SULLA DISPERSIONE ELETTRICA PRODOTTA DAI RAGGI DEL RÖNTGEN.*Ricerche sperimentali del Prof. P. CARDANI.***1. — Introduzione.**

Scopo delle presenti ricerche è lo studio della dispersione elettrica prodotta dai raggi del Röntgen in rapporto agli elementi dai quali dipende la scarica che dei raggi medesimi è la causa eccitatrice. Le cognizioni che attualmente si hanno sull'argomento sono poco estese, sebbene esso sia intimamente connesso con tutto ciò che riguarda l'emissione dei raggi x : qualche notizia, ed anche questa d'indole molto generica, si trova nei primi lavori apparsi dopo la scoperta del Röntgen, senza però che alcuna legge sia stata in proposito nettamente posta.

Ad uno studio esauriente di tale questione sono stato in gran parte indotto dai risultati che ho già pubblicati nel *Boltzmann-Festschrift* e che furono da me ottenuti in alcune esperienze preliminari eseguite con due ordinari tubi *focus*. Questi risultati lasciavano infatti facilmente prevedere, che un tale studio avrebbe permesso di mettere in evidenza molte delle particolarità con le quali avviene la radiazione del Röntgen, specialmente qualora si fosse anche tenuto conto della pressione del gas, e di stabilire inoltre quali condizioni debbano esser soddisfatte per conseguire da un tubo i migliori effetti.

Per raggiungere lo scopo che mi ero prefisso, era tuttavia necessario che io avessi potuto disporre di scariche che si compiessero con grande regolarità, nelle quali, cioè, mi fosse stato possibile variare in modo ben determinato la differenza di potenziale che doveva esser raggiunta affinchè la corrente si stabilisse, e nelle quali mi fosse stato anche possibile variare in rapporti ben definiti le quantità di elettricità che vi prendevano parte.

Non ho esitato per queste ragioni a dare la preferenza alle scariche dei condensatori che presentano sotto questi aspetti le migliori garanzie.

2. — Disposizione sperimentale.

La disposizione sperimentale adoperata è facile ad immaginarsi. Volendo raggiungere differenze di potenziale relativamente elevate, ho fatto uso di due batterie di condensatori disposte tra loro in cascata; e per poter variare dentro limiti abbastanza estesi la capacità, ho formato ciascuna batteria di 4 grandi recipienti cilindrici, tutti accuratamente isolati, e che potevano alla loro volta o disporsi in cascata o riunirsi in superficie.

Presa come 1 la capacità delle due batterie con tutti gli otto condensatori disposti in cascata, poteva con molta facilità variare nelle esperienze la capacità del condensatore, a cui la scarica era dovuta, nel rapporto dei numeri 1, 2, 4, 8, 12 e 16.

Ho riunito le due armature estreme delle batterie con i poli di una grande macchina di Holtz-Voss mediante grossi conduttori, e tra le stesse armature ho disposto il circuito che doveva esser la sede delle scariche eccitatrici dei raggi Röntgen.

In questo stesso circuito ho inserito lo spinterometro principale S ed il tubo F, da cui partivano i raggi x : affinchè poi il potenziale di scarica fosse esattamente quello corrispondente alla distanza esplosiva dello spinterometro S, ho posto in derivazione tra gli elettrodi del tubo un sottile cannello di vetro contenente dell'acqua. Finalmente, per poter conoscere la differenza di potenziale massima che nell'atto della scarica si stabiliva tra gli elettrodi del tubo F, ho posto anche in derivazione sui medesimi un secondo spinterometro s ; la differenza di potenziale massima raggiunta veniva conosciuta dalla scintilla laterale equivalente che si misurava in s . Per questo motivo la distanza esplosiva dello spinterometro s si poteva apprezzare con una vite micrometrica, e la scintilla saltava in esso tra sferette, ricoperte con calotte di platino, di 22 mm. di diametro, per le quali era stata preventivamente stabilita

la relazione tra la distanza esplosiva e la differenza di potenziale corrispondente.

Poste le sferette in s a quella distanza esplosiva alla quale voleva sperimentare, regolavo in seguito la distanza delle sferette dello spinterometro S in modo che la scarica passasse indifferentemente nel tubo o nello spinterometro derivato s . Il valore di S dipendeva naturalmente dal grado di rarefazione esistente nel tubo: ma per quelle pressioni, alle quali si aveva la produzione dei raggi x , le due distanze esplosive in S ed in s diventavano sensibilmente eguali: così che bastavano delle modificazioni appena apprezzabili nella distanza delle sferette di S per mantenere soddisfatta la condizione che la scarica passasse indifferentemente o nel tubo o nello spinterometro su di esso derivato.

Il tubo, da cui partivano i raggi Röntgen, comunicava con una eccellente pompa a mercurio del Raps e con una provetta di Mac Leod, con la quale si giungeva a misurare la pressione corrispondente ad $\frac{1}{10000}$ di millimetro di mercurio. Tutte le comunicazioni, stabilite con tubi e saldature in vetro, tenevano perfettamente il vuoto, così che con pochi colpi della pompa si potevano raggiungere delle rarefazioni molto spinte.

