

Zeitschrift: Bollettino della Società ticinese di scienze naturali
Herausgeber: Società ticinese di scienze naturali
Band: 25 (1930)

Artikel: Natura della radiazione catodica : un esame critico della teoria ionica della scarica elettrica e nuove osservazioni portano ad una nuova concezione sulla natura dell'elettricità
Autor: Alliata, Giulio
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1003662>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 10.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

ALLIATA GIULIO

Natura della radiazione catodica.¹⁾

(Un esame critico della teoria ionica della scarica elettrica e nuove osservazioni portano ad una nuova concezione sulla natura dell'elettricità).

I. Teoria ionica della scarica elettrica.

In tubi (sufficientemente evacuati) il potenziale anodico spinge sul catodo gli ioni positivi che, in via naturale, contiene ogni gas. Detti ioni, giunti davanti al catodo ionizzano per urto atomi neutri, staccandone elettroni, i quali ultimi vengono respinti dal potenziale catodico verso l'anodo.

Questi elettroni, per subir tale ripulsione, devono esser necessariamente negativi (o, come si fu portati a ritenere "carichi" di elettricità negativa) e sul loro percorso verso l'anodo ionizzano alla lor volta, per urto, atomi neutri; dapprima nel secondo strato luminoso catodico e poscia e segnatamente nell'ampio strato luminoso anodico. In tal modo la corrente positiva ionica verso il catodo si ingrossa e provoca a sua volta davanti al catodo una più intensa produzione di elettroni negativi che vanno alla lor volta ad ingrossare la corrente elettronica verso l'anodo.

(Esperimento).

L'essenza del fenomeno che è per quanto detto or ora, autoeccitante, risiede dunque nello spinger al catodo gli ioni (positivi) prodotti per ionizzazione davanti all'anodo e nello spinger all'anodo gli elettroni (negativi) prodotti per ionizzazione davanti al catodo.

In base a tale teoria la sorgente esterna di elettricità applicata agli elettrodi non fornisce elettricità al tubo, fornisce soltanto i potenziali statici, le cariche elettriche

1) La presente scoperta fu oggetto di un brevissimo cenno alla S. T. S. N. in data 24 marzo p. p.

I migliori ringraziamenti poi al Sig. Prof. Achille Ferrari per avermi messo gentilmente a disposizione il materiale del laboratorio della Scuola Normale Femminile.

statiche necessarie agli elettrodi per esercitare la loro azione di spinta sugli ioni e sugli elettroni prodotti nel tubo. Per cui il fenomeno di scarica nel tubo è ritenuto dovuto unicamente all'elettricità contenuta nel tubo (o meglio nel gas del tubo) epperò la scarica è chiamata per tale fatto "indipendente" (per contraddistinguerla dalla scarica "dipendente" o "mista" che si riscontra allorquando vien fornita elettricità al tubo anche da parte del catodo, cioè allorquando questo vien portato all'incandescenza).

Sorvolando su certi punti oscuri ed incerti della teoria ionica classica, l'erroneità di essa emerge in modo evidentissimo da quanto segue :

La teoria afferma che gli strati luminosi nell'ampolla son dovuti al processo di ionizzazione del gas. La luce anodica è come si sa particolarmente sviluppata (esperimento); qui gli elettroni negativi, dopo avere acquistata sufficiente velocità nell'attraversar lo spazio oscuro di Faraday, creerebbero ioni positivi in grande quantità; la luce anodica sarebbe per così dire il laboratorio principale ove vengono preparati gli ioni positivi (che alla lor volta generano poi davanti al catodo gli elettroni negativi).

Or bene come si spiega il fatto che la luce anodica si mantiene ben sviluppata e normale anche allorquando la corrente elettronica vien *deviata completamente dall'anodo* (e dalla luce anodica) come è il caso nelle ampolle che servono a metter in evidenza la corrente elettronica — la radiazione catodica? Non soltanto dovrebbe in tale ampolla mancare la luce anodica; mancando nella luce anodica l'intensa produzione di ioni *dovrebbe pur venir meno la corrente elettronica*, la radiazione catodica da essi ioni generata davanti al catodo. Insomma: *in un tubo nel quale la radiazione catodica è distolta dall'anodo non dovrebbe esser possibile la scarica normale*. Invece noi possiamo osservare in pieno e perfetto e normale sviluppo e *separatamente* tanto la luce anodica che la radiazione catodica !

