

ATTI  
DELLA  
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCXCV.

1898

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME VII.

1° SEMESTRE



ROMA  
TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1898

Fisica. — *Sulla diffusione dei raggi Röntgen* (1). 2ª Nota dei dott. R. MALAGOLI e C. BONACINI, presentata dal Socio BLASERNA.

Nella presente Nota esponiamo i risultati di uno studio sperimentale che abbiamo fatto sul comportamento dei corpi nel fenomeno di diffusione dei raggi X, attenendoci ad un metodo esente dalle cause d'errore da noi rilevate (2).

II. La disposizione speciale da noi seguita, e che è rappresentata in sezione verticale nella fig. 1, permette di studiare due diffusori ad un tempo  $R$  ed  $R_1$

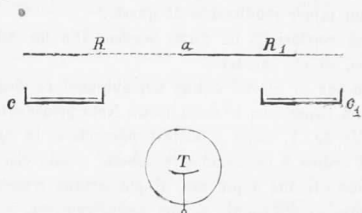


FIG. 1.

e di utilizzare quindi meglio la radiazione del tubo  $T$  durante le pose sempre assai lunghe (almeno 1 ora e mezza). Le lastre sensibili, avvolte in più buste di carta nera, sono affacciate ai diffusori, alla distanza di circa 4 cm., entro due scatole di piombo  $c$  e  $c_1$ ; sulle lastre stanno gli oggetti di cui si voglia l'ombra radiografica.

Regolando opportunamente le distanze delle diverse parti, si può ottenere che ciascuna delle due lastre risenta soltanto l'azione di quel diffusore che le sta sopra: così si evita di porre in  $a$  un tramezzo, la cui influenza evidentemente disturberebbe.

Capovolgendo la figura, si ha la disposizione che ci ha servito usando come diffusori dei corpi liquidi oppure delle polveri: come recipienti furono allora sempre adoperate bacinelle ampie e profonde (3).

(1) Lavoro eseguito nel R. Istituto Tecnico di Modena.

(2) Vedi Iª Nota, Rendiconti Lincei, 20 febbraio 1898.

(3) Facendo uso di polveri leggere, bisogna anche evitare la disseminazione che ne fa il tubo per effetto elettrostatico. Trovammo sufficiente per ciò collocare fra il tubo ed il diffusore un sottile foglio di carta.

III. Sperimentando con tale dispositivo, siamo giunti ai seguenti risultati:

1°. Abbiamo intanto assodato anche una volta che tutti i corpi studiati, solidi o liquidi, danno luogo, in maggiore o minor grado, ad una diffusione di raggi.

In generale con metalli pesanti si ha una impressione vigorosa; però anche corpi di altro genere ci hanno date azioni grafiche assai intense, particolarmente un forte strato di cartone e di olio di ulivo.

L'intensità della diffusione va, *caeteris paribus*, diminuendo man mano che il *focus* invecchia. Questa circostanza si è costantemente verificata per ognuno dei 4 tubi, che noi abbiamo usato nelle nostre esperienze: essa può attribuirsi tanto alla penetrazione ognora crescente dei raggi emessi dal tubo, come anche ad un minor rendimento di questo.

2°. I raggi rinviati da un corpo possono alla lor volta venir diffusi da un altro corpo, su cui incidano.

Questa diffusione di second' ordine noi abbiamo verificato, sia col metodo descritto nella Esperienza 1ª della nostra Nota precedente, sia duplicando il dispositivo della fig. 1, come è facile comprendere. In ogni caso il fascio diffuso di second' ordine è estremamente debole, e solo con durate di esposizione lunghissime (di due o più ore) si può averne traccia sicura.

3°. L'effetto di diffusione, se non esclusivamente, è prevalentemente superficiale, per corpi opachi ai raggi X. — Così ad es. una lastra di rame di  $\frac{1}{4}$  di mm. di spessore ed un'altra spessa 4 mm. danno effetti uguali. Dieci fogli di stagnola sovrapposti non danno differenza apprezzabile nella diffusione da quella che si ha da un foglio solo ecc.

