

ATTI  
DELLA  
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCCXII.

1915

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XXIV.

1° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL DOTT. PIO BEFANI

1915

dove l'integrazione deve essere estesa alla parte del piano (17) che contribuisce a limitare il campo (D'). Ne segue che in ogni punto  $(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n, \tau)$  dell'interno del campo (D) le derivate parziali del primo ordine della funzione  $u$  sono eguali a zero.

Quindi, la funzione  $u$  è costante nel campo (D). Ma questa funzione, essendo eguale a zero su  $(S_0)$ , non può essere che nulla in tutto il campo (D), come avevamo annunziato.

In un'altra Nota spero di mettere in rilievo l'importanza del teorema che è stato dimostrato.

**Fisica matematica.** — *Sulla distribuzione della massa nell'interno d'un corpo in corrispondenza a un'assegnata azione esterna.* Nota di CORRADINO MINEO, presentata dal Socio P. PIZZETTI.

Questa Nota sarà pubblicata nel prossimo fascicolo.

**Fisica.** — *Persistenza delle correnti fotoelettriche nelle cellule di Elster e Geitel dopo la soppressione della luce eccitatrice.* Nota I di O. M. CORBINO e G. C. TRABACCHI, presentata dal Socio P. BLASERNA.

Le correnti fotoelettriche, dovute a forti illuminazioni, possono raggiungere una notevole intensità qualora si ricorra alle cellule di Elster e Geitel, nelle quali l'elettrodo negativo, di potassio o di sodio, è ricoperto da uno strato sottile costituito da una modificazione allotropica del metallo medesimo. Nella cellula è presente un gas inerte, argon o elio, alla pressione di circa 1 millimetro di mercurio; facendo agire fra gli elettrodi un campo acceleratore di sufficiente intensità, gli elettroni strappati dalla luce al catodo vengono lanciati con velocità grande verso l'anodo, determinando una abbondante ionizzazione per urto nel gas. I nuovi ioni creati dall'urto divengono alla loro volta produttori di altri ioni; alla produzione di questi partecipano, con campi intensi, anche gli ioni positivi creati dagli urti, pur non raggiungendosi, se il campo non è troppo intenso, le condizioni che determinano la scarica permanente al cessare della luce.

Con illuminazioni molto intense, e con differenze di potenziale agli elettrodi solo di poco inferiori a quelle cui corrisponde la scarica permanente, le correnti ottenute con una cellula di Elster e Geitel possono raggiungere l'intensità di quasi un milliampere, prestandosi così a diverse e notevoli applicazioni.

In vista delle applicazioni medesime, e per illustrare ancor meglio il meccanismo di funzionamento di un apparecchio così interessante, ci è sembrato opportuno istituire delle esperienze destinate a stabilire se e quale parte della corrente normale sussiste ancora dopo la soppressione della luce eccitatrice, e precisamente dopo intervalli di tempo assai brevi dalla sua brusca soppressione. E avendoci l'esperienza rivelato che la corrente sussiste in realtà, decrescendo rapidamente, dopo aver interrotto la illuminazione, abbiamo voluto ricercare se questo effetto di ritardo sia dovuto ad una postuma emissione di elettroni da parte del catodo, o ad altre cause.

Non era infatti da escludere, senza prove, l'ipotesi che alla eccitazione della luce seguisse nel metallo anche dopo l'estinzione una ulteriore emissione di elettroni per un brevissimo tempo e in numero anche assai tenue, ma sufficienti (a causa della esaltazione degli effetti dovuta alla ionizzazione per urto) per produrre le correnti postume osservate.

Forma oggetto di queste Note l'esporre i risultati delle nostre ricerche, le quali permettono di risolvere, in modo che crediamo soddisfacente, le questioni che ci eravamo proposte.

\* \* \*

Sarà bene anzitutto discutere un lavoro di E. Marx e K. Lichtenecker che, pur avendo un obiettivo diverso, può sembrare che si riferisca anche al problema di cui noi ci siamo occupati.

I due autori citati, in una Memoria molto ampia e dettagliata<sup>(1)</sup>, si proposero di esaminare se inviando su una cellula una certa quantità di luce costante, e poi la stessa quantità *media* di luce, ma costituita da un fascio periodicamente interrotto, si ottenesse la stessa corrente fotoelettrica nei due casi.

Più esattamente diremo che sulla cellula veniva rinvioato per mezzo di uno specchio rotante un fascio di luce, e si faceva variare dentro larghissimi limiti la velocità di rotazione dello specchio, con che la stessa quantità *media* di luce cadente sulla cella veniva frazionata in un insieme di brusche illuminazioni, delle quali variava in senso inverso la durata di ciascuna e l'intervallo fra due luci successive.