Per la misura della dispersione elettrica prodotta dai raggi x ho adoperato un elettrometro del Mascart di piccola capacità e molto sensibile: l'ago dell'elettrometro, invece di pescare direttamente nella vaschetta contenente l'acido solforico, pescava in un piccolo pozzetto accuratamente isolato e contenente una soluzione di glicerina; la carica all'ago veniva comunicata dal pozzetto.

Per evitare poi qualsiasi azione elettrostatica, ho collocato l'elettrometro in una stanza attigua a quella dove agiva la macchina elettrica. Nella grossa parete di divisione ho fatto aprire una piccola finestra che venne chiusa, dalla parte dove trovavasi il tubo, con una lastra di piombo di 4 mm. di spessore. Ho posto il tubo a pochi centimetri dalla parete in modo che la regione, da cui uscivano i raggi x , fosse rivolta verso la lastra di piombo: di fronte a questa regione la lastra di piombo portava un'apertura circolare di circa 5 cm. di dia-

metro, apertura che venne chiusa con una sottilissima lamina di alluminio.

Un disco verticale di rame di circa 6 cm. di diametro, sostenuto da un bastoncino di vetro verde e accuratamente paraffinato, fu collocato nel vano della piccola finestra a qualche millimetro dalla lastra di alluminio e collegato con l'ago dell'elettrometro. Su questo disco agivano i raggi α , producendo la dispersione elettrica della carica ad esso precedentemente comunicata.

L'elettrometro, insieme con le pile di carica dei quadranti e con la pila di carica dell'ago, venne posto sopra un piano di legno ricoperto da una lastra di zinco, fissato al muro al di sotto della finestra, la quale, insieme con buona parte della parete, venne tappezzata con grossa stagnola. Finalmente, con una grande cassa di legno, pure tappezzata di stagnola, ho ricoperto tutti gli apparecchi così che questi, oltre di trovarsi in una camera separata da quella della macchina, vennero a trovarsi collocati nell'interno di un conduttore chiuso.

Un'apertura praticata nella cassetta di legno permetteva di fare le letture della posizione dell'ago con cannocchiale e scala: e con un congegno facile ad immaginarsi, si poteva stabilire a volontà la comunicazione dell'ago o con la terra o con la pila di carica dal luogo stesso dove si facevano le misure.

La pila di carica dell'ago consisteva di sei elementi Volta, con i quali si aveva una deviazione di circa 200 divisioni. L'isolamento dell'ago e del disco di rame fu sempre accuratamente mantenuto, in modo che fosse necessario qualche minuto per poter osservare una perdita della carica corrispondente ad una divisione della scala.

I tubi usati in queste ricerche furono tre che per brevità indicherò in seguito con i numeri 1, 2 e 3. Essi erano dell'usuale tipo *focus* delle seguenti dimensioni:

Tubo N. 1. — Diametro del palloncino 14 cm. — Catodo concavo di 3 cm. di apertura. Anodo a disco di 2,5 cm. di diametro. Anticatodo, posto nel centro, formato da un disco di 2 cm. di diametro.

Tubo N. 2. — Diametro del palloncino 12,5 cm. — Catodo concavo di 2,5 cm. di apertura. Anodo filiforme. Antica-

todo, collocato nel centro, formato da un disco di 1,6 cm. di diametro.

Tubo N. 3. — Diametro del palloncino 11,0 cm. — Catodo concavo di 2,5 cm. di apertura. Anodo a disco di 2,5 cm. di diametro. Anticatodo, posto nel centro, formato da un disco di 2,5 cm. di diametro.

3. — Caratteri delle scariche.

Prima di riferire i risultati sperimentali ottenuti e per maggior chiarezza di quanto sarà esposto in seguito, è necessario che fin d' ora avverta come le scariche dei condensatori, attraversando i tubi dove già si abbiano quelle alte rarefazioni che sono richieste per la emissione dei raggi Röntgen, possano presentarsi principalmente sotto due forme che offrono caratteri del tutto diversi tra loro.

In una di queste forme, l' interno del tubo rimane oscuro al passaggio della corrente, mentre il vetro, specialmente nella regione anticatodica, splende vivissimamente per la fluorescenza in esso destata. La scintilla, che contemporaneamente salta nello spinterometro principale, è esile, pochissimo luminosa e rumorosa, talvolta anche sibilante, come sono di solito quelle che si ottengono riunendo le due armature di un condensatore con un circuito di grande resistenza: così che si osserva un notevole contrasto tra la scintilla pallida e silenziosa che si ha nello spinterometro principale quando la scarica passa nel tubo, e quella splendente e rumorosa che si ha quando invece la scarica passa tra le sfere dello spinterometro derivato. Per brevità userò in seguito la lettera A per indicare che la scarica apparteneva a questo tipo.

