LA PSEUDO-DIFFRAZIONE DEI RAGGI X.*Nota del Dott. G. ERCOLINI.*

Ora che ho potuto condurre a termine le misure affidatemi dal Prof. Ròiti, com'è detto nella Nota da lui presentata il 3 Gennaio alla R. Accad. dei Lincei ¹⁾, ne riferirò qui i risultati principali.

Prima di tutto ho voluto provare se con la luce d'un lume d'Auer ottenevo risultati simili a quelli che ebbero già pei raggi X i Prof. Ròiti ²⁾, Villari ³⁾ e Righi ⁴⁾ ed in appresso decidere la questione proposta dal Prof. Ròiti, se cioè, in un comune tubo di Crookes si debbano considerare come due sorgenti d'estensione e d'intensità diverse il fondo di vetro anticatodico ed il dischetto d'alluminio, che agisce da catodo e che può diventare anticatodo pei raggi riflessi dal fondo; oppure se le due sorgenti più attive sieno tutto il fondo e la piccola porzione di esso che è direttamente opposta al catodo.

Per questo ho collocato il lume, portante lo scartoccio di vetro spulito, in un involucro nero ed opaco, munito d'un foro del diametro di cm. 2,5 (dimensione comune del disco d'alluminio dei tubi periformi). Questo foro era occupato da buona carta da lucidare, e a 24 cm. da esso (che tanto ci corre all'incirca fra catodo e fondo dei soliti tubi) ho posto uno schermo di carta da scrivere, scelta della più uniforme, portante un foro di cm. 2,5.

Ad immediato contatto di questo schermo ne ho messo uno opaco, perfettamente nero, avente un foro di 9 cm. di diametro, e che rappresenta il foro della cassa di piombo in cui il Villari chiuse il tubo di Crookes; mentre uno schermo

1) V. l'Estratto nel Nuovo Cimento, vol. V, pag. 227.

2) Rendiconti della R. Acc. dei Lincei, 1^o Marzo 1896.

3) Del ripiegarsi dei raggi X dietro i corpi opachi. R. Accademia dei Lincei, 21 Giugno 1896.

4) Sulla propagazione della elettricità nei gas attraversati dai raggi di Röntgen. R. Accad. d. Scienze dell'Istit. di Bologna, 31 Maggio 1896.

bianco a 45 cm. dall'ultimo, e un disco nero di cartone del diametro di 13 cm. interposto, rappresentano rispettivamente la pallina dell'elettroscopio e il disco opaco di piombo usati dal Villari.

Questi metteva il disco opaco a varie distanze DE dall'elettroscopio, e, volta per volta, misurava il tempo t di scarica di 10° . Per $DE = \text{cm. } 26,4$ trovò $t = 18'$; e nel caso mio sullo schermo bianco si presenta un'ombra il cui contorno è leggermente più oscuro del resto. Per $DE = \text{cm. } 20,4$ $t = 17''$: ho un'ombra a contorno sfumato, con una corona oscura che circonda un circolo meno oscuro. Per $DE = \text{cm. } 15$, $t = 13'',1$: la corona oscura è più stretta, ma esternamente è circondata da una più larga, e il cerchio interno è diventato più chiaro. Per $DE = \text{cm. } 7$, $t = 10'',1$: la corona oscura e l'esterna più chiara sono meno estese, e il cerchio interno è ancora leggermente più chiaro. Per $ED = \text{cm. } 1,8$ $t = 22''$: l'aspetto è cambiato interamente, poichè la corona esterna chiara presenta un margine un po' più oscuro e nel suo interno trovasi un circolo più oscuro; il quale, anzichè essere uniforme, presenta una estesa sezione centrale perfettamente oscura.

Anche a questo modo adunque si riscontra, come ha trovato il Villari pei raggi X, che la distanza di 7 cm. è una *distanza critica*.

Anzi l'oscuro nel centro del disco circondato dalla corona circolare comincia a comparire tra i 4 e i 5 cm. dallo schermo bianco; e questa distanza si mantiene pressochè costante anche quando s'avvicina all'ultimo foro di 9 cm. di diametro lo schermo sul quale si osservano le ombre.

