavano l'aria fra i dischi E ed E'.

Le foglie d'oro degli elettroscopi venivano osservate mediante due cannocchiali muniti ciascuno di un micrometro oculare, con 50 divisioni di mm. 0,1 l'una.

L'elettroscopio II era stato campionato in modo che la divisione 0 del micrometro corrispondeva al potenziale di 150 volta, e la divisione 50 al potenziale di 246 volta; e, siccome ad occhio potevo apprezzare benissimo la mezza divisione, potevo conoscere a meno di 1 volta il potenziale relativo a

ciascuna divisione della foglia d'oro nell'intervallo corrispondente, alle 50 divisioni del micrometro.

Gli elettroscopi venivano caricati con una pila a secco, e, per evitare il rinnovamento dell'aria nelle casse di piombo, e render quindi minima la dispersione, due conduttori isolati che si potevano mettere, quando si voleva, in comunicazione cogli elettroscopi, permettevano di caricarli senza aprir le casse.

Fu mia cura verificare che, quando in un modo qualunque veniva impedito ai raggi Roentgen di penetrare nel tubo  $t_1$  e nella cassa racchiudente l'elettroscopio II, nè i raggi stessi, nè il rocchetto che azionava il tubo Roentgen avevano azione alcuna sulle foglie dell'elettroscopio.

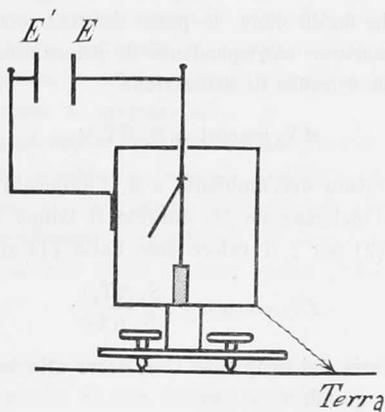


FIG. 4.

3. Supponiamo di aver caricato entrambi gli elettroscopi e di far agire i raggi per un tempo  $t$  tale che la foglia d'oro dell'elettroscopio I passi dalla posizione corrispondente ad una determinata divisione a quella corrispondente ad un'altra divisione, pure fissa, del micrometro.

Se l'isolamento dell'apparecchio è buono, tale deviazione è puramente dovuta all'azione dei raggi. Supponiamo di restar sempre nei limiti di potenziale per cui si ha la corrente di saturazione fra i dischi D e D'. Allora l'abbassamento di potenziale  $\Delta V$ , corrispondente al passaggio della foglia dall'una all'altra posizione, è, com'è noto, proporzionale al numero di ioni generati nel tempo impiegato a produrli.

Ma il numero di ioni generati in questo tempo è proporzionale al tempo stesso  $t$ , e all'intensità media di ionizzazione I, durante lo stesso intervallo.

D'altra parte I dipende da due fattori; cioè, l'intensità media S del fascio di raggi, e il potere ionizzante dei raggi stessi. Questo farà una fun-

zione incognita delle condizioni fisiche del gas; nel mio caso, poichè la densità è costante, farà una certa funzione  $f(T)$  della sola temperatura assoluta del gas ionizzato.

Potrò dunque scrivere:

$$\Delta V = \text{cost. } x S \cdot f(T) \cdot t,$$

e siccome tengo costante  $\Delta V$ , perchè tengo fisse le posizioni iniziale e finale della foglia, avrò:

$$(1) \quad \frac{1}{t} = \text{cost. } x S \cdot f(T).$$

Ma durante lo stesso tempo  $t$  il secondo fascio di raggi ha agito anche sul condensatore connesso coll'elettroscopio II, e leggendo al micrometro la deviazione fatta dalla foglia d'oro, io posso dedurne, essendo l'elettroscopio campionato, l'abbassamento corrispondente di potenziale, e avrò anche qui, se fra E ed E' ho la corrente di saturazione,

$$(2) \quad \Delta V_1 = \text{cost. } x S_1 f(T_0)t,$$

dove  $T_0$  è la temperatura dell'ambiente e  $S_1$  l'intensità media del fascio di raggi che agisce sull'elettroscopio II, durante il tempo  $t$ .

Ponendo nella (2) per  $t$  il valore dato dalla (1) si ha

$$(3) \quad \Delta V_1 = \text{cost. } x \cdot \frac{S_1 f(T_0)}{S f(T)}.$$

Nel caso che l'aria del recipiente C si trovi alla temperatura dell'ambiente, ho  $T = T_0$  e quindi

$$\Delta V_1 = \text{cost. } x \frac{S_1}{S},$$

e, nel caso di  $\frac{S_1}{S}$  costante

$$(4) \quad \Delta V_1 = \text{cost.}$$

A priori non si può affermare che il rapporto  $\frac{S_1}{S}$  dell'intensità dei due fasci di raggi si mantenga invariato; ma nell'impossibilità in cui ero di far agire un sol fascio di raggi su tutti due gli elettroscopi, dovetti contentarmi di verificare sperimentalmente la costanza di quel rapporto, facendo una serie di esperienze alla temperatura ordinaria, nel qual caso, per la (4),  $\Delta V$  deve essere costante.