La ricerca aveva uno scopo teorico di importanza notevole, e condusse al risultato che la corrente fotoelettrica rimaneva invariata riducendo la durata delle illuminazioni fino a  $1,46 \times 10^{-7}$  secondi. Questa conclusione potrebbe far credere a prima vista che la corrente segua istantaneamente le vicissitudini della intensità della luce eccitatrice.

Ma chi volesse trarre dalle esperienze citate questa conseguenza, che gli Autori del resto non ebbero motivo di esaminare, poichè si proponevano

(<sup>1</sup>) E. Marx e K. Lichtenecker, Ann. d. phys., 41, pag. 124 (1913).

altro e più elevato obiettivo, cadrebbe in errore, così come a torto concluderono Bellati e Romanese che l'effetto della luce sul selenio sia istantaneo, deducendo ciò dal fatto osservato che la variazione di resistenza del selenio illuminato dalla luce interrotta con un disco forato rotante non mutava al variare della velocità del disco.

La costanza della corrente fotoelettrica constatata da Marx e Lichteneker, può invero essere spiegata anche se sussiste un effetto di ritardo fra l'azione della luce e la corrente che ne deriva, così come la deviazione di un galvanometro balistico per una corrente istantanea che trasporti una *determinata* quantità totale di elettricità è sempre la stessa, qualunque sia la legge di variazione della corrente, senza che perciò si possa dedurre che il galvanometro segue istantaneamente con le sue deviazioni le vicissitudini della corrente variabile.

Noteremo infine che con il fenomeno da noi preso in esame non hanno nulla da fare le cosiddette « Nachwirkungen » constatate da alcuni con le cellule fotoelettriche, che si manifestano come effetti di assai lunga persistenza di lievi residui nell'impiego delle cellule con la disposizione elettrometrica, e che hanno per origine la distribuzione di lievi cariche statiche sul vetro della cellula, cosicchè sono quasi del tutto evitate con opportuni accorgimenti nelle cellule messe in commercio negli ultimi tempi. Effetti simili non hanno nulla da fare con le correnti residue, misurate galvanometricamente, che noi abbiamo potuto osservare.

\* \*

La cellula da noi adoperata in queste esperienze fa parte di un fotometro di Elster e Geitel fornitoci da Gunther e Tegetmeyer di Braunschweig.

Cominciammo con la ricerca della sua curva caratteristica (curva delle correnti per tensioni crescenti) sotto l'azione di forti intensità luminose: o quella di un fascio di luce solare, o quella di un fascio proveniente da una lampada ad arco per correnti continue, reso parallelo con opportuni dispositivi ottici, atti a conservare quanto più fosse possibile la tinta bianca, senza ridurne di troppo l'intensità. Con luce non troppo intensa si ottengono le note forme della curva caratteristica, le quali presentano un flesso corrispondente, secondo la teoria di Townsend, all'inizio della ionizzazione per urto da parte degli ioni negativi.

Quando si aumenti l'intensità della luce eccitatrice, si osserva però un andamento singolare della curva nella vicinanza del flesso, andamento che per quanto ci risulta non è stato finora reso noto da altri.

Come si vede dalla fig. 1 la curva delle correnti presenta un brusco salto a 19,6 volt, poichè per il minimo aumento in questo valore della tensione applicata agli elettrodi, la corrente aumenta bruscamente fino oltre al doppio dell'intensità primitiva.

In un'altra esperienza fatta in una giornata di febbraio con un cielo di magnifica trasparenza, si ebbero per diversi valori della tensione le seguenti intensità di corrente:

tensione in volt	corrente (unità arbitraie)
19,3	35
19,4	39
19,6	42
19,8	120
25	130

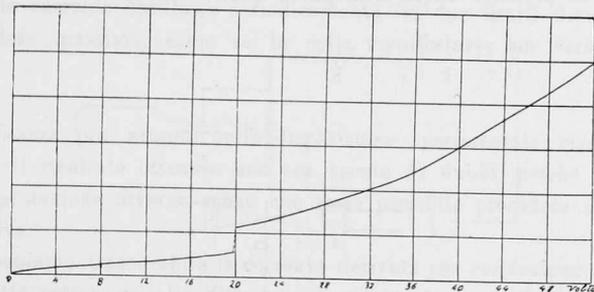


FIG. 1.

Il salto della corrente si produsse perciò entro il campo di variazione di qualche decimo di volt, dando luogo quasi a una triplicazione della corrente primitiva; mentre ad ulteriori aumenti della tensione, anche notevoli, corrisposero lievi aumenti della corrente.

