ATTI

DELLA

REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCXCIII 1896

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME V.

1° SEMESTRE



ROMA
TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1896

Fisica. — Alcune esperienze coi tubi di Hittorf e coi raggi di Röntgen. Nota del Corrispondente A. Ròiti.

Mi permetta l'Accademia d'indicarle alcune fra le molte esperienze che ho fatto in questo mese, sebbene siano ancora imperfette ed impari al lavoro che m'hanno costato, e sebbene io possa essere stato prevenuto da altri, che probabilmente avranno raccolto frutti migliori de' miei.

1. Ombre e penombre. Röntgen dice che i raggi X partono dal posto ove la parete del tubo è colpita dai raggi catodici, e soggiunge che se i raggi interni sono deviati da una calamita, i raggi X partono da un altro posto, cioè di bel nuovo dalle estremità dei raggi catodici. Tutti gli altri osservatori confermano questa circostanza; alcuni suppongono anzi che la causa dei raggi di Röntgen sia la fluorescenza destata nel vetro dai raggi catodici, altri ammettono che tale fluorescenza sia una condizione necessaria per la loro emissione, altri pochi sono più riservati, e fra questi ultimi sono io che inclino a ritenere la fluorescenza un fenomeno puramente concomitante.

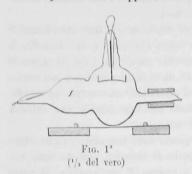
Ma prima di affrontare questa questione ho voluto, per mia soddisfazione, cercare di stabilir bene il luogo geometrico d'onde emanano i raggi di Röntgen ed il modo dell' emanazione. I raggi X partono dalla parete del tubo; ma partono da ciascun punto di essa come prolungamenti dei raggi catodici interni, oppure li emette la parete in direzione normale, o in tutte le direzioni?

Viene subito in mente di osservare le ombre portate e le penombre: ed infatti, limitando il fascio impressionante con opportuni schermi metallici opportunamente forati, mi sono persuaso che le penombre vi sono sempre, anche se i raggi catodici partono da un punto, per poco che il corpo opaco si trovi discosto dalla lastra. A primo aspetto si penserebbe di aver davanti un fenomeno di diffrazione, perchè si osservano quasi sempre nelle penombre delle alternative di maggiore e minore intensità; ma bisogna andar guardinghi sapendo che i raggi catodici interni si riflettono sul metallo e sul vetro.

La cosa si complica ed è giustificato il dubbio per l'ignoranza in cui siamo relativamente alla possibile lunghezza d'onda, poichè i contorni sarebbero sfumati anche per grandi frequenze se la velocità di propagazione fosse grandissima. Ad ogni modo ho tentato di ridurre ad un punto il luogo di emanazione dei raggi X, prendendo per catode uno specchio sferico col centro di curvatura sulla parete d'un palloncino di vetro (1).

⁽¹) Grandi difficoltà ho dovuto sormontare per costruire qui dei tubi vuoti, ma dopo innumerevoli insuccessi, il sig. Adolfo Calamandrei, conservatore del Museo degli strumenti antichi, comincia con rara perseveranza ad uscire dal noviziato e riesce a soffiare qualche tubo che regge, e che è abbastanza regolare. È doveroso che gliene esprima la mia riconoscenza.

Il palloncino è rappresentato ad un terzo del vero dalla fig. 1, il suo spec-



chio concavo d'alluminio ha 40 mm. di raggio di curvatura, l'anode filiforme si trova nella tubulatura laterale. Dopo averlo vuotato il più che mi fosse possibile, esso presentava una splendida fluorescenza; ma la presentava su tutta quanta la superficie, e direi quasi più intensa nella tubulatura contenente l'anode. Ho notato però che, tenendo l'anode in comunicazione col condotto del gas illuminante, la fluorescenza si raccoglieva

sopra una callotta opposta al catode, pronta a risplendere per tutto se alitavo contro il palloncino.

Immergendo poi il fondo del palloncino nell'acqua depositata sopra una sottilissima lamina di mica, la fluorescenza scompariva quasi interamente. In queste condizioni ho potuto ottenere delle impressioni ben delineate, finchè gli oggetti erano vicini alla lastra fotografica; ma sfumate quando n'erano discosti. Per esempio, una rete metallica a maglie di 1 mm., incliata a 45° sulla lastra e sull'asse dello specchio, ha dato l'ombra ben distinta solamente nei punti vicini; ma ad 1 cm. circa dalla lastra non si distinguevano già più le maglie: e la lastra era a 14 cm. dal fondo del palloncino.