Però, quanto più il corpo è trasparente pei raggi X, tanto maggiore è lo spessore dello strato attiguo alla superficie che sembra prender parte al fenomeno. — Così un cartone di 1 mm. di spessore diffonde meno di 2 cartoni uguali sovrapposti. Ad analogo risultato si arriva colla paraffina, coll'ebanite etc., adoperate in istrati di diverso spessore.

4°. La diffusione di un solido non varia, se lo si prende in uno stato di suddivisione più o meno avanzata. — Così una lastra di ferro produce lo stesso effetto di uno strato di limatura a grana più o meno fine. Uno strato di trucioli minuti di piombo equivale ad una lastra dello stesso metallo; ecc.

Questa circostanza, come ben si comprende, permette di sottoporre ad esame anche quei corpi solidi che non è possibile, o almeno difficile, avere in lamine (vedi oltre).

È noto come Röntgen fin nella sua prima Memoria facesse rilevare, che quanto alla trasparenza, le polveri sono equivalenti a lamine dei rispettivi solidi. Tale equivalenza si mantiene dunque anche nel fenomeno della diffusione.

5°. Studiando poi i nostri negativi, vien fatto di rilevare un carattere assai notevole, pel quale essi si possono distinguere, non tanto per l'entità della diffusione, quanto pel modo con cui questa si manifesta.

In certi difatti si nota che l'impressione è marcatamente decrescente dalle regioni più vicine al tubo alle più lontane, e analogo andamento si nota pure nella densità delle immagini degli oggetti non opachi radiografati (benchè la legge di decrescenza non appaia la stessa per tutti): inoltre gli oggetti opachi, appoggiati sulla lastra e aventi qualche spessore, dànno immagini a contorno sfumato dalla parte opposta al tubo, cioè proiettano un'ombra. — In altri invece l'impressione, generalmente più debole che nei precedenti, si presenta pressochè uniforme in tutta la loro estensione; e degli oggetti, che erano appoggiati sulla lastra durante la posa, si hanno immagini a contorni ugualmente netti da ogni parte, senza cioè alcun'ombra portata.

Negativi ascrivibili nettamente al primo tipo (che per brevità diremo tipo *A*) si ottengono, quando si usino come diffusori dei corpi molto opachi ai raggi X; quelli del secondo tipo (che diremo tipo *B*), invece corrispondono a diffusori molto trasparenti.

Con diffusori di opacità intermedia si ottengono negativi che tengono dell'uno e dell'altro tipo. Per brevità li diremo di tipo *AB*.

Queste diversità nell'aspetto dei negativi inducono subito a pensare che, mentre da corpi trasparenti si ha una diffusione di raggi omogenea, cioè uguale in tutte le direzioni, invece dai corpi opachi questi raggi siano rinvii in tanta maggior copia, quanto più la direzione di rinvio si avvicina a quella che corrisponderebbe alla riflessione regolare. E questa interpretazione viene invero consigliata anche per analogia con fenomeni luminosi.

Noi abbiamo difatti sperimentato col dispositivo della fig. 1, sostituendo al tubo *T* una sorgente luminosa (la fiamma di una candela), ed usando come diffusori *R* ed *R*<sub>1</sub> una tavola di legno dipinta in bianco con biacca, ed una lamina di zinco grezzo. Sulle due lastre sensibili (*nude*) poste in *c* e *c*<sub>1</sub> sono disposti degli oggetti opachi di un certo spessore (pesi da bilancia). Orbene, la lastra che risenti l'azione diffondente dello zinco, presenta un'immagine avente la caratteristica dei negativi radiografici del tipo *A*, in cui cioè gli oggetti presentano un'ombra portata, tanto più lunga e marcata quanto più sono lontani dalla sorgente luminosa. Si ha invece un'immagine del tipo *B* nella lastra su cui agì la luce diffusa dalla biacca: neppure un oggetto alto 4 cm. proietta ombra.