Questa esperienza sembra a noi che fornisca come una dimostrazione tangibile, e della maggiore efficacia, circa la giustezza dell'interpretazione data dal Townsend al flesso delle curve caratteristiche normali; poichè si è potuto in certa guisa sorprendere l'inizio improvviso e tumultuoso della fase di ionizzazione per urto da parte degli elettroni provenienti dal catodo, i quali per tensioni inferiori costituiscono l'unico veicolo al passaggio della corrente.

\* \* \*

La tensione minima capace di produrre la scarica autonoma permanente, e perciò la tensione minima cui si può sottoporre la cella senza timore di danneggiarla, dipende anch'essa dalla intensità della luce eccitatrice. Nelle nostre esperienze cercammo di non superare questo valore critico del campo, e ci limitammo perciò all'impiego di tensioni non superiori a 75 volt.

\* \* \*

La prima disposizione da noi adoperata per constatare eventuali fenomeni di ritardo, ci fu suggerita dalla necessità che l'apparecchio rivelatore

della corrente fornisse indicazioni assolutamente istantanee; solo così poteva sicuramente esser riconosciuto se al cessare brusco della luce eccitatrice si annullasse istantaneamente la corrente fotoelettrica. Si pensò quindi, anzitutto, alla deviability istantanea del fascio catodico nel tubo di Braun. Ma la corrente era troppo piccola per dare effetti sensibili di deviazione sul fascio ricorrendo all'azione magnetica di un rocchetto ordinario; nè poteva accrescersi l'azione ricorrendo a un rocchetto con grandissimo numero di spire e con nucleo di ferro, poichè l'autoinduzione del rocchetto avrebbe perturbato la fase di cessazione della corrente, e l'isteresi del ferro avrebbe potuto da sè produrre effetti analoghi a quello ricercato.

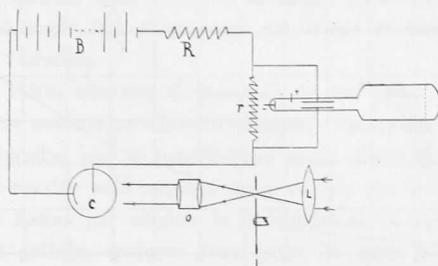


FIG. 2.

Tenendo presente la elevatissima resistenza elettrica equivalente alla cella, e la tensione elevata agente nel circuito parve perciò preferibile ricorrere alla deviazione elettrostatica del fascio catodico, secondo la disposizione rappresentata nella fig. 2. In questa *C* denota la cella, *B* la batteria di accumulatori, ed *r* una elevatissima resistenza, capace di assorbire sotto la corrente di regime che corrisponde a una grande illuminazione costante, circa metà della tensione della batteria. Agli estremi di *r* erano connesse le due laminette di un tubo di Braun atto alla misura delle tensioni. La deviazione elettrostatica, proporzionale alla differenza di potenziale fra le laminette e quindi alla corrente fotoelettrica *i*, avrebbe dovuto seguire istantaneamente le variazioni di *i*, e permettere così di riconoscere, con illuminazioni intermittenti, se nelle pause brevissime della illuminazione la corrente assumesse bruscamente il valore zero.

Per rendere rapidamente intermittente la illuminazione fu proiettato su un disco rotante, provvisto di una serie fitta di piccolissimi fori, una immagine molto piccola e luminosa del cratere d'un arco voltaico; la luce emergente dai fori, resa parallela con un buon obbiettivo, cadeva sulla cella. In queste condizioni, lasciando permanentemente libero il passaggio alla luce, il cerchietto luminoso del fascio catodico si spostava di un paio di centimetri sul disco fluorescente del tubo di Braun. Questo era alimentato da una macchina elettrostatica a 36 dischi, e il fascio catodico era concentrato

in modo da dare un cerchietto piccolissimo, servendosi del solito artificio e cioè di far agire sul fascio una bobina percorsa da corrente continua e coassiale col tubo.

Facendo rotare il disco molto lentamente, il cerchietto di fluorescenza si spostava periodicamente fra la posizione di riposo e la posizione di massima deviazione, corrispondente al passaggio continuo della luce. Ma facendo crescere progressivamente la velocità di rotazione del disco, l'escursione del cerchietto si andava limitando sempre più fra i due estremi, in modo da non toccare nè la posizione di zero, nè quella di massima deviazione. Pareva cioè che la corrente oscillasse periodicamente fra due limiti diversi da zero e dal valore massimo, come se la cella manifestasse un vero effetto di inerzia.