(esperimento)

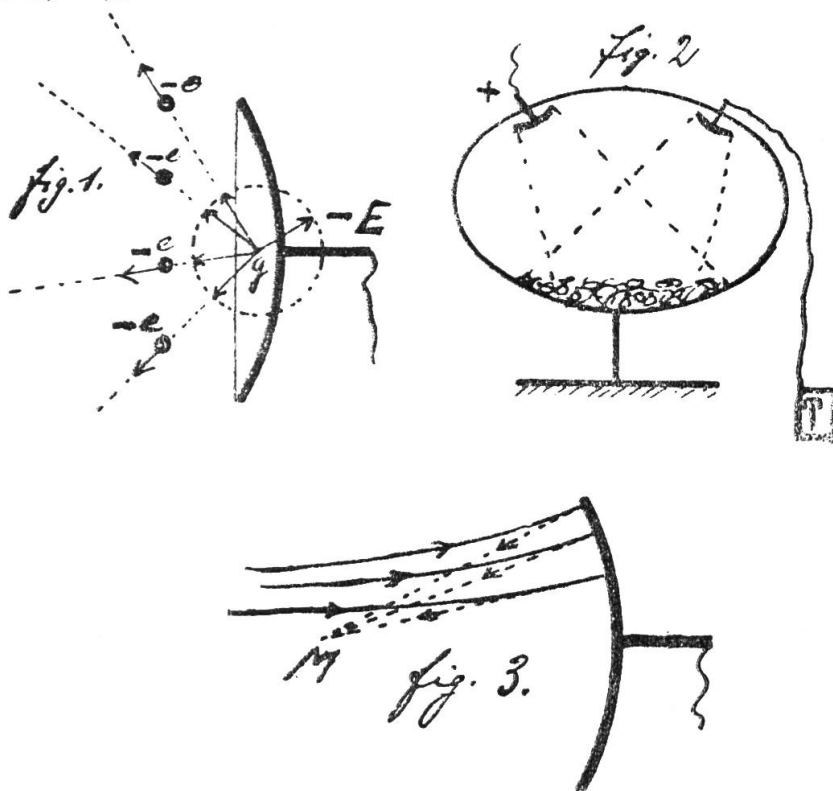
Emerge pertanto che luce anodica e radiazione catodica non possono derivare da processi di ionizzazione secon-

do la teoria ionica, non possono cioè essere mutualmente dipendenti o meglio un fenomeno non può generare l'altro per reciproca eccitazione come pretende la teoria ionica.

Del resto è precisamente nei fenomeni che si possono osservare nelle ampolle dimostrative dei raggi catodici che emerge con particolare efficacia l'erroneità della teoria classica.

Soffermiamoci brevemente su questi fenomeni :

1°. Non si comprende assolutamente come p. e. gli elettroni (negativi) *prodotti* per ionizzazione davanti ad un catodo concavo vengano da esso catodo repulsi nel centro di curvatura (esperimento). In base alle leggi della dinamica *anche* davanti ad un catodo concavo avente la carica (totale) — E gli elettroni — e devono venir repulsi in fascio *divergente*, avvenendo la repulsione lungo la linea di congiunzione centro di gravità catodo g — centro elettrone (fig. 1) ¹⁾.



1) Si dimostra in teoria che la carica di un corpo uniformemente elettrizzato può, agli effetti della sua azione esterna, venir concentrata nel centro di gravità.

2°. Meno ancora si comprende come un catodo incandescente possa, come noto, ostacolare la formazione del fascio catodico. *Dovrebbe verificarsi precisamente il contrario, in quanto agli elettroni prodotti normalmente per ionizzazione del gas davanti al catodo vengono ad aggiungersi quelli che si afferma emettere il catodo a dipendenza del suo stato di incandescenza.*

3°. Ancora non si comprende come il fascio di elettroni (negativi) non subisca la benchè minima inflessione verso l'anodo (positivo) che esercita (o meglio dovrebbe esercitare) un potente richiamo. Richiamo invece punto sentito dal fascio elettronico, persino allorchando esso vien fatto passare nelle immediate vicinanze dell'anodo. *Carica negativa del fascio e carica positiva dell'anodo si ignorano (esperim.)*