Nell' altra forma, l' interno del tubo appare illuminato da una luce bianchiccia che talvolta invade tutto il recipiente, mentre poverissima è la fluorescenza che viene destata sulle pareti del tubo. La scintilla, che salta contemporaneamente nello spinterometro principale, è molto rumorosa e luminosa, come di solito sono quelle che si ottengono riunendo le due armature di un condensatore con un circuito di piccola resistenza, così che quasi nessuna diversità in essa si nota sia che la scarica passi nel tubo, sia che passi nello spinterometro

derivato. Per brevità userò in seguito la lettera B per indicare che la scarica apparteneva a questo secondo tipo.

Queste due forme di scarica presentano per quanto riguarda la dispersione elettrica, e quindi anche per quanto riguarda l'emissione dei raggi x , attitudini molto differenti: mentre, cioè, le scariche della prima forma sono intensamente attive, quelle della seconda forma o sono del tutto inattive o debolmente attive.

Sono dunque le due ben note forme che si osservano nella scarica con gli ordinari apparecchi di induzione secondo che esistono nel tubo rarefazioni più o meno elevate: e difatti anche con le scariche dei condensatori si passa dalla seconda alla prima forma riducendo la pressione del gas contenuto: ma ciò che particolarmente mi interessa qui di avvertire, è questo che se, dopo aver ridotto la pressione a tale valore da ottenersi una scarica del tipo A, si aumenta sufficientemente la distanza esplosiva lasciando costante la capacità del condensatore, ovvero si aumenta sufficientemente la capacità del condensatore lasciando costante la distanza esplosiva, si ritorna nuovamente dalla scarica di tipo A alla scarica di tipo B, e quindi da una scarica intensamente attiva si ritorna ad una scarica di debole attività.

È per questo che volendo studiare dentro limiti abbastanza estesi come si modifica la dispersione elettrica con la distanza esplosiva, e per ciò con la differenza di potenziale agli elettrodi del tubo, converrà far uso di piccole capacità, mentre, volendo studiare dentro limiti abbastanza estesi come si modifica la dispersione elettrica con la capacità del condensatore converrà far uso di piccole distanze esplosive. Nell'un caso e nell'altro sarà poi necessario di ridurre la pressione a tale valore che dentro i medesimi limiti la scarica si presenti sempre sotto la forma attiva.

4. — Relazione tra la dispersione elettrica ed il numero delle scariche.

Una questione, che poteva considerarsi come fondamentale riguardo al metodo adoperato in queste ricerche, era

quella di esaminare se la dispersione elettrica, prodotta dalle scariche che successivamente attraversano il tubo, si mantenesse, per una determinata condizione di cose, sufficientemente costante: poteva, infatti, sorgere il dubbio che in un fenomeno sotto tanti aspetti mutevole, come quello della scarica nei gas rarefatti, ciò non avvenisse, tanto più essendo noto che i tubi Röntgen si modificano per il continuato passaggio delle scariche. Sebbene la questione potesse già considerarsi come risolta dalle esperienze preliminari fatte, ho voluto assicurarmene anche nelle condizioni delle attuali ricerche.

La proporzionalità tra la dispersione elettrica ed il numero delle scariche, purchè quest' ultime appartenessero alla forma attiva, è stata verificata dall'esperienza meglio di quanto potevasi prevedere, specialmente se si aveva cura che un sufficiente intervallo di tempo decorresse tra una scarica e la successiva: ciò non ostante, per evitare qualsiasi dubbio che gli effetti di una scarica potessero in qualche modo esser alterati dalla successiva, ho sperimentato quasi sempre misurando la dispersione prodotta da una sola scintilla: e così ho sempre ottenuto valori molto concordanti tra loro. Meno concordanti ho trovato i risultati con le scariche del secondo tipo, specialmente tra quei limiti di pressione tra i quali la scarica cambiava di forma: cosa certamente dovuta al fatto che in quelle condizioni doveva esser anche molto incerta la forma della scarica.

I numeri che si trovano in seguito riportati rappresentano la media di almeno tre misure: la pressione alla provetta di MacLeod veniva determinata prima e dopo di ciascuno di questi gruppi di misure.

5. — Relazione tra la dispersione elettrica e la pressione.

Risolta così la questione del metodo da seguirsi nelle misure, ho intrapreso una lunga serie di ricerche per stabilire in modo sicuro come si modificasse la dispersione elettrica con la pressione, per poter poi scegliere con cognizione di causa la pressione più adatta con la quale sperimentare nelle ricerche ulteriori.

A questo proposito riporto per ogni tubo tre delle molte serie di misure fatte, con la minima capacità di cui poteva disporre e, cioè, con le 8 bottiglie disposte in unica cascata: la prima serie fu fatta con una distanza esplosiva nello spinterometro derivato di 1 cm., la seconda con una distanza esplosiva di 1,5 cm. e la terza con una distanza esplosiva di 2 cm..