Un esame più attento della disposizione sperimentale rivelò, d'altra parte, che il risultato ottenuto non era esente da dubbî, poichè consentiva una interpretazione diversa, senza che fosse possibile procedere a prove discriminative.

Supponiamo trascurabile la corrente derivata *per conduzione ionica* fra le laminette sottoposte alla differenza di potenziale variabile fra 0 e  $r$ .

Bisognerà sempre tener presente la corrente di capacità destinata a fornire e dissipare le cariche che occorrono per portare le laminette a quella differenza di potenziale.

Ora se pure la corrente fotoelettrica si annullasse istantaneamente al cessare della luce, potrebbe ancora sopravvivere per qualche tempo una differenza di potenziale fra le lamine, che richiederanno un tempo diverso da zero per scaricarsi nell'unica via consentita: la resistenza  $r$ . Questa resistenza era molto elevata per le ragioni sopra indicate. Ciò non ostante il tempo di scarica delle laminette potrebbe essere considerato come trascurabile, data la piccolezza estrema della capacità elettrostatica *geometrica* del condensatore da loro formato. Ma alcune prove ci convinsero, invece, che quella capacità non è così piccola come apparirebbe a prima vista, data la piccola superficie e la notevole distanza (circa 1 centimetro) delle lamine. Per giustificare il valore assai più elevato che misura la capacità vera delle laminette, basta pensare al gas ionizzato dalla scarica che è fra loro interposto; e invero il funzionamento del tubo, per le sue particolarità costruttive, era regolare solo quando la pressione nell'interno non era estremamente bassa; poichè, a pressioni bassissime, si creava nell'interno del vetro una distribuzione abbondante e mutevole di cariche elettrostatiche, che impediva la proiezione di un cerchietto ben luminoso e fisso sullo schermo. Occorreva adunque tenere il tubo a una pressione non troppo piccola e allora la presenza di ioni numerosi nello spazio fra le lamine, doveva appunto equivalere a un aumento notevole della loro capacità.

Nell'impossibilità di sceverare in modo sicuro fra l'effetto dovuto alla capacità delle lamine e quello eventualmente prodotto dal ritardo della cella, credemmo opportuno abbandonare il tubo di Braun, e ricorrere a una disposizione completamente diversa, della quale esponiamo adesso il principio.

Nel circuito della cella *C* e della batteria *B* (fig. 3) è permanentemente inserita una resistenza  $R + r$ ; e sulla parte *r* di questa è derivato, a traverso un contatto periodicamente intermittente, un galvanometro *G*. La luce che cade sulla cella è periodicamente interrotta per virtù di un disco rotante munito di settori vuoti e pieni; la interruzione è assolutamente istantanea, poichè l'orlo tagliente del settore vuoto incontra un fascio di luce di forma rettangolare a contorni nettissimi e paralleli all'orlo. Disco e con-

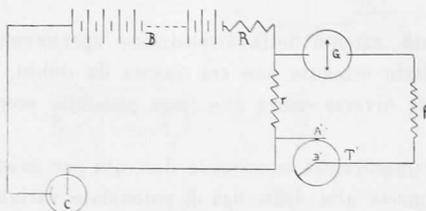


FIG. 3.

tatto intermittente sono meccanicamente solidali, in modo che il contatto può essere stabilito dopo l'interruzione della luce e con un ritardo regolabile a volontà; il contatto dura anch'esso per un tempo regolabile, ma cessa in ogni caso prima che la luce sia ristabilita. In tal modo il circuito batteria-cella è permanentemente chiuso; finchè passa la luce il circuito del galvanometro è interrotto in *T*, ma se la corrente fotoelettrica sussiste anche dopo un certo tempo dalla soppressione della luce, poichè viene allora stabilito il contatto *T*, una frazione della corrente residua viene a traversare il galvanometro. Poichè il processo si ripete identicamente a ogni giro del disco e del contatto, il galvanometro assumerà una deviazione costante e si potrà dedurre il valore della corrente residua dopo diversi intervalli di tempo dalla cessazione della luce.

Volendo constatare la possibile permanenza della corrente anche dopo intervalli di tempo assai brevi, era necessario che la parte meccanica del dispositivo funzionasse con la maggiore precisione. Il nostro compito è stato grandemente facilitato dal fatto che ci siam potuti servire dell'interruttore differenziale del prof. Blaserna, ideato e costruito in modo da rispondere mirabilmente alle esigenze sovraindicate.

Sui particolari della disposizione sperimentale, sui risultati e sulla interpretazione di questi riferiremo in una Nota successiva.