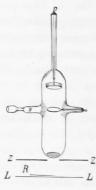
Le sfumature provengono forse dalla circostanza che i raggi non partono dal solo punto del palloncino ov'è il centro di curvatura dello specchio catodico? oppure dalla periodicità dell'azione, non abbastanza regolare per dare le frangie di diffrazione, ma sufficientemente lunga nello spazio per turbare la nettezza dei contorni?

Una lampadina elettrica col bulbo spulito, delle dimensioni del palloncino, posta alla stessa distanza, mi ha dato le ombre presso a poco sfumate come quelle fissate sulla lastra suddetta. E quantunque le condizioni non fossero identiche, perchè la lampadina splendeva tutto intorno, mentre il palloncino era debolmente fluorescente solo nelle immediate vicinanze del centro dello specchio, pure mi pare che anche nel caso dei raggi di Röntgen le sfumature sieno da attribuirsi alla diffusione della parete di vetro, la quale per emanarli non abbisogni di essere fluorescente (¹). In conferma di ciò posso citare le ombre a contorni ben definiti che ho ottenuto anche da distanze

⁽¹) A titolo di curiosità presento la positiva di un'impressione di noci, nocciuole, mandorle, castagne nel loro guscio, ottenuta con questo palloncino mentre non era quasi niente luminoso. Delle foglie di oleandro e di leccio hanno lasciato sulla negativa qualche lieve traccia delle loro nervature: ed è certo che si potranno ottenere belle fotografie dello scheletro delle foglie, variando opportunamente la durata della posa.

ragguardevoli, quando limitava il fascio impressionante con uno schermo avente una piccola apertura. Ma di ciò dirò più oltre.

Contegno d'un tubo durante la sua vuotatura. Il tubo che chiamo H
 (fig. 2 ad un sesto del vero) è cilindrico, lungo 150 mm. e del diametro di



F1G. 2 (1/6 del vero)

40 mm., ha uno specchio sferico di 4 cm. di raggio di curvatura, ed il centro di curvatura si trova nel centro d'un anello di filo d'alluminio, che serve da anode. Dallo specchio al fondo del tubo (che è una callotta sferica) corrono 122 mm.

Ho adoperato questo tubo tenendolo sempre attaccato ad un'ottima tromba di Geissler, così da farne variare la rarefazione a piacere. E per seguirne le varie fasi di luminosità, l'ho inserito in serie con uno spinterometro a palline sul secondario di un grande rocchetto di Ruhmkorff eccitato in modo da dare, con un interruttore rapido di Deprez, delle scintille di 6 cm. fra punte nell'aria. L'inserzione dello spinterometro è necessaria se nei primi stadi si vuole eliminare la lumi-

nosità prodotta dalle correnti di chiusura che, per la persistenza delle imagini sulla retina, si sovrapporrebbe alla luminosità destata dalle correnti di apertura. Lo specchio era il catode per quest'ultime correnti, e l'anode era l'anello comunicante collo spinterometro.

Trascuriamo gli stadî preliminari nei quali si manifestava ancora la luminosità positiva, e fermiamoci al primo stadio della sola luminosità negativa nella quale si sogliono distinguere tre strati: il primo più prossimo al catode, è di color camoscio; il secondo è denominato spazio oscuro, ma veramente, come ha rilevato il Goldstein, è di color celeste; il terzo strato, più splendente in sulle prime, è di vario colore a seconda delle circostanze, violaceo nell'aria rarefatta, bianchiccio per lo più quando è stata estratta tutta l'aria ed il tubo è invaso dagli aeriformi già assorbiti dagli elettrodi e dal vetro (1).

(¹) Questa luminosità bianchiccia è difficilissima da eliminare, specialmente se il tubo è stato a lungo in comunicazione coll'atmosfera. Avevo qui da parecchi anni un tubo fornitomi aperto dal Müller di Bonn e non mai vuotato. Ora, dopo un'ostinata azione della tromba a mercurio facendolo senza posa attraversare dalla scarica elettrica, sono riuscito a fargli assumere una bella fluorescenza verde e ad ottenerne una buona prova fotografica: ma poi la luminosità bianchiccia è ricomparsa e con essa il tubo ha perduto la sua efficacia. E ciò s'è ripetuto per ben tre volte che l'ho vuotato.