Nei seguenti prospetti le colonne verticali con la lettera P contengono i valori delle pressioni espresse in millimetri di mercurio: quelle con la lettera Δ , i numeri delle divisioni di cui si spostava l'elettrometro per la dispersione elettrica prodotta dai raggi x ; in quelle con la lettera K è indicato se la scarica apparteneva al tipo A o al tipo B.

Distanza esplosiva 1 cm.

Tubo N. 1.			Tubo N. 2.			Tubo N. 3.		
P	Δ	K	P	Δ	K	P	Δ	K
0,0225	2,0	B	0,0250	1,0	B	0,0200	1,5	B
0,0162	3,0	A.B	0,0200	1,5	B	0,0133	3,0	B
0,0125	4,5	A.B	0,0133	4,0	A	0,0088	5,0	B
0,0100	5,0	A	0,0100	4,2	A	0,0063	5,5	A.B
0,0074	5,0	A	0,0067	4,0	A	0,0052	6,0	A
0,0054	3,5	A	0,0040	3,0	A	0,0044	6,0	A
0,0030	2,0	A				0,0032	5,5	A
						0,0023	5,0	A

Distanza esplosiva 1,5 cm.

Tubo N. 1.			Tubo N. 2.			Tubo N. 3.		
P	Δ	K	P	Δ	K	P	Δ	K
0,0233	6,5	B	0,0208	6,0	B	0,0183	3,0	B
0,0170	16,0	A.B	0,0163	6,0	B	0,0125	6,0	B
0,0133	23,0	A.B	0,0120	?	A.B	0,0097	10,5	A.B
0,0100	27,0	A	0,0113	22,5	A	0,0069	20,0	A.B
0,0071	22,5	A	0,0094	22,0	A	0,0050	29,0	A
0,0058	19,5	A	0,0081	22,0	A	0,0042	29,0	A
0,0050	16,0	A	0,0067	21,0	A	0,0033	28,0	A
0,0040	12,0	A	0,0058	19,5	A	0,0022	24,0	A
			0,0040	15,0	A			

Distanza esplosiva 2 cm.

Tubo N. 1.			Tubo N. 2.			Tubo N. 3.		
P	Δ	K	P	Δ	K	P	Δ	K
0,0225	9,0	B	0,0225	10,0	B	0,0200	4,0	B
0,0167	32,5	A.B	0,0188	?	B	0,0140	8,0	B
0,0133	46,0	A.B	0,0133	?	B	0,0100	17,0(?)	B
0,0112	51,5	A	0,0100	51,0	A	0,0074	35,0(?)	B
0,0071	50,0	A	0,0086	49,0	A	0,0048	54,0	A
0,0050	42,0	A	0,0067	44,0	A	0,0042	54,0	A
0,0033	28,0	A	0,0055	39,0	A	0,0033	52,0	A
			0,0042	32,0	A	0,0023	46,0	A
			0,0033	26,0	A			

Ho posto nella colonna riservata alla forma della scarica il simbolo A.B per indicare che la scarica stessa presentava una forma intermedia tra quelle indicate con le lettere A e B, cioè nel tubo appariva ancora della luce bianchiccia ma d'altra parte la fluorescenza del vetro era abbastanza viva: e dai prospetti si vede chiaramente che a partire da una certa pressione comincia la trasformazione della scarica la quale si compie con il progredire della rarefazione finchè ad un'altra certa pressione essa assume decisamente la forma A. Però mentre con i tubi N. 1 e 3 questa trasformazione avveniva gradatamente dentro limiti di pressione sufficientemente estesi, nel tubo N. 2 la trasformazione avveniva dentro limiti ristrettissimi, nei quali inoltre la scarica assumeva accidentalmente o la forma B o la forma A od una forma intermedia.

Dagli specchietti precedenti si vede inoltre che, insieme con la trasformazione della scarica dalla forma B alla forma A, cresce la dispersione elettrica, la quale raggiunge il suo massimo valore quando la trasformazione della scarica è completa: indi torna a diminuire. Si ritrova dunque per la dispersione elettrica, (e la cosa del resto è ben naturale), l'andamento ben noto dell'emissione dei raggi X. In quei casi poi nei quali la forma della scarica era incerta, risultarono anche incostanti i valori della dispersione elettrica; per questo ho messo nei quadri dei punti interrogativi.

Ma dagli specchietti precedenti risaltano altre due particolarità molto interessanti: e, cioè:

1° che mentre per tutti e tre i tubi l'andamento generale del fenomeno è sensibilmente lo stesso, la pressione alla quale la dispersione elettrica acquista il massimo valore è diversa da tubo a tubo: questa pressione è infatti di circa 0,0100 mm. di mercurio per il tubo N. 1, mentre è di circa 0,0045 mm. di mercurio per il tubo N. 3: per il tubo N. 2 sembra che il massimo abbia luogo per una pressione un poco superiore a 0,0100 mm. di mercurio;

2° che per uno stesso tubo il massimo della dispersione elettrica per tutte le distanze esplosive adoperate si manifesta presso a poco per lo stesso valore della pressione.

