

1923

ANNO LXIX

GENNAIO-FEBBRAIO

IL NUOVO CIMENTO

Fondato da CARLO MATTEUCCI *e* RAFFAELE PIRIA
e continuato da ENRICO BETTI *e* RICCARDO FELICI

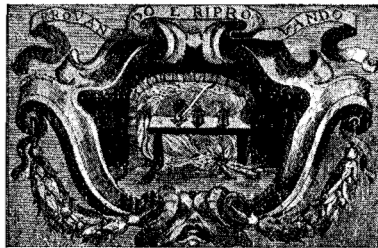
ORGANO DELLA SOCIETÀ ITALIANA DI FISICA

DIRETTORI: VITO VOLTERRA - ANTONIO GARBASSO

DIRETTORE REDATTORE: LUIGI PUCCIANTI

DELEGATI DELLA SOCIETÀ:

MICHELE CANTONE - TULLIO LEVI-CIVITA



SERIE VII - FASCICOLO I-II

VOLUME XXV

FORMAZIONE DI IMMAGINI COI RAGGI RÖNTGEN.

Nota del Dott. ENRICO FERMI.

I Raggi Röntgen non subiscono nè rifrazioni nè riflessioni, almeno nel senso ordinario di questa parola, poichè la riflessione di diffrazione avviene solo sotto angoli di incidenza determinati. Ne segue che nell'ottica dei raggi X il problema di ottenere immagini non può, come nell'ottica ordinaria, risolversi per mezzo di lenti o di specchi sferici.

Gouy ¹⁾ ha suggerito teoricamente un metodo per ottenere delle immagini monocromatiche con raggi X, per mezzo di un cilindro di mica. Esso è, in poche parole, il seguente:

Consideriamo un cilindro circolare di mica e supponiamo che in un punto del suo asse sia una sorgente S di raggi Röntgen monocromatici. Essi si rifletteranno sulla mica in quei punti per i quali è verificata la relazione di Bragg, che si trovano evidentemente sopra cerchi sezione del cilindro. Ed i raggi riflessi sopra uno di questi cerchi si riuniranno evidentemente in un punto I dell'asse, simmetrico di S rispetto al piano del cerchio riflettente, dove si avrà un'immagine reale monocromatica di S.

Se S si trovasse nelle vicinanze dell'asse se ne formerebbe ancora un'immagine nelle vicinanze dell'asse ²⁾. Supponiamo ora di avere in vicinanza dell'asse una figura piana dai cui punti escano raggi X monocromatici, e di porre una lastra fotografica nella posizione dove se ne forma l'immagine.

Sia r la distanza specchio oggetto, R il raggio del cilindro di mica, θ l'angolo di incidenza di Bragg, r' la distanza immagine specchio. Se proiettiamo il tutto sopra un piano perpendicolare all'asse del cilindro di mica le proiezioni di r ed r'

¹⁾ Gouy, — *C. R.*, 161. pag. 175, 1915.

²⁾ Purchè naturalmente, il cilindro sia limitato ad una regione sufficientemente piccola compresa tra due generatrici.

saranno $r \cos \theta$, $r' \cos \theta$; e quindi per le solite formule degli specchi sferici sarà

$$\frac{1}{r \cos \theta} + \frac{1}{r' \cos \theta} = \frac{2}{R},$$

da cui

$$r' = \frac{Rr}{2r \cos \theta - R}.$$

Il coefficiente lineare di ingrandimento dei seguenti perpendicolari ad r e all'asse del cilindro sarà:

$$(1) \quad \mu_1 = \frac{r'}{r} = \frac{R}{2r \cos \theta - R}$$

Se l'oggetto è in vicinanza dell'asse si ha dunque press'a poco $\mu_1 = 1$.

Per calcolare l'ingrandimento dei segmenti paralleli al piano dell'asse e di r indichiamo con φ e φ' gli angoli che le perpendicolari al piano dell'oggetto e della lastra fotografica formano risp. con r , r' .