4°. Infine non si comprende come il fascio catodico possa mantenere la propria coesione. Noi vediamo il fascio conico che si diparte da un catodo concavo assottigliarsi, concentrarsi nel centro di curvatura, ingrossarsi poscia, mantenendo però sempre la sua primitiva e netta forma anche lontano dal catodo (esperimento). *Specialmente nel passaggio pel centro e lontano dal catodo il fascio dovrebbe allargarsi, disgregarsi, per la repulsione mutua delle cariche negative degli elettroni che lo compongono.*

II. Nuove osservazioni — Nuove risultanze.

Per quanto mi consta le suesposte difficoltà ed incomprendibilità al passivo della teoria ionica non furono sino ad oggi convenientemente rilevate e la convinzione che la radiazione catodica nasce per ionizzazione davanti al catodo e consta di corpuscoli carichi di elettricità negativa è profondamente radicata. Altrettanto radicata è la convinzione dell'esistenza dell'elettricità positiva. Mi decisi perciò di ripetere i ben noti esperimenti classici. Convinto però che la ripetizione pura e semplice di essi difficilmente avrebbe giovato, decisi di seguire lo svolgimento dei fenomeni relativi grado per grado come pure di servirmi di una

ampolla che permettesse di ben osservare la formazione dei raggi catodici.

Come si sa questi raggi si manifestano con una luminescenza verdognola del vetro sul quale si infrangono; in particolar modo poi si manifestano con l'intensa e svariata luminescenza che provocano su svariate sostanze (sali ecc.).

Scelsi dunque per i miei esperimenti la ben nota ampolla classica del Crookes, di forma ovale, avente per elettrodi due dischi leggermente convessi e disposti (sotto un angolo di 45°) attorno alla verticale in faccia alle sostanze da sottoporre alla radiazione giacenti sul fondo (fig. 2).

Eseguii tre esperimenti a) b) c) in diverse condizioni; in tutti e tre il polo positivo del rocchetto d'induzione era collegato con un elettrodo dell'ampolla (il polo negativo non era messo a terra):

Esperimento a) — *Il secondo elettrodo è lasciato libero.*

Si constata la luminescenza rivelatrice dei raggi catodici delle sostanze sul fondo dell'ampolla in corrispondenza di un fascio conico di raggi divergente dall'anodo (esper.).

Esperimento b) — *Il secondo elettrodo è messo a terra.*

La luminescenza di cui all'esperimento a) permane. A questa si aggiunge una nuova luminescenza proveniente da un fascio conico di raggi divergenti dal secondo elettrodo, cioè dall'elettrodo messo a terra. I due fasci si compenetrano parzialmente per cui il fenomeno di luminescenza assume maggior intensità ed estensione (Fig. 2). Questo è l' "experimentum crucis" della presente scoperta (esperimento).

Esperimento c). — *Il 2° elettrodo è collegato col polo negativo del rocchetto.* Questo è il solito esperimento dimostrativo dei raggi catodici (esperimento).

Fenomeno di luminescenza *estensivo* come ad b), però di maggior intensità a dipendenza della più forte corrente che ora attraversa l'ampolla, riconoscibile dalla luce anodica meglio sviluppata. (Il perchè della più forte corrente lo vedremo più avanti).

Che la maggior intensità del fenomeno non sia punto dovuta al fatto del possedere ora il catodo un certo potenziale negativo è dimostrato dalla constatazione che facendo

il potenziale del catodo zero (messa a terra) l'effetto nella ampolla rimane invariato (esperimento).

Che possiamo desumere da queste constatazioni? L'esperimento a) ci dice che dall'anodo parte un fascio di raggi aventi le stesse caratteristiche dei raggi catodici. (Che possa trattarsi di cosiddetti "raggi anodici" è da escludersi assolutamente, mancando le condizioni necessarie per la produzione di tali raggi "materati" cioè evaporazione di sali all'anodo incandescente). L'esperimento b) ci rivela che anche dallo elettrodo a potenziale zero partono raggi catodici!

Queste constatazioni sono ambedue della massima importanza: e fissiamo avantutto che sia i raggi emessi dall'anodo che quelli emessi dal catodo sono della stessa natura.

Ora :

Essendo escluso che i raggi emessi dall'elettrodo a potenziale zero (a terra) possano venir comechessia da esso elettrodo *elettricamente respinti*,

Essendo altrettanto escluso che i raggi (rispettivamente gli elettroni che li costituiscono) provengano da terra (avendo, del resto, come detto, la stessa natura di quelli emessi dall'anodo), altra spiegazione logica non esiste all'infuori di quella che i raggi emessi dall'elettrodo a terra sono pure di provenienza anodica, che sono raggi anodici dall'elettrodo a terra semplicemente *riflessi* nell'ampolla. Nessuna forza repulsiva elettrica può esser in gioco in questo fenomeno *di riflessione*.