Per eliminare poi il dubbio che la diminuzione della dispersione elettrica con il progredire della rarefazione potesse dipendere da una maggiore carica residua del condensatore, e quindi da una minor quantità di elettricità che attraversasse il tubo, ho eseguite alcune misure facendo chiudere lo spinterometro rapidamente con un arco metallico pochi istanti prima che la scarica dovesse aver luogo: così tutta la quantità di elettricità accumulata nel condensatore si neutralizzava. I valori ottenuti per la dispersione elettrica rimasero immutati.

6. — Relazione tra la dispersione elettrica e la differenza di potenziale agli elettrodi del tubo.

In seguito ai precedenti risultati la scelta della pressione, alla quale conveniva sperimentare per conoscere come si modificava la dispersione elettrica con la distanza esplosiva e per ciò con la differenza di potenziale che si stabiliva agli elettrodi del tubo nel momento della scarica, non presentava alcuna difficoltà: era infatti manifesto che la pressione più conveniente per ciascun tubo era quella per la quale la dispersione elettrica presentava il suo massimo valore. Ho quindi sperimentato per i tubi N. 1 e 2 con la pressione di 0,0100 mm. di mercurio e per il tubo N. 3 con la pressione di 0,0045 mm. di mercurio.

Nel seguente prospetto sono riportati i valori ottenuti: la colonna con la lettera D contiene le distanze esplosive, poste nello spinterometro derivato s, espresse in cm.; quella con la lettera E le differenze di potenziale corrispondenti, espresse in unità elettrostatiche: quelle con le lettere Δ e K rispettivamente le dispersioni elettriche osservate e la forma della scarica. La batteria era costituita dagli 8 condensatori disposti in unica cascata.

D	E	Tubo N. 1		Tubo N. 2		Tubo N. 3	
		Δ	K	Δ	K	Δ	K
1,00	100	5,0	A	4,2	A	6,0	A
1,25	126	14,0	A	12,0	A	13,5	A
1,50	148	27,0	A	22,5	A	29,0	A
1,75	163	41,0	A	35,0	A	42,0	A
2,00	177	52,0	A	51,0	A	54,0	A
2,20	187	61,0	A	?	A.B	?	B
2,30	191	62,5	A	?	B		
2,50	198	69,0	A				
2,80	208	76,0	A				
3,00	217	81,0	A				
4,00	244	98,0	A.B				

I valori riportati in questo prospetto mostrano in modo evidente che la dispersione elettrica cresce con grande rapidità con la differenza di potenziale agli elettrodi del tubo e che per ogni tubo esiste una differenza di potenziale, che potremo dire critica, al di sopra della quale la scarica abbandona la forma intensamente attiva per assumere quella debolmente attiva. Particolarmente interessante è il fatto che il valore della dispersione elettrica per la stessa distanza esplosiva è sensibilmente lo stesso per tutti e tre i tubi, purchè, ben si intende, si sperimenti con quella pressione per la quale in ciascun tubo la dispersione elettrica presenta il suo massimo valore. Essa quindi risulterebbe, a parità delle altre condizioni, indipendente dalla grandezza dei tubi: l'unico vantaggio, che sotto questo aspetto presenterebbe l'impiego di tubi di maggiori dimensioni, consisterebbe nella possibilità di poter con

essi raggiungere differenze di potenziale agli elettrodi maggiori, prima che la scarica abbandoni la forma attiva.

Per quanto riguarda la legge con la quale il fenomeno si compie, è necessario premettere anzitutto che esiste per ogni tubo una differenza di potenziale minima che deve stabilirsi agli elettrodi affinchè la scarica lo attraversi: così per il tubo N. 1 questa differenza di potenziale minima era di circa 60 unità elettrostatiche, corrispondente ad una distanza esplosiva di circa 0,55 cm.. Ora, se si rappresentano graficamente i risultati prima ottenuti, portando sull'asse delle ascisse le differenze di potenziale agli elettrodi del tubo e per ordinate le dispersioni osservate, è facile riconoscere che, assumendo come origine degli assi quella tal differenza di potenziale che è necessaria affinchè la scarica attraversi il tubo, la dispersione elettrica cresce con molta approssimazione in ragione diretta del quadrato della differenza di potenziale agli elettrodi: la legge si può dunque esprimere con una equazione della forma

$$\Delta = a (E - c)^2$$

dove a e c sono due costanti che dipendono dalle condizioni nelle quali si sperimenta: c rappresenterebbe la differenza di potenziale minima che si deve stabilire agli elettrodi del tubo affinchè la scarica lo attraversi.

Per differenze di potenziale corrispondenti a distanze esplosive maggiori di 2 cm., come quelle che si sono, per es., ottenute con il tubo N. 1, la dispersione elettrica seguita ancora ad aumentare ma meno rapidamente di quanto vorrebbe la legge anzidetta, finchè si giunge a quel valore in cui la scarica cambia di forma.