La differenza di comportamento dei corpi trasparenti ed opachi pei raggi X nell'effetto finale della diffusione studiata, appare adunque analoga a quella che esiste per la luce fra i corpi a superficie matta e quelli alquanto speculari (1).

(1) Si connettono forse con ciò alcune osservazioni isolate che fanno sentire una dipendenza fra l'intensità del fascio di raggi X rinviato da certi corpi e la direzione di

Ma a meglio spiegare la poca, e talora proprio nulla, degradazione del fondo nei negativi del tipo B, si può invocare un altro fatto. Si può pensare cioè che tutti i corpi translucidi pei raggi Röntgen, oltre una diffusione puramente superficiale, ne presentino un'altra, che potremo dire *diffusione di massa*, la quale ha luogo entro uno strato attiguo alla superficie, e tanto più spesso quanto maggiore è la trasparenza del diffusore. Ciò discende logicamente da una nostra conclusione precedente (n. 3); ed è anche conforme all'idea, ormai generalmente invalsa, di considerare i corpi rispetto ai raggi X come dei mezzi torbidi.

E del resto in un ordine di fatti molto analogo a questo si hanno già conclusioni precise da uno studio sperimentale di Winkelmann e Straubel (1); i quali dimostrano appunto l'esistenza di una « *diffuse Ausbreitung* » dei raggi X in una serie di corpi tanto solidi che liquidi. Essi veramente hanno studiato tale disseminazione soltanto *al di là* del corpo colpito dai raggi del tubo: le nostre osservazioni vengono a completare le loro conclusioni, facendo rilevare l'esistenza del fenomeno anche nel senso opposto, però con intensità relativamente assai minore.

Abbiamo anche studiato come influisca sull'entità dell'effetto grafico la distanza della lastra sensibile dal diffusore (fra 1 e 5 cm.), ripetendo in ogni caso una esperienza parallela colla luce.

Appartenga il diffusore al tipo A o al tipo B, i raggi diffusi sembrano diminuire la loro azione, col crescere della distanza, con legge di decrescenza analoga a quella che si verifica per la luce.

5°. Un'altra particolarità notevole è una *diversità di composizione* del fascio diffuso dai diversi corpi (quand'anche il fascio diretto provenga dalla stessa sorgente); diversità, che vien messa in evidenza dal differente potere di penetrazione del fascio stesso. Per mettere in mostra questa diversa qualità dei raggi diffusi si disponevano sulle lastre sensibili in *c* e *c*<sub>1</sub> (fig. 1) delle scale di trasparenza perfettamente uguali, cioè delle collezioni di corpi di diversa trasparenza pei raggi X. Per ognuno dei diffusori studiati, oltre la prova di diffusione, se ne faceva un'altra per trasmissione, usando la medesima scala di trasparenza (vedi fig. 2).

Orbene, i raggi diffusi da certi corpi appaiono identici pei loro caratteri ai raggi X incidenti; sicchè una radiografia ottenuta con essi non differisce sensibilmente, quanto alla trasparenza relativa dei corpi, da quella ottenuta con raggi diretti. Invece i raggi diffusi da altri corpi si mostrano assai meno penetrativi degli X, sì che la stagnola, il vetro, l'alluminio, la mica,

---

rinvio. Cfr. ad es. Villari (Atti della R. Acc. di Napoli, 15 febbraio 1896); Joly (Dublin University Exp. Science Association, 3 marzo 1896); Rood (American Journal of Science, settembre 1897).

(1) Wied. Ann., n. 10, 1896.

ecc., sono già per essi opachi anche in lamine sottilissime, e ben poco trasparenti sono il cartone, il legno, ecc.