Trovai effettivamente che, mentre il tempo  $t_1$  impiegato dalla foglia dell'elettroscopio I a passare dall'una all'altra delle posizioni prefissate, variava in modo abbastanza rilevante, da una lettura all'altra, indicando che variava l'intensità del fascio ionizzante, il  $\Delta V_1$  si manteneva costante, entro i limiti degli errori di osservazione.

Si può quindi, per la (3) ritenere il  $\Delta V_1$  affatto indifferente dall'intensità della sorgente dei raggi e dato dalla formula

$$(5) \quad \Delta V_1 = \text{cost.} \frac{f(T_0)}{f(T)}$$

La questione è dunque ridotta ad operare nei limiti di potenziale per cui si ha la corrente di saturazione. Ora questa si ottiene nel caso delle ionizzazioni più intense raggiungibili, quando il campo elettrico è di 500 volta.

Io era ben lontano da questo valore.

I campi elettrici da me adoperati andavano da un massimo di 120 volta a un minimo di 75 volta.

Ma l'intensità del campo necessario a produrre la corrente di saturazione fra due elettrodi è tanto minore, quanto minore è l'intensità di ionizzazione, se quindi questa è sufficientemente piccola, anche con campi deboli si può avere la corrente di saturazione.

Ora io avevo indebolito l'intensità dei due fasci di raggi, facendoli passare attraverso foglie di stagnola, in modo da ridurre grandemente la velocità con cui si scaricavano gli elettroscopi, fino a rendere gli abbassamenti di potenziale in essi sensibilmente proporzionali ai tempi impiegati a produrli.

In tali condizioni ero certo di esser molto prossimo alla corrente di saturazione.

4. Grazie all'isolamento buonissimo dell'apparecchio e degli elettroscopi, nel breve intervallo di una lettura (circa 3'), non vi era dispersione apprezzabile di cui tener conto. Determinai anzitutto la costante della formula (5), poi raffreddavo il recipiente C, immergendolo completamente nell'aria liquida, e facevo una serie di misure a questa temperatura.

Lasciavo poi che l'aria liquida evaporasse del tutto — il che richiedeva circa 5 ore — e facevo una serie di misure a temperature via via crescenti fino alla temperatura dell'ambiente.

Eseguii parecchie serie di tali determinazioni, e per il  $\Delta V_1$  corrispondente a ciascuna temperatura presi le medie dei valori trovati per  $\Delta V_1$  a quella stessa temperatura nelle diverse serie.

I risultati sono dati dalla seguente tabella:

T	$\Delta V$	t	$\Delta V$
- 186°	53	- 88°	50,6
- 152°	52	- 50°	52,2
- 140°	51,2	- 20°	53,2
		+ 12°	52

È quindi confermato il risultato di Mac-Clung, che *la ionizzazione di un gas, a parità di densità, non dipende dalla sua temperatura.*

5. Ho esteso la ricerca al caso in cui l'agente ionizzante sia il radio e a tal uopo mi son servito dello stesso apparecchio usato quando l'agente ionizzante era costituito dai raggi Roentgen.

Ho soppresso l'elettroscopio II, poichè l'intensità della radiazione è in questo caso sensibilmente costante. Tutto si riduceva quindi a misurare il tempo necessario a far passare la foglia d'oro dell'elettroscopio connesso col l'apparecchio da una certa divisione del micrometro ad un'altra pure fissa. L'inversa di questo tempo è proporzionale all'intensità di ionizzazione.

Il radio era racchiuso in un pesante blocco di piombo cilindrico, alto cm. 12 e del diametro di 12 cm.; i raggi uscivano per un sottile foro praticato nel piombo.

Ho notato però che i raggi passavano anche la massa del piombo in tutte le direzioni, e ne uscivano con ancora sufficiente energia da penetrare nell'apparecchio, e agire quindi sull'elettroscopio.

Tale azione era tutt'altro che trascurabile; infatti, quando il radio era vicino all'apparecchio, senza che i raggi penetrassero nel tubo  $t_1$ , avevo per la foglia dell'elettroscopio, una deviazione di 7 divisioni in circa 9'; quando i raggi penetravano nel tubo  $t$ , la deviazione era di 22 divisioni circa nello stesso tempo.

In queste condizioni l'azione perturbatrice era certo troppo forte per poter trovare il modo di variare della ionizzazione colla temperatura, se variazione ci fosse stata, ma non impediva di accertare l'esistenza di una variazione o di verificare la costanza della ionizzazione.

Misurando il tempo impiegato dalla foglia d'oro per passare dalla divisione 49 alla 27, ho trovato, a diverse temperature, i valori seguenti:

T = - 187	$t$ (in secondi) = 535
T = - 63	$t$ " = 535
T = + 10	$t$ " = 525.

Si può quindi ritenere che anche nel caso che l'agente ionizzante sia il radio, l'intensità di ionizzazione non dipenda dalla temperatura del gas ionizzato.

Fisico-chimica. — *Ricerche sopra i solventi SO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>S liquefatti.* Nota di G. MAGRI, presentata dal Corrispondente A. BATTELLI.

Questa Nota sarà pubblicata nel prossimo fascicolo.