Se non che da queste due constatazioni ne balza con tutta evidenza una terza: quella cioè che i fenomeni osservati sono dovuti semplicemente al moto di elettroni (positivi) che il rocchetto fornisce all'anodo dell'ampolla. ¹⁾

Questi elettroni vengono proiettati dall'anodo nell'ampolla (esperimento a); allorquando il secondo elettrodo è

1) La natura negativa degli elettroni è ritenuta generalmente dimostrata dal Perrin (cfr. Compt. ren. 121-1895). Mi riservo di entrare dettagliatamente sulla portata e senso del relativo esperimento.

messo a terra, o meglio ancora è fatto catodo, parte degli elettroni emessi dall'anodo si avvia sul 2° elettrodo. Gli elettroni che qui giungono vengono poi in parte *riflessi*, in parte condotti a terra (esperimento b]) oppure al polo negativo del rocchetto (esperimento c]).

Esiste dunque una dispersione di corrente nell'ampolla, corrispondente appunto ai raggi prodotti e dispersi. Di questi fatti la teoria ionica non solo non dà conto: essa è incompatibile con i medesimi.

A questo punto comprendiamo senz'altro come e perchè un catodo concavo debba riflettere in un punto vicino al centro di curvatura la radiazione che lo investe. Il fascio elettronico che investe il catodo è alquanto concentrato nella zona centrale, ma davanti al catodo si allarga, per cui anche gli elettroni che investono la zona periferica del catodo cadono, grosso modo, perpendicolarmente sul catodo, per il che parte degli elettroni vien riflessa verso il centro M di curvatura del catodo (Fig. 3). (Se la radiazione fosse rigidamente parallela all'asse del catodo verrebbe riflessa nel foco come un fascio luminoso).

Abbiamo testè visto che la corrente produttore i fenomeni nell'ampolla è fornita *integralmente* dal polo positivo della sorgente di elettricità applicata all'anodo. Abbiain anche visto che allorquando il 2° elettrodo funge da catodo (esperimento c) cioè è *elettronegativo*, la corrente esce dal medesimo e rientra nel rocchetto; giungiamo pertanto ad un'altra capitalissima constatazione: che cioè *lo stato elettrico negativo di un corpo è caratterizzato dall'assorbimento di elettroni (positivi)* (anzichè dall'emissione di elettroni negativi).

Questo assorbimento è dovuto ad una vera e propria *aspirazione* elettrica che regna al polo negativo (in antitesi perfetta alla pressione che regna al polo positivo e che fa del rocchetto [come di qualunque sorgente di elettricità] una vera *pompa elettronica*).

Questa aspirazione fa sì che quando il polo negativo del rocchetto è collegato a terra od all'ampolla (catodo) il rocchetto aspiri elettricità dalla terra rispettivamente dalla

ampolla ed il polo positivo può perciò fornire maggior corrente come visto più sopra. Mancando tale collegamento il polo negativo aspira soltanto dall'atmosfera con effetto assai minore (esperimento).

L'esperienza insegna anche che un catodo incandescente si trova (per rispetto all'esterno) allo stato elettronegativo; per quanto detto ora ciò significa che nella sua massa agisce una forza elettromotrice diretta verso gli strati interni, che aspira elettroni dall'esterno e che quindi aspira anche gli elettroni che sul catodo arrivano proiettati dall'anodo. (*F. e. m. interna del catodo e f. e. m. applicata all'ampolla si trovano così ad agire in serie, cioè si sommano*).

Devo aprir qui una parentesi per una importantissima riserva e chiarimento: Una massa incandescente può trovarsi elettricamente parlando in 3 stati. Stato positivo, negativo e neutro. Il primo ricorre allorquando la temperatura superficiale della massa è superiore a quella interna (neutralizzazione dello stato negativo di una massa elettrizzata negativamente tosto che è sottoposta a radiazione calorica). Il secondo stato ricorre allorquando la temperatura interna è superiore alla esterna (caso generale di masse riscaldate da corrente elettrica, specialmente se questa è concentrata negli strati interni come è il caso allorquando la massa è ricoperta di uno strato cattivo conduttore — p. e. i filamenti spalmati di ossidi metallici delle lampade amplificatrici della radio). Il terzo stato si presenta allorquando la temperatura è perfettamente omogenea. Faccio qui constatare che la teoria elettronica in voga, affermando semplicemente e sempre lo stato elettronegativo di una massa incandescente si dimostra assolutamente erronea.