Il criterio che mi serve a riconoscere se un tubo si guasta, perchè vi si apre qualche angustissimo meato, o perchè vi si espandono degli aeriformi prima condensati all'interno, è il colore della luminosità: violaceo o rossiccio nel primo caso, biancastro nel secondo. Buone precauzioni, perchè un tubo duri, sono di arroventarlo in tutte le sue parti mentre

In questo primo stadio il secondo strato forma il doppio cono azzurrognolo col vertice nel centro di curvatura dello specchio, attraversa la luminosità bianchiccia e dove incontra il vetro vi suscita la fluorescenza, molto più viva al fondo del tubo, che si arroventa a tal punto da apparire rosso per un momento quando si sospendono le scariche.

Aumentando la rarefazione, il terzo strato si estende, impallidisce ed alla fine si dilegua. Qui diremo che comincia un secondo stadio nel quale si possono condurre al contatto le palline dello spinterometro senza che l'anode diventi luminoso. Il vertice del doppio cono celeste non è più al centro di curvatura, ma più lontano dal catode, ed il color camoscio del primo strato si è prolungato. La fluorescenza diventa più intensa lungo la parete risalendo dal fondo, ed il fondo va abbassandosi di temperatura, così che si può toccarlo senza scottarsi.

Colla scomparsa della luce biancastra, cioè al principio del secondo stadio, comincia a diventare ben visibile il fondo del criptoscopio spalmato di platino-cianuro di bario: e quindi si può dire che di qui cominci il buono dell'azione di Röntgen (1).

Spingendo ancora più oltre la rarefazione, il doppio cono si assottiglia sempre più, impallidisce anch'esso, diventa invisibile, e da ultimo scomparisce pure l'aureola color camoscio ond'era soffusa finora la concavità del catode. In questo terzo stadio lo splendore della parete laterale e quello nel criptoscopio sono al loro massimo: il fondo del tubo è appena tepido e meno lucente, anzi ha l'apparenza di essere come imbrattato da un fluido color caffè, che va risalendo alla guisa che risale l'alcool versato in fondo ad una coppa bagnata d'acqua.

Da questo terzo stadio, che ritengo il più efficace, insistendo ancora colla tromba, il passaggio della elettricità si fa più difficile, avviene come per sussulti, in corrispondenza ai quali qualche scintilla lambisce la parete esterna del tubo senza che si stacchi dagli elettrodi, ed i reofori esterni al tubo mandano degli sprazzi di luce violacea. Ma prima di ciò la fluorescenza si

si soffia e di applicarlo senza indugio alla tromba, od almeno di serbarlo chiuso ermeticamente. Durante l'azione della tromba conviene farvi passare continuamente delle scariche alternate e più forti e più frequenti di quelle che vi si manderanno poi, dopo il distacco dalla tromba.

Citerò anche il caso di una tromba di Bessel-Hagen che ho lasciata inoperosa per alcuni anni e comunicante coll'atmosfera perchè non v'era il mercurio. Con essa, sebbene a tenuta perfetta, non mi è ancora riuscito di eliminare interamente la luminosità bianchiccia del terzo strato catodico: e la tengo in azione da una settimana circa!

⁽¹⁾ Aggiunta nel correggere le bozze (5 marzo). — Ho ottenuto una fotografia anche da un tubo che si trovava nel primo stadio, ed era tutto invaso dalla luminosità biancastra; ma ciò a condizione che scoccassero nell'aria delle scintille di 4 cm. davanti all'anode. Sopprimendo queste scintille, la fotografia mancava, malgrado una lunga posa.

indebolisce sulle pareti taterali per ridursi alla callotta terminale; ed il campo del criptoscopio va facendosi più debole.

Anche altri due tubi furono da me seguiti in tutte queste fasi di luminosità.

3. Ombre direttamente ingrandite. Ho disposto il tubo H orizzontalmente; ho collocato a 5 mm. dal suo fondo la fenditura del banco di diffrazione dandole la larghezza di 1 mm., ho collocato a 48 mm. dalla fenditura un reticolo formato di fili di rame paralleli ad essa e così sottili che ne erano compresi 25 in 20 mm. Dietro al reticolo ed a distanze diverse ponevo la lastrina fotografica involtata in più doppi di carta nera.

Nel prendere questa fotografia ho avuto cura di mantenere la rarefazione nel terzo stadio, cioè al punto che non si vedesse più l'aureola color camoscio e che tutta la parete avesse un'intensa fluorescenza: e per ciò dovetti ricorrere spesso alla tromba, giacchè il semplice fatto delle scariche prolungate, muta le condizioni interne dell'aeriforme. In queste condizioni e coll'interruttore rapido ho ottenuto, fra le altre, le due fotografie p e q che presento, e coll'interruttore lento a mercurio la r. Per la p la distanza fra reticolo e lastra era di 13 mm., per la q era di 96 mm. e per la r di 120 mm.