Le molte serie di misure fatte a pressioni inferiori a quella per la quale la dispersione elettrica presenta il suo massimo valore, mi hanno inoltre mostrato che i fenomeni restano essenzialmente gli stessi, soltanto la dispersione elettrica presenta dei valori più piccoli: si ha però questo vantaggio, di poter raggiungere differenze di potenziale alquanto maggiori agli elettrodi del tubo prima che la scarica cambi di forma.

7. — Relazione tra la dispersione elettrica e la capacità.

Per conoscere infine come varia la dispersione elettrica con la quantità di elettricità che prende parte alla scarica ho fatto molte serie di misure a differenti pressioni, cambiando la capacità del condensatore. Come ho già detto fin da principio, prendendo come 1 la capacità del condensatore con le 8 bottiglie disposte in cascata, poteva facilmente ottenere delle capacità che stavano tra loro come i numeri 1, 2, 4, 8, 12 e 16: e per poter utilizzare le maggiori capacità, pur restando la scarica della forma attiva, ho posto nello spinterometro derivato s la distanza esplosiva eguale ad 1 cm.

Siccome nelle diverse serie non mi era stato possibile riprodurre esattamente gli stessi valori delle pressioni, ho fatto con i numeri ritrovati con le diverse capacità le corrispondenti rappresentazioni grafiche, portando sull'asse delle ascisse le pressioni e sulle ordinate le dispersioni osservate: da queste rappresentazioni grafiche ho poi ricavati i valori che si sarebbero ottenuti per le dispersioni elettriche, se con le differenti capacità si fossero riprodotte le stesse pressioni. Questi valori sono riferiti nei seguenti specchietti: nella colonna con la lettera C sono riportati i valori della capacità, presa eguale ad 1 la capacità del condensatore con le 8 bottiglie disposte in cascata: nelle altre colonne con le lettere Δ e K rispettivamente i valori della dispersione e la forma della scarica. In testa di queste colonne sono poi trascritti i valori P delle pressioni alle quali si riferiscono i valori della dispersione elettrica riportati.

Tubo N. 1.

C	P = 0,0200		P = 0,0170		P = 0,0140		P = 0,0110		P = 0,0080		P = 0,0050	
	Δ	K	Δ	K	Δ	K	Δ	K	Δ	K	Δ	K
1	2,0	B	3,0	A.B	4,5	A	5,0	A	5,0	A	3,5	A
2	3,0	B	5,0	A.B	9,0	A	10,0	A	9,5	A	7,0	A
4	5,5	B	11,0	A.B	18,0	A	20,0	A	18,0	A	12,0	A
8	9,0	B	21,0	A.B	34,0	A.B	34,0	A	28,0	A	18,5	A
12	14,0	B	31,0	A.B	48,0	A.B	46,0	A	37,0	A	24,0	A
16	17,0	B	40,0	A.B	58,0	A.B	54,0	A	42,0	A	28,0	A

Tubo N. 2.

C	P = 0,0150		P = 0,0130		P = 0,0110		P = 0,0090		P = 0,0070		P = 0,0050	
	Δ	K	Δ	K	Δ	K	Δ	K	Δ	K	Δ	K
1	4,0	B	4,5	A	4,5	A	4,2	A	4,0	A	3,0	A
2	?	B	9,0	A	9,0	A	7,5	A	7,0	A	5,0	A
4	?	B	17,0	A	16,0	A	13,5	A	11,5	A	8,0	A
8	?	B	27,0	A	24,0	A	21,0	A	17,5	A	12,0	A
12	?	B	35,0	A	30,0	A	26,0	A	21,0	A	15,0	A
16	?	B	41,0	A	35,0	A	30,0	A	23,5	A	17,5	A

Tubo N. 3.

C	P = 0,0150		P = 0,0100		P = 0,0080		P = 0,0060		P = 0,0040		P = 0,0020	
	Δ	K	Δ	K	Δ	K	Δ	K	Δ	K	Δ	K
1	1,5	B	4,5	B	5,0	B	6,0	B	6,0	A	5,0	A
2	1,5	B	7,0	B	9,0	B	12,0	B	12,0	A	10,0	A
4	2,0	B	8,5	B	13,0	B	22,0	B	23,0	A	19,0	A
8	2,5	B	9,5	B	?	B	?	B	34,0?	B	35,0	A
12	2,5	B	10,0	B	?	B	?	B	?	B	49,0	A
16	3,0	B	10,0	B	?	B	?	B	?	B	60,0	A

Dagli specchietti si vede anzitutto che, qualunque sia la capacità adoperata, l'andamento generale del fenomeno con la pressione è sempre lo stesso: cioè, la dispersione elettrica cresce con il progredire della rarefazione, raggiunge un valore massimo ad una certa pressione, diversa da tubo a tubo, indi torna a diminuire. Inoltre si vede che l'incremento della dispersione elettrica accompagna la trasformazione della scarica dalla forma debolmente attiva alla forma intensamente attiva ed il massimo della dispersione ha sempre luogo per quella pressione per la quale la trasformazione è completa. È bene tuttavia notare che soltanto con il tubo più grande N. 1, la dispersione elettrica ha sempre presentato, anche tra quei limiti di pressione nei quali avveniva la trasformazione, valori ben concordanti tra loro, indicando così che la scarica stessa possedeva in ogni caso una forma ben definita: con il tubo N. 2, e anche in parte con il tubo N. 3, ciò non ebbe luogo e la dispersione elettrica, tra quei limiti di pressione nei quali avveniva la trasformazione della scarica, ha presentato valori così oscillanti che ho dovuto mettere negli specchietti dei punti interrogativi al loro posto: in generale predominavano scariche di debole attività.