Quanto esposto circa i 3 stati è confermato appieno dalla vecchia regola generale di elettrizzazione del Cohen, la quale dice che di due masse sfregate fra di loro quella avente coefficiente dielettrico più elevato assume lo stato elettrico positivo. Ora il coefficiente suddetto varia in ragione inversa della temperatura, per il che in una massa la corrente fluisce verso il punto di temperatura più elevata. Così di due pezzi di vetro identici per struttura, ma di di-

versa temperatura quello più caldo si elettrizza negativamente. Si è sin qui chiamata strana questa regola del Cohen perchè non se ne comprendeva il senso; la presente scoperta che, come vedremo, fa dell'etere cosmico la sede libera della elettricità, crea finalmente la base per la comprensione della regola del Cohen.

A questo punto comprendiamo facilmente come e perchè un catodo incandescente (ed elettronegativo) ostacoli l'emissione della radiazione catodica. L'azione aspirante del catodo ostacola il rimbalzo, la riflessione degli elettroni che appunto danno luogo alla formazione della radiazione. Questo attutimento del rimbalzo poi è la causa diretta dell'ingente abbassamento della caduta di potenziale al catodo (che caratterizza appunto un catodo incandescente); per cui vediamo essere la caduta di potenziale al catodo (assai elevata per un catodo freddo) causata dall'*ingorgo*, dal contrasto che subiscono gli elettroni precipitanti sul catodo da parte di quelli che dal catodo rimbalzano. Questo contrasto si estrinseca in un aumento della resistenza elettrica nelle immediate vicinanze del catodo; resistenza che aumenta fortemente con l'aumentar del contrasto fra le due opposte correnti, cioè con l'aumentar della densità di corrente sul catodo (caduta catodica anormale) e trasforma un'ampolla con elettrodi aventi diverse densità di corrente in una valvola elettrica.

Allorquando l'anodo è incandescente la sua azione *aspirante* si oppone a quella *premente* della sorgente applicata, provocando un rilevante aumento del potenziale anodico (azione valvolante).

Vorrei richiamare qui in modo speciale che la naturalezza con la quale la nuova teoria desunta direttamente dall'esperimento b) spiega il comportarsi di un catodo incandescente, di fronte all'impossibilità (a dir poco) in cui si trova la teoria ionica a dar ragione dei relativi fenomeni, ci dà la prova forse la più impressionante dell'erroneità della teoria ionica.

Resta ora a vedere se quanto esposto sin qui non urta più ad alcuna difficoltà. Vediamo subito che la terza e quar-

ta difficoltà esistenti nei confronti della teoria ionica esistono integralmente anche nei confronti della nuova teoria, cioè a carico del concetto, del principio esser la scarica costituita da elettroni *positivi* (oppure dotati di carica elettrica positiva). Con la evidente differenza che il fascio catodico dovrebbe subire, anzichè un'inflessione, una deflessione dall'anodo per la mutua *ripulsione* delle rispettive cariche. Poi vediamo ancora che l'azione mutua delle cariche entro il fascio stesso dovrebbe provocarne lo sgregamento esattamente come nella teoria ionica. Dobbiamo dunque adattare ulteriormente la nuova teoria alle esigenze sperimentali; fortunatamente, per raggiunger la perfetta consonanza con l'esperienza, anzichè procedere a complicazioni teoriche dobbiamo semplificare ulteriormente la teoria, spogliando cioè gli elettroni della carica (o della natura) positiva che loro avevamo sin qui assegnato. In tal modo più nessuna mutua influenza è possibile fra anodo e fascio e fra gli elettroni stessi del fascio. E parlando di elettroni positivi si vorrà dire quindi innanzi semplicemente ch'essi sono emessi dal polo positivo.

E dell'elettrone altro non resta che la sua materia; esso si identifica con l'elettricità stessa. Ne positivo ne negativo nel senso classico della parola, ma semplicemente *elettrone-elettricità*.

Quanto cammino per giunger a così semplice constatazione! Ma lo scoglio era lì. Bisognava dimostrare che il catodo *non repelle* (elettricamente) gli elettroni, bensì che li *riflette*; ed è ciò che ho teoricamente (Fig. 1) e praticamente (Fig. 2) dimostrato.