Siamo ancora lontani dalla microscopia dell' invisibile; ma ad ogni modo abbiamo ottenuto un ingrandimento da 2 a 7 con contorni abbastanza definiti.

4. La fluorescenza pare non sia condisione necessaria all'emanazione dei raggi di Röntgen. Mi pare poter conchiudere da quanto precede che le onde, se onde ci sono, dei raggi di Röntgen debbano essere corte; e ritengo di aver provato che la sfumatura delle ombre, anche nel caso del palloncino I sia da ascriversi alla grande estensione della superfice di emissione, sebbene la parte fluorescente fosse piccolissima.



Fig. 3 (1/6 del vero)

Quest'altra esperienza mi pare che dimostri come i raggi di Röntgen possano avere origine anche senza fluorescenza.

Nel tubo H dianzi descritto, era racchiuso un dischetto di mica che, nella posizione orizzontale adoperata dianzi, non intercettava i raggi catodici. Quando invece il tubo era verticale ed il disco appoggiava sul fondo come nella fig. 2 o sull'anello come nella fig. 3, le scariche arroventavano la mica intorno al suo centro fino al rosso cigliegia, e la fluorescenza verde non si destava al di là. Mi fu impossibile in queste condizioni passare dal secondo al terzo stadio, mi fu impossibile cioè di fare scomparire il doppio cono, del resto molto assottigliato.

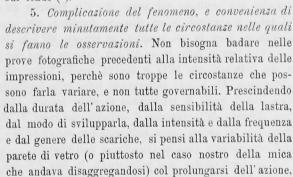
Nella posizione della fig. 2, avevo posto a 3 mm. dal fondo del tubo un diaframma di zinco ZZ con un foro di 18 mm. di

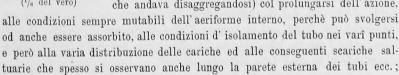
diametro e sotto, alla distanza di 22 mm., una rete metallica R che ne occupava circa la metà, ed era appoggiata direttamente sulla carta nera involgente a più doppi la lastrina fotografica LL. La positiva α è tratta dall' impressione ottenuta a questo modo.

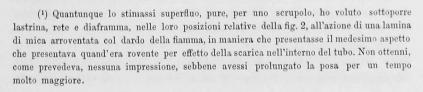
Nella posizione della fig. 3 il tubo era capovolto, avendolo fatto girare intorno al cannello che lo congiungeva colla tromba, ed il disco di mica copriva tutto l'anello che faceva da anode. Disposte così le cose, la plaga rovente era più estesa, sebbene ora la mica si trovasse nel centro di curvatura dello specchio che fa da catode. Al di sopra, ed a 3 mm. dal fondo, si trovava lo schermo di zinco ZZ col foro di 18 mm., ed a 22 mm. da esso la rete R ad immediato contatto coll'involucro della lastrina fotografica LL. La positiva b mostra l'impressione così ottenuta. E, confrontandola con la positiva a, si vede tosto che i raggi impressionanti emanavano dalla mica rovente.

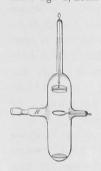
Si ha una conferma di ciò nella positiva c proveniente dalla disposizione della fig. 4, nella quale il tubo era raddrizzato, la mica era sul fondo come

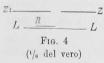
nella fig. 2; ma le distanze fra la mica e lo schermo e la lastrina erano quelle stesse della fig. 3. Essendo uguali queste distanze, l'impressione è la medesima, tanto se la mica si trova sull'anello, quanto se si trova sul fondo (1).











e si troverà giustificata la diffidenza con la quale io accolgo, oggi come oggi, le determinazioni quantitative nelle esperienze di questo genere.

Sarebbe desiderabile che gli osservatori indicassero almeno la forma e le dimensioni dei tubi e degli elettrodi, lo stadio nel quale si trova la luminosità all'atto dell'osservazione ed il modo di eccitazione. Così riceverebbero probabilmente la loro giustificazione alcuni risultati contradditorî, come per esempio quello del prof. Righi il quale trova che sotto l'azione del Röntgen un metallo isolato tende a conservare o ad acquistare una carica positiva, e quello di Borgman e Gerchun che trovano negativa la carica residua.