Ho poi sovrapposto lo schermo opaco, portante il foro di cm. 9, all'involucro del lume avente l'altro foro di cm. 2,5, ed ho osservato, alle solite distanze, i vari aspetti delle ombre, le quali, poichè in questo caso lo schermo bianco viene a trovarsi 24 cm. più vicino al lume, sono più intense, e le differenze quindi riescon più spiccate.

Senza entrare in minuti particolari dirò che fino dalla distanza di cm. 26,4 fra disco opaco e schermo bianco, si manifesta spiccatamente la corona circolare oscura, che va sempre

impiccolendo insieme con la distanza, mentre il cerchio più chiaro, che essa comprende, comincia a farsi oscuro nel centro tra i 7 e i 7 cm. e mezzo: così che la *distanza critica* sarebbe maggiore di quella trovata dal Villari.

Quest'ultimo fatto potrebbe valere come indizio che l'ultima disposizione con gli schermi sovrapposti rappresenta meno bene della prima i fenomeni prodotti da un tubo di Crookes periforme.

Rinnovando le osservazioni con dischi opachi di diverso diametro, ho veduto che, come aveva già trovato il Villari, la distanza critica aumenta con le dimensioni del disco opaco.

Ho pure ripetuto le esperienze analoghe a quelle del Righi e sono ricorso alla disposizione prima, cioè coi primi due schermi discosti di 24 cm.; ma per uniformarmi ai dati del Righi, ho praticato nello schermo opaco un foro di 10 cm. di diametro, ho usato un disco opaco del diametro di 15 cm., ed ho collocato a 21 cm. dallo schermo col foro di 10 cm. lo schermo bianco sul quale osservo le ombre.

Facendo uguale ad 1 cm. la distanza d del disco dal tubo di Crookes, il Righi ha per la dispersione δ il valore 0,004; nel mio caso, usando la stessa distanza fra il disco opaco e lo schermo bianco, si vede su questo una grande ombra uniforme. Per $d = \text{cm. } 2$ egli ha $\delta = 0,005$; ed in questo caso l'ombra è più intensa. Per $d = \text{cm. } 5$, $\delta = 0,016$: l'ombra è sostituita da una corona circolare sfumata racchiudente un cerchio più chiaro; e così pure per i casi di $d = \text{cm. } 11$ in cui $\delta = 0,020$ e $d = \text{cm. } 17$ in cui $\delta = 0,043$, astrazione fatta però dalle dimensioni, poichè la corona si fa sempre più stretta. Invece per $d = \text{cm. } 19$, per cui $\delta = 0,045$, il cerchio racchiuso dalla corona circolare è del diametro di 14 cm. e mezzo, e porta un cerchio oscuro del diametro di circa 8 cm.

A quest'ultima distanza ho un risultato quasi identico sovrapponendo lo schermo opaco all'involucro del lume.

Se queste esperienze danno una distanza critica, mentre il Righi ha osservato un continuo aumento nella dispersione, ciò deve derivare dalla circostanza che il Righi esaminò la dispersione provocata sopra un disco di 11 cm. di diametro, il quale è, come si vede, alquanto maggiore dell'ombra data

a quella distanza dal tubo, e quindi una parte di esso restò sempre *investita* dalla regione più chiara; il Villari invece, usando la sferetta dell'elettroscopio, esplorava la sola regione centrale dell'ombra.

Per consiglio del Prof. Ròiti, ho fatto poi delle esperienze con un tubo così detto *focus*, avente cioè l'anticatodo di platino, per decidere la questione da lui proposta anche per questi tubi.

Ne ho usato uno della *Allgemeine Elektrizität Gesellschaft* di Berlino, avente il diametro esterno di cm. 7,5, l'anticatodo quadrato di 12 mm. che, essendo inclinato di 45° , guardato di fronte, si vede alto 7 o 8 mm. Affacciato questo tubo ad un foro di 4 cm. di diametro, praticato in una larga lamina di piombo, ho fatto due fotografie, a lunga posa, d'un disco di piombo del diametro di cm. 5 posto una volta a 9 cm. e un'altra a 20 da una lastra Lumière, distante dalla lamina forata 29 cm. in entrambi i casi. Per meglio riconoscere le regioni impressionate ho coperta metà della lastra fotografica con una rete metallica.