Per quanto la riduzione nel potere penetrativo vari alquanto colla natura del diffusore, pure si può facilmente constatare che sono nel secondo

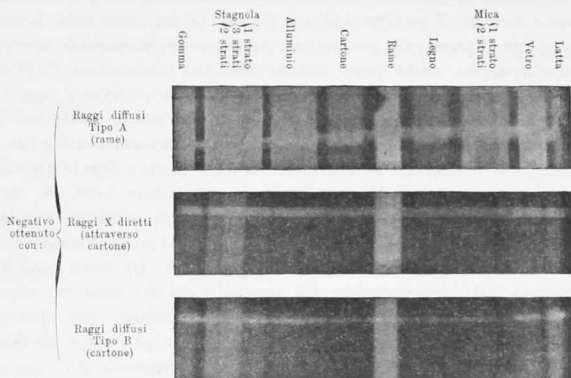


FIG. 2.

caso i corpi che già dicemmo del tipo A, e sono invece nell'altro i corpi del tipo B. La fig. 2 presenta appunto un negativo di ciascuno dei due tipi, insieme ad una prova di trasparenza che serve per confronto. Tali prove sono ridotte ad  $\frac{1}{2}$  del vero. La striscia trasversale che si nota in ognuna di esse è dovuta ad una listerella di zinco che manteneva aderenti le scale di trasparenza allo strato sensibile. Queste listerelle, uguali di larghezza in ogni caso, non appaiono tali nelle prove A e B, in conformità al carattere rilevato al n. 5, (v. fig. 2 che rappresenta tre prove, ridotte circa alla metà del vero) (1).

Ciò posto, e data la complessità del fascio emesso dal *focus*, noi fummo dapprima condotti a pensare ad una *criptocrosi per diffusione*; a credere cioè che nelle radiazioni diffuse, i corpi si *colorassero*, per così dire, come avviene per la luce. Così però si ammetterebbe che i raggi diffusi facessero

(1) L'età del *focus* non influisce sensibilmente sulla natura del fascio diffuso, (come ci risultò ripetendo una stessa esperienza più volte nella serie), sicchè potemmo ritenere comparabili i risultati successivamente ottenuti. È inutile avvertire che la qualità delle lastre (ordinarie Cappelli) ed il bagno di sviluppo (ossalato ferroso) si mantennero sempre costanti.

Nel caso poi di liquidi o di polveri, per eliminare un'eventuale influenza del recipiente, oltre prendere il diffusore in istrato assai grosso, si avvertiva che questo fosse di tipo opposto a quello. E del resto in quei pochi casi in cui ciò non si potè prevedere, e si dovette quindi ripetere l'esperienza dopo l'opportuna variazione, l'influenza del recipiente ci si mostrò trascurabile (n. 3).

già parte del fascio incidente, e che nell'incontro col diffusore avvenisse soltanto una selezione: ciò che non è convalidato dall'esperienza.

All'incontro per studi fatti da altri in campo affine, ci si può dar ragione del fenomeno in altro modo.

G. Sagnac, raccogliendo una idea emessa dal Röntgen a proposito della diffusione dei raggi X prodotta dall'aria <sup>(1)</sup> ha con una lunga serie di esperienze cercato di provare che i raggi stessi possono subire incontrando un corpo, una trasformazione, sicchè questo diventerebbe come *luminescente* <sup>(2)</sup>. Di tali esperienze *una soltanto* è veramente decisiva circa la esistenza di raggi trasformati o *secondari* (come piace al Sagnac di chiamarli); quella cioè del cambiamento sensibilissimo di trasparenza che presenta una lastra ad es. di alluminio, che si disponga ad intercettare il fascio prima o dopo la diffusione fattane da un metallo <sup>(3)</sup>: le altre invero si presterebbero tutte ad essere interpretate anche nell'ipotesi di una semplice azione selettiva esercitata dai corpi diffondenti su cui arriva il fascio emesso dal *focus*. Peraltro quell'esperienza è più che sufficiente perchè la produzione dei nuovi raggi appaia anche a noi l'interpretazione più verosimile del fenomeno che stiamo studiando. Tanto più che il Röntgen ha di recente dimostrato per altra via l'esistenza di un fenomeno perfettamente analogo, che si verifica nel fascio *trasmesso* dai metalli, e che egli chiama *criptoluminescenza* <sup>(4)</sup>.