Dagli specchietti si vede ancora che crescendo la capacità del condensatore si doveva ridurre sempre più la pressione nel tubo per potere ottenere delle scariche della forma attiva: però dal confronto dei valori ottenuti, specialmente con i tubi N. 1 e N. 3, si vede che a pari capacità e per quella pressione alla quale la dispersione elettrica è massima, essi sono sensibilmente eguali tra loro. Sembra dunque che anche sotto questo riguardo l'uso di tubi più grandi convenga soltanto per la possibilità di poter adoperare capacità maggiori prima che la scarica abbandoni la forma attiva.

Finalmente dal confronto dei risultati avuti a quelle pressioni per le quali la scarica presentava la forma attiva, si riconosce facilmente quale sia la legge con cui si modifica la dispersione elettrica con la capacità del condensatore: si vede infatti chiaramente che la dispersione elettrica cresce da prima proporzionalmente alla capacità del condensatore a cui la scarica è dovuta e quindi alla quantità di elettricità che vi prende

parte, mentre, per valori più elevati della capacità, essa cresce meno rapidamente di quanto vorrebbe la legge anzidetta, tendendo verso un massimo che dipende dalle altre condizioni nelle quali si sperimenta.

8. — Conclusione.

Riassumendo, poichè la dispersione elettrica per capacità non molto elevate cresce proporzionalmente al quadrato della differenza di potenziale agli elettrodi, e per differenze di potenziale agli elettrodi non molto elevate cresce proporzionalmente alla quantità di elettricità che prende parte alla scarica, si può affermare che dentro gli stessi limiti la *dispersione elettrica cresce proporzionalmente all'energia disponibile tra gli elettrodi del tubo*.

Ora, siccome la dispersione elettrica dipende dal numero dei joni prodotti e questo numero dipende a sua volta dalla quantità di energia che trasportata dai raggi x viene spesa nella ionizzazione, è chiaro che le presenti ricerche conducono a quest'altra legge che, cioè, *la quantità di energia, che trasportata dai raggi x viene spesa nella ionizzazione dell'aria attraversata dai raggi medesimi, cresce proporzionalmente alla quantità di energia di cui si può disporre agli elettrodi del tubo*.

Tutto poi induce a ritenere che questa legge sia generale, valga cioè anche per quelle differenze di potenziale agli elettrodi e per quelle quantità di elettricità per le quali la dispersione elettrica, secondo risulta dalle esperienze, cresce meno rapidamente con l'energia disponibile di quanto vorrebbe la legge di proporzionalità.

Per quanto riguarda la dispersione elettrica è infatti necessario tener conto di quel processo di ricostituzione spontanea di elementi neutri che avviene continuamente nell'aria ionizzata, processo che, come è noto, cresce con il quadrato del numero dei ioni di una data specie che si trovano in un determinato volume. Ciò posto, si comprende che la dispersione elettrica non potrà in generale crescere proporzionalmente al numero dei joni prodotti, e quindi all'energia spesa

nella jonizzazione, ma alla differenza tra il numero dei joni prodotti e quello dei joni che spontaneamente si ricombinano nell'intervallo di tempo in cui la jonizzazione dal suo valore massimo raggiunto nell'atto della scarica si riduce sensibilmente a zero.

Finchè questo processo di ricombinazione spontanea si manterrà trascurabile, ciò che avrà evidentemente luogo se le scariche produrranno un numero di ioni relativamente piccolo, e quindi se si adopereranno piccole capacità e piccole distanze esplosive, la dispersione elettrica risulterà proporzionale al numero dei joni prodotti e per ciò anche all'energia disponibile nel tubo: ma se il processo di ricombinazione diventerà rilevante, ciò che avrà luogo se le scariche produrranno un numero di joni relativamente grande e quindi se si adopereranno grandi capacità e grandi distanze esplosive, l'incremento della dispersione elettrica con il crescere dell'energia disponibile dovrà rendersi sempre meno sensibile, così che la dispersione elettrica dovrà tendere verso un valore limite, come appunto viene dimostrata dall'esperienza.