La classica, complicata teoria ionica della scarica elettrica, irta di difficoltà e controsensi, cede il posto alla nuova semplice *teoria elettronica* che difficoltà e controsensi elimina; teoria desunta dall'osservazione diretta e postulante il moto di corpuscoli *neutri* chiamati elettroni od elettricità.

Quanto profondo questa constatazione penetri nel corpo della fisica basti solo accennare per sommi capi :

Cade anzitutto l'elettrostatica. Non più "cariche" positive e negative dei corpi, ma *stato* elettrico positivo o nega-

tivo. Soltanto nella elettrodinamica ci è dato constatare l'elettrone per l'azione della sua forza viva, della sua inerzia. E nessuno rimpiangerà l'abbandono della carica "negativa" di cui si aveva dotato l'elettrone, carica della quale non potevamo farci la benchè minima raffigurazione, epperò prettamente metafisica.

Ancor meno rimpiangeremo la scomparsa della elettricità positiva, più misteriosa ancora. E scomparirà dalla fisica il comodo sì, ma afisico principio delle forze di attrazione e ripulsione elettrica; forze pure prettamente metafisiche ad onta dell'etere (potendo in quest'ultimo prodursi e manifestarsi soltanto forze di spinta).

Non esistendo che una sola elettricità cade naturalmente la concezione elettrica della materia, cioè l'atomo concepito quale sistema planetario di un nucleo centrale positivo e di satelliti negativi.

E l'elettricità, ormai libera, assolutamente libera, necessita di una *nuova sede* che le dev'essere assegnata nell'etere cosmico.

Nuove basi vanno date ai fenomeni di conducibilità, di elettrolisi ecc. ecc.

E' tutto un costruito nuovo insomma (sul quale mi riservo di tornare) con ampie ripercussioni, che deve sorgere sulla presente scoperta che l'elettricità è semplicemente... elettricità. ¹⁾

Locarno, 24 maggio 1930.

G. Alliata.

1) Nel mio lavoro « Essenza del campo magnetico » (cfr. Bollettino 1927) ero giunto ad una struttura del campo magnetico comportante il moto (conforme all'esperienza) di elettroni e di atomi *sprovvisti* di carica elettrica. La presente scoperta vien pertanto a confermare in modo diretto la struttura del campo da me indicata in allora.

— DISCUSSIONE —

Interloquisce il Sig. Prof. Arturo PALAGI.

Parte teorica. — Non comprende il perchè della divergenza dei raggi che partono dal catodo (fig. 1). Venendo gli elettroni emessi dal catodo perpendicolarmente alla superficie di curvatura devono necessariamente convergere al centro di curvatura e non divergere.

Alliata. Richiama quanto esposto, che cioè la teoria ionica della scarica elettrica non comporta per catodi freddi l'erogazione di elettroni (negativi) nel tubo da parte del catodo. Gli elettroni vengono molto più *prodotti* esclusivamente nel tubo *davanti* al catodo (ionizzazione del gas neutro da parte di ioni positivi qui spinti dal potenziale anodico).

Il catodo non ha qui il compito di emettere elettroni nel tubo, bensì unicamente di fornire al tubo un potenziale *statico* negativo per respinger gli elettroni come sopra prodotti. Ora tale repulsione deve avvenire conformemente alla fig. 1 in fascio divergente.

Ciascun oratore insiste ripetutamente su quanto sopra.

Parte sperimentale. — Palagi ammette che gli esperimenti sono suggestivi e meritevoli di maggior studio: specie quello con il polo + ad un elettrodo dell'ampolla essendo l'altro elettrodo messo a terra. Opina che potrebbe trattarsi, anzichè di raggi catodici, come affermato da A., di raggi anodici.

Alliata. — Fa rilevare che nell'ampolla si può constatare il fascio che parte dall'elettrodo messo a terra. Richiama che i così detti raggi anodici sono raggi di *materia* (ioni secondo la teoria ionica) che proiettano anodi di forma tubolare la cui anima è riempita di *sali incandescenti* (evaporazione dei sali).

Qui mancano assolutamente le due condizioni necessarie alla emanazione dei così detti raggi anodici.

Palagi. Ove le vedute Alliata fossero ammesse dalla generalità dei fisici potrebbe egli pure accettarle.