Accettando dunque questo modo di vedere, noi considereremo i corpi del tipo A, meglio che come diffusori, come trasformatori dei raggi X incidenti; e adottando la denominazione del Röntgen anche per indicare la genesi di nuovi raggi nella diffusione, diremo questi corpi *criptoluminescenti*.

IV. Dobbiamo però soggiungere che non abbiamo potuto seguire Sagnac oltre la questione di massima. Le nostre prove ci conducono a dissentire dalle sue ulteriori conclusioni.

Mentre difatti il Sagnac nelle sue due prime note <sup>(5)</sup> ammette la trasformazione dei raggi X in raggi secondari *soltanto per i diffusori metallici* (escludendone però l'alluminio), più tardi lascia capire di estendere la proprietà ai corpi in genere <sup>(6)</sup>, e dice infine di averla riscontrata anche nell'aria <sup>(7)</sup>.

Orbene, le nostre esperienze che, grazie il metodo fotografico, hanno potuto essere condotte colle maggiori garanzie, ci permettono di affermare che le cose non stanno propriamente così.

<sup>(1)</sup> Sitzungsberichte der Berl. Akad., maggio 1897.

<sup>(2)</sup> Comptes rendus, 19 luglio 1897 e segg.

<sup>(3)</sup> Comptes rendus, 6 dicembre 1897.

<sup>(4)</sup> Rendiconti Lincei, 20 febbraio 1898.

<sup>(5)</sup> Comptes rendus, 26 luglio e 6 dicembre 1897.

<sup>(6)</sup> Comptes rendus, 7 febbraio 1898.

<sup>(7)</sup> Comptes rendus, 14 febbraio 1898.

Corpi che possano ritenersi nettamente criptoluminescenti, sono quelli che noi collochiamo nel gruppo A. Un'altra grande categoria di corpi esiste invece che appaiono essere dei *semplici diffusori*, quelli del gruppo B. E, come già notammo per altre caratteristiche (nn. 3 e 5) dall'uno tipo all'altro si passa per gradi successivi, talchè si può anche qui formare un gruppo di corpi (A-B) che mostrano proprietà intermedie.

La seguente tabella, riassume l'analisi accurata delle numerose nostre prove.

Gruppo A.		Gruppo A-B.		Gruppo B.	
NOME	Peso specifico	NOME	Peso specifico	NOME	Peso specifico
Zinco . . . . .	7,2	Biossido di man-		Legni . . . . .	0,5 - 0,7
Rame . . . . .	8,9	ganese . . . . .	4,8	Cartone . . . . .	1,2
Stagno . . . . .	7,3	Solfato di bario.	4,5	Ebanite . . . . .	1,2
Mercurio . . . . .	13,6	Smeriglio . . . . .	4	Paraffina . . . . .	0,9
Ferro . . . . .	7,8	Cristallo . . . . .	3,3	Carbone di storta	1,9
Platino . . . . .	22,5	Iodio . . . . .	4,9	Alluminio . . . . .	2,6
Argento . . . . .	10,5	Acido arsenioso.	3,7	Magnesio . . . . .	1,8
Litargiro . . . . .	9,1			Acqua . . . . .	1,0
Minio . . . . .	8,6			Olio d'ulivo . . . . .	0,9
Ossido di zinco.	5,4			Acido solforico.	1,8
				Zolfo . . . . .	1,9
				Ossido di mag-	
				nesio . . . . .	2,3

Non abbiamo potuto, come sarebbe stato nostro desiderio, estendere le ricerche ad un numero maggiore di corpi; sia per la scarsità dei mezzi sperimentali, sia perchè le esperienze di questo genere richiedono moltissimo tempo. Ma dallo specchio riportato risulta intanto evidente come nel gruppo A non figurino solo dei metalli; mentre nel gruppo B figurano Al ed Mg, e presumibilmente vi troverebbero posto anche altri metalli leggeri (come Ca, Na, K), coi quali non è possibile sperimentare.