In alcuni casi credo che si possano osservare effetti opposti anche con un medesimo tubo eccitato nel medesimo modo, a seconda del punto esplorato nel campo esterno. Citerò un esempio. Un tubo J (del diametro esterno di 25 mm., della lunghezza di 142 mm., avente in cima per catode una callotta di 10 mm. di raggio di curvatura ed 8 mm. d'altezza ed avente verso la metà per anode un anello coassiale con la callotta) era eccitato con un interruttore rapido e col grande rocchetto che dava 6 cm. di scintilla nell'aria; si trovava nel secondo stadio di luminosità, quando cioè è scomparso tutto il terzo strato, non si manifestava più sull'anode alcuna traccia di luminosità catodica, e mostrava ancora debolmente la luminosità del secondo strato formante il doppio cono col vertice molto più lontano del centro della callotta.

Esplorato il campo col criptoscopio, questo presentava il proprio diaframma più luminoso nel mezzo che alla periferia fin che si trovava vicino al tubo; ma quando n'era discosto, appariva più scuro nel mezzo: e ciò qualunque fosse la sua orientazione rispetto all'asse del tubo.

Con questo fatto se ne collega forse un altro, che mi pare molto strano e che indicherò con tutte le riserve, perchè finora non l'ho potuto studiare abbastanza. Da alcune osservazioni fatte colla fotografia, mi è parso di rilevare che il grado di trasparenza di certe lamine variasse al variare della loro distanza dalla superfice d'emissione dei raggi X. Ma ripeto che di questo fatto non ho ancora prove sufficienti per escludere che non si sia insinuata nell'osservazione qualche circostanza perturbatrice.

6. Applicazioni alla petrografia. In fine dirò che fra le varie fette di roccie favoritemi del R. Opificio delle Pietre Dure, ho riscontrato alcune singolarità nei diaspri: ed ho pregato il prof. Grattarola di studiare la questione sotto l'aspetto mineralogico. Le altre roccie non erano in fette abbastanza sottili da dare delle differenze notevoli.

Le gemme orientali che ho provate in confronto di quelle occidentali d'ugual nome, non offrono differenze di opacità tali da farle riconoscere, come si riconoscono con sicurezza i diamanti veri fra i falsi.

7. Aggiunta il 5 marzo nel rivedere le prove di stampa. — In questi giorni il sig. Calamandrei mi ha preparato due tubi simili a quello della fig. 2, ma contenenti l'uno un disco di platino di $^4/_{100}$ di mm., l'altro un

disco di porcellana che ho ricavato da un piattino del Ginori ed assottigliato collo smeriglio fino a $^1/_2$ mm. Entrambi i dischi erano relativamente più grandi di quello di mica segnato nella fig. 2, perchè occupavano quasi per intero la sezione dei tubi. Amendue i tubi erano eccitati coll'interrutruttore rapido e col grande rocchetto che dava scintille di 15 cm. nell'aria. Furono mantenuti entrambi fra la fine del secondo ed il principio del terzo stadio di rarefazione: e colla disposizione della fig. 2 mi hanno dato la fotografia d'una rete metallica. Il platino era rovente nel mezzo, e sublimandosi ha annerito la parete laterale fino all'altezza dell'anello che faceva da anode, mentre ha lasciato trasparente l'emisfero sottostante.

Al vetro ed all'alluminio sono dunque da aggiungere la mica, il platino e la porcellana, che emettono raggi di Röntgen quando sono colpiti dai raggi catodici.

Fisica terrestre. — Dei terremoti di Spoleto nell'anno 1895; con Catalogo dei terremoti storici della valle Umbra. Memoria del Socio T. Taramelli e del prof. P. I. Corradi.

Questo lavoro sarà pubblicato nei volumi delle Memorie.

Matematica. — Su di un teorema del sig. Netto relativo ai determinanti, e su di un altro teorema ad esso affine. Nota di Ernesto Pascal, presentata dal Socio Cremona.

Questa Nota sarà pubblicata nel prossimo fascicolo.

Meccanica. — Sul moto del polo terrestre. Nota di G. Peano, presentata dal Socio Brioschi.

Nella mia Nota, pubblicata negli Atti della R. Accademia di Torino, 5 maggio 1895, ed avente questo stesso titolo, dopo aver applicato l'Ausdehnungslehre di H. Grassmann ai principî della meccanica, come esercizio numerico dell'ultima proposizione, mi proposi di stimare la velocità con cui si spostano le terre polari in virtù dei moti della parte fluida del nostro globo. Ma l'aver fatto uso di questo nuovo metodo, e l'avere in una Nota: Sul moto d'un sistema nel quale sussistono moti interni variabili (Rendiconti della R. Acc. dei Lincei, 1 dicembre 1895) esposti i risultati sopprimendone la dimostrazione, può lasciare oscurità in qualche lettore. Quindi non sarà del tutto inopportuno il tradurre alcune di quelle formule in coordinate car-