La negativa della prima fotografia porta un cerchio chiaro di cm. 5,4 di diametro, circondato da una corona circolare leggermente oscura, larga cm. 0,45, circondata essa pure da un'altra molto più oscura, larga cm. 0,15 compresa nel campo uniformemente nero della lastra impressionata. La seconda negativa invece porta un circolo chiaro del diametro di cm. 6,95, circondato da una corona leggermente oscura e sfumata, larga cm. 1,8, circondata alla sua volta da un'altra più intensa, larga mm. 4, alla quale fa seguito il campo nero della lastra.

Evidentemente le corone oscure a contatto col campo nero della lastra sono dovute a penombra.

Ho allora disegnato, in vera grandezza e in sezione, il disco opaco, il foro della lastra di piombo e le lastre fotografiche con le dimensioni delle relative corone, ed ho veduto che, in tutti e due i casi, unendo il margine del foro con quello del disco, le rette vanno a cadere precisamente là ove comincia internamente la prima corona circolare; mentre avendo il punto ove finisce questa prima corona col margine

del disco, le rette s'incontrano al di là dell'anticatodo, e da questo si trovano distanti circa 1 cm.

Allora ho praticato nell'involucro opaco del lume d'Auer un foro di 1 cm. e l'ho tappato con buona carta da lucidare; alla distanza di circa cm. 3,5 ho messo uno schermo nero con un foro del diametro di cm. 4, coperto da un doppio strato della solita carta da lucidare. Questa carta, oltre a diffondere la luce uniformemente, è anche assai trasparente, in modo che attraverso il doppio strato si vede abbastanza distintamente il foro più illuminato dell'involucro del lume.

Evidentemente questo foro corrisponde all'anticatodo e il doppio strato di carta al fondo del tubo adoperato nelle fotografie.

Sopra uno schermo bianco a 29 cm. dallo schermo con foro di cm. 4 ho raccolto l'ombra d'un disco nero di 5 cm. di diametro.

Alle medesime distanze tenute nelle fotografie ho avuto delle ombre di dimensioni in tutto uguali a quelle che sono sulle negative. Sovrapponendo invece lo schermo opaco col foro di 4 cm. all'involucro del lume, alle stesse distanze ottengo delle ombre di dimensioni molto diverse dalle fotografie.

Dunque in questo caso dei tubi *focus* è accertato che la lastrina anticatodica ed il fondo del tubo funzionano come due sorgenti d'intensità diversa, distinte fra loro.

Ho voluto finalmente esaminare le diverse apparenze che si hanno nella proiezione d'una fenditura rettilinea parallela ad una sorgente luminosa di grande estensione, limitata da un'altra fenditura rettilinea. Alcuni sperimentatori, avendole ottenute con tubi di Crookes, le hanno riguardate come frangie di diffrazione dei raggi X.

Mentre da un lato il Perrin, il Sagnac, Calmette e Lhuillier, ed il Gouy deducono dai fenomeni osservati alcuni limiti superiori per la lunghezza d'onda dei raggi X, dall'altro il Fomm, il Kùmmel e il Precht ammettono senz'altro la diffrazione e danno delle lunghezze d'onda diversissime fra loro, ma determinate.

Infatti il Perrin ¹⁾ fa delle esperienze con due fenditure e dice che le lunghezze d'onda possibili dei raggi X devono essere molto inferiori alla lunghezza d'onda della luce verde. Il Sagnac, in una prima memoria ²⁾, da esperienze fatte con reticoli conclude che i raggi X non possiedono lunghezze d'onda superiori a 4 centesimi di micron, cioè al più possono arrivare alla decima parte della lunghezza d'onda del verde; in una seconda memoria ³⁾ però, dopo aver dimostrato che, per non cadere in errore nell'apprezzamento delle apparenze che si hanno dai tubi di Crookes con fenditure e con reticoli, è necessario confrontare con cura le ombre del Röntgen con le ombre prodotte da una sorgente luminosa comparabile per intensità, forma e splendore dei diversi punti alla sorgente dei raggi X, aggiunge che il risultato preciso d'un tale confronto è che la diffrazione non si è mai manifestata per i raggi X.