Inoltre da tutto quanto più sopra si è detto risulta manifesta la grande importanza che ha sulla dispersione elettrica prodotta dai raggi X la forma della scarica. Molto probabilmente la causa per la quale la scarica abbandona la forma attiva, sia crescendo sufficientemente la capacità del condensatore, sia crescendo sufficientemente la differenza di potenziale agli elettrodi, deve ricercarsi nel fatto che tanto nell'uno come nell'altro caso si viene continuamente aumentando l'intensità massima raggiunta dalla corrente che passa nel tubo, ed è noto che, col crescere dell'intensità della corrente che attraversa il tubo, si ottiene un effetto analogo a quello che si avrebbe con un aumento nella pressione del gas: ora, quando la scintilla col crescere della capacità o della distanza esplosiva assume la forma debolmente attiva, si vede, come ho già detto, il tubo illuminato da una luce bianchiccia come quella che appunto si osserva ad una pressione più elevata e quindi in uno stadio meno inoltrato della radiazione catodica.

Volendo dunque ottenere in un tubo Röntgen le condizioni più favorevoli per l'emissione dei raggi x facendo uso

delle scariche dei condensatori, è anzitutto necessario ridurre la pressione esattamente a quel valore per il quale la scarica passa nel tubo medesimo senza più destare nel suo interno alcuna luminosità, valore che cambia da tubo a tubo.

In secondo luogo conviene l'uso delle più elevate differenze di potenziale agli elettrodi, compatibili con la condizione di non oltrepassare quella distanza esplosiva critica che segna il limite delle scariche intensamente attive: e sotto questo riguardo sembrano presentare qualche vantaggio i tubi di grandi dimensioni, perchè con essi si possono appunto raggiungere maggiori differenze di potenziale agli elettrodi prima di arrivare alla distanza esplosiva critica.

In terzo luogo converrà mandare attraverso al tubo la maggiore quantità possibile di elettricità, compatibile sempre con la condizione che la scarica conservi la sua forma attiva: ma per la proporzionalità esistente tra la dispersione elettrica e la capacità del condensatore da una parte, e tra la dispersione elettrica ed il numero delle scariche dall'altra, si comprende come l'effetto risultante debba esser lo stesso sia che una data quantità di elettricità attraversi il tubo in una sola volta ovvero venga suddivisa in un numero maggiore o minore di scariche parziali: tuttavia sarà preferibile l'uso di piccole capacità, perchè con esse è possibile adoperare maggiori differenze di potenziale agli elettrodi del tubo pur conservando alla scarica la sua maggiore attività.

Il fatto, che i risultati ottenuti con i tubi N. 1 e N. 3 furono molto più soddisfacenti di quelli ottenuti con il N. 2, mostra infine che altre condizioni devono influire sulla emissione dei raggi x , come per es. la grandezza, la forma e la posizione degli elettrodi.

Insieme con le misure della dispersione elettrica ho anche fatte alcune prove fotografiche per verificare i risultati già ottenuti dal Righi, dal Donati, ecc., riguardo alla proporzionalità esistente tra la stessa dispersione e gli effetti fotografici. In accordo con questa legge, ho avuto in ogni caso con lo stesso numero di scariche immagini più intense con quelle condizioni nelle quali era anche maggiore l'energia disponibile tra gli elettrodi del tubo, purchè però le scariche appar-

tenessero sempre al tipo indicato con A: se invece per un eccesso dell'energia disponibile tra gli elettrodi le scariche si presentavano trasformate, anche le immagini fotografiche apparivano incomparabilmente meno intense.

Nella disposizione sperimentale adottata in queste ricerche il tubo da cui viene emessa la radiazione del Röntgen si trova inserito nel circuito in serie con un tratto di scintilla: ora è noto, da studi fatti da vari sperimentatori e specialmente dal Winkelmann che l'emissione dei raggi α viene in tali condizioni profondamente modificata. Mi sono quindi proposto di estendere le mie esperienze al caso in cui il tratto di scintilla venga eliminato, facendo uso di quelle scariche dei condensatori che sono note con il nome di scariche impulsive: ma dei risultati ottenuti con questa nuova disposizione renderò conto in una prossima pubblicazione.

Istituto Fisico della R. Università di Parma.

Maggio 1904.

SE LE EMANAZIONI RADIOATTIVE SIANO ELETTRIZZATE.

Nota di A. BATTELLI e di F. MACCARRONE.

Gli studii fatti finora sulle emanazioni radioattive non hanno ancora portato ad una opinione sicura intorno alla loro costituzione.

È sembrato probabile a taluni fisici che esse siano formate dai resti degli atomi che abbiano emesso dei raggi α . Se ciò corrispondesse alla realtà, le emanazioni radioattive dovrebbero essere elettrizzate negativamente.

Si vede quindi subito l'importanza di uno studio indirizzato a scoprire se tale elettrizzazione esista.

Invero una esperienza indiretta del Rutherford ¹⁾ condurrebbe a ritenere che le emanazioni del radio non trasportino cariche elettriche. Avendo egli introdotta dell'emanazione di torio fra due cilindri concentrici, mantenuti a una differenza

1) Phil. Mag., 5. serie, vol 49, pag. 1, (1900).