Si vede allora subito che l'ingrandimento cercato è:

$$(2) \quad \mu_2 = \frac{\cos \varphi'}{\cos \varphi}.$$

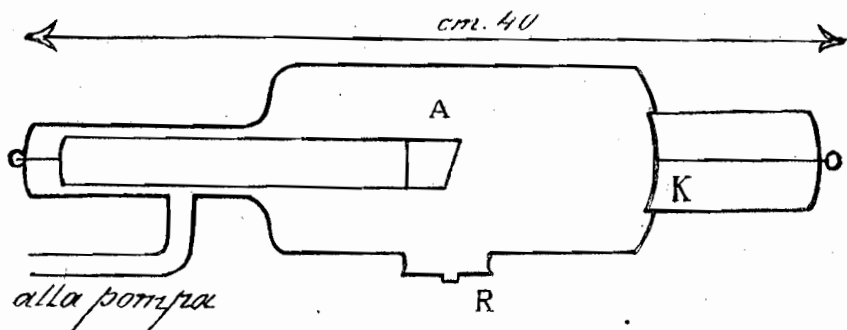
Supponiamo ora di fotografare una fenditura posta perpendicolarmente al piano di r e dell'asse con una lastra di mica piana di lunghezza l . Se h è la lunghezza della fenditura la lunghezza della sua immagine sarà $2l + h$. Se invece curviamo la mica in modo che l'immagine si formi in fuoco la lunghezza diventerà h . Le intensità delle due immagini staranno evidentemente press'a poco nel rapporto inverso delle loro lunghezze. Il loro rapporto è dunque

$$\frac{2l + h}{h}.$$

Se per esempio $h = 1$ cm. $l = 4$ cm. il rapporto è 9. La intensità è dunque quasi decuplicata.

Descriverò ora il modo con cui mi è riuscito ottenere effettivamente queste immagini.

La sorgente dei raggi era costituita da un tubo della forma e dimensioni indicate press'a poco nella figura.



Facevo il vuoto nel tubo con una pompa rotativa Cacciari, tipo Gaede. Il catodo K era concavo, di raggio di 6 o 7 cm. quando si desiderava concentrare il più possibile i raggi catodici sopra l'anticatodo; volendo invece che tutta la superficie dell'anticatodo fosse colpita dai raggi, il catodo veniva fatto di raggio più piccolo. L'anticatodo era generalmente di ferro e qualche volta era tagliato quasi perpendicolarmente ai raggi catodici, per modo da poter fare a meno della fenditura. In altre esperienze invece era tagliato a becco di flauto, in modo da presentare una superficie estesa agli strumenti di osservazione. Siccome le radiazioni caratteristiche, del ferro sono considerevolmente assorbite dal vetro dell'ampolla trovai opportuno di fornire i tubi di una finestrella di alluminio R. Durante il funzionamento il tubo era mantenuto attaccato alla pompa, per modo che dopo un po' di tempo assumeva un regime abbastanza regolare. Il tubo era azionato da un grosso rocchetto di induzione con interruttore Wehnelt; nelle condizioni ordinarie la scintilla equivalente era di 10 o 12 cm.

Il tubo era racchiuso in una cassetta di legno foderata di piombo dello spessore di 6 mm. dalla parte degli strumenti, e di 3 dalle altre parti.