Per ciascun corpo poi, come si vede, il carattere che prevalentemente decide del gruppo a cui esso è ascrivibile, appare essere il *peso specifico* <sup>(1)</sup> cioè, fatte le debite riserve, la trasparenza pei raggi X: per quanto tale carattere non decida sempre del maggior o minor grado con cui un corpo mostra le proprietà specifiche del gruppo a cui appartiene. I diffusori del gruppo A sono i più pesanti: quelli del gruppo B i più leggeri.

(1) Il contegno dei metalli non sarebbe piuttosto legato al *peso atomico*, dal quale dipende pure il loro potere emissivo, come brillantemente ha dimostrato il Röntgen? (Rendiconti Lincei, 5 settembre 1897) - Le nostre esperienze non lo escluderebbero in modo assoluto.



Dei liquidi uno solo è criptoluminescente, il mercurio; che per il peso si distanzia appunto enormemente da tutti gli altri. — La natura chimica del diffusore ha influenza solo in quanto i componenti possono decidere del maggiore o minore peso. — Seguendo il criterio del peso, noi abbiamo potuto prevedere il contegno di corpi non ancora studiati. — I diffusori del gruppo A-B danno prove che tengono tanto più delle caratteristiche del gruppo A, quanto maggiore è il loro peso; e viceversa.

Quanto poi all'aria, cui il Sagnac attribuisce un potere di trasformazione analogo a quello dei metalli, noi abbiamo invece riscontrato che essa è nettamente ascrivibile al tipo B.

Nella nostra Nota precedente abbiamo descritto un dispositivo sperimentale (Esp. 3<sup>a</sup>) che ci servì per verificare l'entità della diffusione dell'aria rispetto a quella degli altri corpi. Lo stesso dispositivo può evidentemente servire per mettere in chiaro la qualità dei raggi diffusi: basta disporre al solito sulla lastra sensibile una scala di trasparenza ed esagerare opportunamente la durata dell'esposizione. Orbene l'immagine avuta dopo 4 ore di posa, per quanto assai debole, è tale da non ammettere dubbi. L'aria cioè, come corpo leggiero e trasparente per i raggi X, rientra nella categoria B.

Del resto osservando bene il dispositivo descritto dal Sagnac nelle sue ricerche sull'aria <sup>(1)</sup>, ci si persuade facilmente che le parti *metalliche* che servivano a limitare o a guidare i raggi dovettero influire colla loro diffusione, alterando l'effetto proprio dell'aria, che è sempre debolissimo.

V. Dopo quanto abbiamo esposto, se ci si lascia guidare dall'analogia coi fenomeni luminosi, dall'analogia con quanto accade nel fascio trasmesso, ove i raggi trasformati accompagnano i raggi X inalterati, e più che tutto dal passaggio graduale dei diffusori dal gruppo B al gruppo A, vien fatto di pensare che tutti i corpi siano atti a diffondere raggi X inalterati e a trasformarne in raggi di criptoluminescenza, e che il contegno specifico di ogni corpo, risultante sempre dall'insieme dei due effetti, dipenda dall'intensità relativa di questi. Pei corpi A sarebbe di entità trascurabile il primo effetto; pei corpi B il secondo.

La proprietà fisica a cui è legato il potere di trasformazione dei diversi corpi è, secondo le nostre esperienze, il peso. — A questo del resto si connettono anche tutte le altre particolarità da noi rilevate nella diffusione dei raggi Röntgen.

**Fisica.** — *A proposito della interpretazione del fenomeno di Zeemann data dal sig. Cornu.* Nota del dott. ORSO MARIO CORBINO, presentata dal Socio BLASERNA.

Questa Nota sarà pubblicata nel prossimo fascicolo.

<sup>(1)</sup> Loco citato.