Calmette et Lhuillier ⁴⁾ usando dei reticoli, ottengono delle apparenze, e sembra loro impossibile non ascriverle a diffrazione dei raggi X, ma non danno la lunghezza d'onda; credono peraltro che questa sia superiore a quella dei raggi luminosi. Il Gouy ⁵⁾ da esperienze fatte con reticoli e con tubi focus, deduce che, *se la diffrazione esiste* come per la luce ordinaria, le lunghezze d'onda dei raggi X devono essere molto inferiori alla centesima parte della lunghezza d'onda del verde.

Ed il Fomm ⁶⁾ trova che questa lunghezza è 15 volte più piccola della più piccola osservata nell'ultravioletto; il Kümmel ⁷⁾ la trova invece lunghissima, cioè $\frac{1}{300}$ di millim.; e più recentemente il Precht ⁸⁾ trova questa lunghezza essere dell'ordine da 37×10^{-6} a 83×10^{-6} cm. cioè dall'ultravioletto all'ultrarosso.

Fra tutte le esperienze fatte da questi sperimentatori, ho prima esaminato quelle del Fomm.

1) Comptes Rendus, 27 gennaio 1896, p. 186.

2) Comptes Rendus, 31 marzo 1896, p. 783.

3) Comptes Rendus, 23 novembre 1896, p. 880.

4) Comptes Rendus, 20 aprile, 1896, p. 877.

5) Comptes Rendus, 6 luglio, 1896, p. 43.

6) Wied. Ann. 6 Settembre, 1896, p. 350.

7) Beiblätter N° 6, 1886, p. 585.

8) Nature, 4 marzo 1897, p. 418.

Egli adoprò un tubo periforme, e perciò io, alla distanza di circa 30 cm. da un grande schermo opaco, portante nel centro un foro di cm. 2,5 di diametro, coperto con un solo strato di carta da lucidare, ed investito pienamente da un fascio di luce solare, ho messo uno schermo di doppio strato di questa carta. Dietro questo schermo ho posto il banco di diffrazione, sulle guide del quale si trovano due fenditure rettilinee ed un oculare con reticolo. A circa mezzo centimetro dal secondo schermo ho posto la prima fenditura, che ho tenuta larga cm. 0,05; a 20 cm. da quest'ultima il reticolo dell'oculare. Guardando attraverso a questo e regolando la seconda fenditura in modo da ottenere le frangie di diffrazione, è noto che, allargandola sempre più, le frangie si strettiscono, poi comincia ad apparire nel mezzo della fenditura un primo minimo, cioè una linea nera, poi un massimo, quindi due minimi ecc.

Se a è la distanza delle due prime fenditure, b quella fra la seconda fenditura e lo schermo, al quale io sostituisco il reticolo dell'oculare, r il semidiametro della seconda fenditura, la formula del Lommel ¹⁾, applicata dal Fomm, dà per la lunghezza d'onda λ il valore:

$$(1) \quad \lambda = \frac{2\pi}{y} \frac{a+b}{ab} r^2$$

dove y è una costante, che dalle tavole del Lommel si trova essere, in questo caso, uguale a 11. Facendo $a = 200$ mm., $b = 200$ mm. $r = 0,05$ mm. il Fomm ha:

$$\lambda = 0,000014 \text{ mm. cioè } \lambda = 1,4 \times 10^{-6} \text{ cm.}$$

Usando le stesse distanze non mi è stato possibile ottenere il primo minimo con $r = 0,05$ mm.; ma l'ho avuto per $r = 0,5$ mm., nel qual caso la (1) dà:

$$\lambda = 35,7 \times 10^{-6} \text{ cm.}$$

cioè la lunghezza d'onda nell'ultravioletto, ma 25 volte più grande di quella data dal Fomm.

1) Lommel-Abhandl. d. k. bayer. Akad. d. Wissensch, II Kl. 15 III Abth 1886.