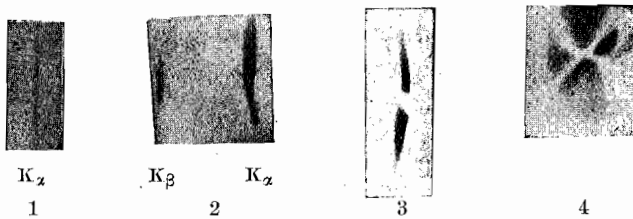
Per ottenere delle immagini discretamente precise era necessario che la lastra di mica riflettente fosse il più possibile regolare. Essa veniva perciò accuratamente scelta tra molti campioni, e tuttavia non mi è mai riuscito di trovarne di quelle che, alla riflessione della luce, si mostrassero più regolari di un ordinario vetro da finestra. A questo fatto sono dovute le irregolarità e i baffi osservabili nelle immagini riportate. La mica veniva curvata legandola strettamente sopra un cilindro tornito di ottone. Sopra la parte convessa si stendeva poi uno strato di ceralacca spesso poco più di mezzo centimetro. Quando la ceralacca si era raffreddata si potevano togliere le legature e distaccare lo specchio dal cilindro. A questo modo mi è riuscito di ottenere degli specchi cilindrici relativamente precisi dato limite imposto dalla naturale irregolarità delle lamine utilizzate. Essi avevano per lo più dimensioni di 4×6 cm. ma ordinariamente se ne limitava l'apertura riducendola a 4×2 per utilizzare le porzioni meno irregolari, che si giudicavano provando gli specchi alla riflessione della luce ordinaria. Lo specchio era montato su un cerchio graduato per poterlo mettere a posto. (L'angolo di cui si girava, per l'esame del 3.° ordine della K_z del ferro era $16^\circ 50'$). La rivelazione dei raggi era fatta fotograficamente.

Eseguii dapprima alcune esperienze di orientamento con cristalli piani per accertare la natura dell'anticatodo e l'intensità delle riflessioni dei vari ordini. Risultò che veniva emessa la doppia K_z K_z , ($\lambda = 1,932$; $1,928$) poco risolvibile nelle condizioni sperimentali in cui mi trovavo; la K_β ($\lambda = 1,748$). La K_γ era poco visibile per la scarsa intensità. Gli ordini più intensi erano il primo ed il terzo. Preferii lavorare sopra il terzo per non dover usare angoli di incidenza troppo vicini a 90° .

Esperimentai poi l'indicato metodo per ottenere immagini dapprima sopra l'anticatodo che funzionava anche da fenditura.

Le distanze anticatodo cristallo e cristallo immagine variavano tra 18 e 22 cm. La posa durava una decina di minuti.

Potei subito constatare il fortissimo aumento di intensità che così si otteneva. Una grossolana idea di questo è data dalle figure 1 e 2 che rappresentano due fotografie del 3.º ordine della K_{α} del ferro fatte press'a poco nelle stesse condizioni di posa e di funzionamento del tubo, la prima con mica piana e la seconda con mica curva. L'aumento di intensità anzi, specialmente usando specchi di apertura di 6 cm. era tale che abituando qualche minuto l'occhio al buio della stanza si riusciva a vedere distintamente le immagini sopra uno schermo di platino-cianuro di bario. Dalla fig. 2 è chiaramente visibile che l'intensità di emissione della parte centrale dell'anticatodo, dove venivano concentrati i raggi catodi-



dici è notevolmente maggiore di quella delle parti laterali. Ciò si vede perchè il metodo delle immagini permette una osservazione della fenditura « alla Lockyer » permette cioè di osservare punto per punto ciò che accade nella fenditura. Per mettere ciò meglio in chiaro feci la seguente esperienza: Misi davanti alla finestra d'alluminio del tubo un filo di piombo del diametro di circa 1 mm. e spostai la lastra fotografica in modo da portarla nel punto dove si formava l'immagine della finestra di alluminio.

La fig. 3 dà il risultato di questa esperienza; in essa è chiaramente visibile l'intervallo prodotto nell'immagine dal filo di piombo.

La fig. 4 rappresenta infine un tentativo di ottenere l'immagine di un oggetto a due dimensioni. L'anticatodo di ferro fu perciò tagliato a becco di flauto e vi furono fatti due solchi

in croce nei quali furono incastrati due fili di rame in modo da formare una specie di X. Nella fig. 4 si vede l'immagine di questa X, naturalmente insieme a parecchie irregolarità dovute alla irregolarità del riflettore.

* * *

Questo lavoro fu eseguito nell' Istituto di Fisica della R. Università di Pisa nell' inverno 1922.