Ho peraltro osservato che facendo $r = 0,05$ mm. per avere il primo minimo occorre avvicinare l'oculare alla fenditura, in modo che il reticolo disti da questa di circa cm. 1,5; nel qual caso la (1) darebbe:

$$\lambda = 10 \times 10^{-6} \text{ cm.}$$

cioè una lunghezza d'onda circa 10 volte più grande di quella data dal Fomm.

Questa distanza b aumenta sempre più a misura che si aumenta r , e ciò qualunque sia a .

Strettendo sempre più la fenditura che limita la sorgente, ho veduto che, qualunque sia a , per un dato valore di b , diminuisce il valore di r ; oppure per un dato valore di r , aumenta il valore di b pei quali si ha il primo minimo.

Con la prima fenditura larga mm. 4, con $a = \text{cm. } 19$ e $r = 0,5$ mm. ho ottenuto un primo minimo per $b = 5$ cm. circa, che, stando alla (1), porterebbe ad una lunghezza d'onda

$$\lambda = 360 \times 10^{-6} \text{ cm.}$$

che è presso a poco uguale a quella che il Kümmel, usando questa distanza a e questa dimensione r della fenditura, ha trovato pei raggi X, cioè:

$$\lambda = 333 \times 10^{-6} \text{ cm.}$$

Tutto questo porta a concludere che non si tratta di diffrazione vera e propria, giacchè, come si vede, si ottengono lunghezze d'onda che vanno dall'ultrarosso all'ultravioletto.

Ben volentieri compio il dovere di ringraziare vivamente il Prof. Ròiti che mi ha guidato nell'istituire queste misure.

R. Istituto di studi superiori. Firenze, marzo 1897.

Questa Nota era già alle stampe, quando mi è arrivato il fascicolo d'Aprile del *Journal de Physique* dove il sig. Sagnac ha raccolto in un articolo le sue comunicazioni fatte precedentemente all'Accademia, e dove ripete, senza però addurre nessuna misura, che i fenomeni di apparente diffrazione osservati dal Villari e da altri, si possono spiegare come dovuti alle penombre.

Dice poi che « se si adopera la luce, con larghezze di fenditure o di aste assai grandi e con distanze assai piccole, in modo che non si produca più la diffrazione, si ottengono delle frangie apparenti che occupano le stesse posizioni che sulle fotografie ottenute nelle stesse condizioni coi raggi X ».

Questo in sostanza è l'enunciato delle determinazioni che formano oggetto della presente mia Nota, la quale si potrà, se non altro, considerare come una dimostrazione dell'enunciato medesimo.

SULLA DEVIAZIONE ELETTROSTATICA DEI RAGGI CATODICI.

Nota di QUIRINO MAJORANA ¹⁾.

Crookes, in uno dei suoi lavori aveva riconosciuto che il cammino di un fascio di raggi catodici, resta modificato dalla presenza, nello stesso tubo di scarica, di un altro fascio emanante da un secondo catodo.

Questo fatto venne interpretato da Crookes come dovuto ad un'azione di reciproca repulsione dei due fasci di raggi; e tale interpretazione era per il fisico inglese una conferma della sua teoria della materia raggiante, giacchè ammettendo questa si capirebbe, in massima, come particelle elettrizzate, lanciate in direzioni parallele e vicine, e contemporaneamente, possano vicendevolmente respingersi. Ma l'interpretazione vera del fenomeno scoperto da Crookes, non è così semplice come questi vorrebbe. Goldstein aveva osservato, anche prima che Crookes pubblicasse i suoi lavori, che il cammino dei raggi catodici non è, salvo specialissime eccezioni, quasi mai rettilineo. Prescindendo dal fatto che tal cammino è variabile con la pressione, egli riconobbe che, pur mantenendo questa costante, la presenza di un secondo catodo nell'interno di un tubo, altera il cammino predetto; e ciò non in conseguenza di azione reciproca dei fasci di raggi.

Posteriormente E. Wiedemann ed Ebert, confermarono l'asserzione di Goldstein, e fecero vedere che lo spostamento

¹⁾ Rend. della R. Accad. dei Lincei, Serie V, vol. 6, p. 183, (1897).