ATTI

DELLA

REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCCXII.

1915

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XXIV.

1° Semestre.

ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL DOTT. PIO BEFANI

1915

4) che quello che avviene nei castagnoli e nei semenzai pure conferma che il *male dell'inchiostro* non si inizia nelle radici e non segue un andamento centripeto: che esso è prodotto da una micosi od infezione crittogamica che attacca da prima le parti aeree della pianta (rami e fusti), poi scende alle radici: che talora l'attacco può aver luogo anche direttamente nell'ipocotile stesso, ed altresì nella parte superiore della radice del seme germinante;

5) che il male non si può attribuire ad esaurimento del terreno;

6) che non occorre l'opera di uno speciale micromicete, il *Mycelophagus*, che attacchi e distrugga le micorizze, come vuole Mangin;

7) che nemmeno il male è prodotto dai micelii micorizzici divenuti parassiti per deficienza di *humus* nel terreno, come pensa Delacroix;

8) che nemmeno fa d'uopo di pensare all'esistenza di sostanze misteriose e tossiche, prodotte ed abbandonate nel terreno dalle piante che muoiono.

La quistione micologica non è di capitale importanza per la patogenesi, la profilassi e la cura del male. Essa verrà interamente chiarita e risolta più tardi, quando le ricerche in proposito saranno compiute e tutti i lati del problema micologico studiati. Sino da ora possiamo peraltro affermare che, quando anche si riuscisse a dimostrare che non un solo fungillo ma parecchi concorrono a produrre il complesso delle alterazioni che vanno sotto il nome di *morìa* o di *male dell'inchiostro* del castagno, ciò non infirmerebbe quanto noi abbiamo ripetutamente affermato nelle nostre precedenti pubblicazioni e che anche le attuali ricerche sull'infezione dei castagnoli e dei vivai riconfermano.

Fisica. — *Emissione ed assorbimento del gas residuo nei tubi del Röntgen, ed emissione dei raggi X*(1). Nota del Corrispondente P. Cardani.

È noto che i tubi del Röntgen, per raggiungere le migliori condizioni per l'emissione dei raggi x, devono subire un lungo processo di esaurimento, allo scopo di eliminare i gas che si trovano occlusi negli elettrodi o nelle pareti di vetro: e siccome questi gas non si sprigionano liberamente neppure con le rarefazioni più spinte, si sa ancora che, per ottenere l'esaurimento è necessario di circondare i tubi con speciali involucri, per es. di amianto, e portarli ad elevate temperature, mandando anche attraverso i medesimi una corrente sufficientemente intensa, sapendosi che la scarica elettrica facilita notevolmente l'emissione dei gas occlusi. Ed è altresì noto che, per evitare lo

(1) Lavoro eseguito nell'Istituto di fisica della R. Università di Parma.

annerimento dei tubi per la polverizzazione del platino anticatodico, i costruttori aggiungono un terzo elettrodo, che serve appunto da anodo nel processo di esaurimento, mentre si ha cura di mantenere isolato l'anticatodo.

Sul gas che viene emesso dagli elettrodi, sono già state fatte alcune interessanti ricerche. Lo Skinner (1) ha per es. osservato che il gas che si svolge dal catodo, formato di metalli differenti, è idrogeno; ed ha dimostrato che l'emissione di questo gas dal catodo è accompagnata da un assorbimento che si produce all'anodo; ed ha anche trovato che questa emissione riprende, lasciando per qualche tempo gli elettrodi in riposo: il che indica la grande difficoltà incontrata dal gas occluso per portarsi dagli strati più profondi alla superficie. Nello stesso modo osservò l'emissione e l'assorbimento dell'azoto da catodi ed anodi formati da dischetti di carbone. Le sue esperienze vennero però eseguite a pressioni tra 1 e 3 mm. di mercurio e con la scarica a forma di fiocco. Esperienze analoghe per l'assorbimento dell'idrogeno e dell'azoto da parte di anodi diversi per il passaggio delle scariche furono fatte dal Chrisler (2), sempre con pressioni del gas superiori a 2 mm. di mercurio. Altre ricerche sui gas occlusi nelle pareti di vetro dei tubi a vuoto furono fatte dallo Swinton e dal Pohl (3).

Particolarmente degne di nota sono le ricerche di Hirsch e Soddy (4) sul gas che alle rarefazioni, alle quali avviene la emissione dei raggi X, viene dato dagli elettrodi di alluminio: gas, la cui formazione essi ritengono connessa con la presenza di tracce di sodio negli elettrodi e di cui la natura non è ben precisata.

D'altra parte, il fatto che i tubi del Röntgen, per il loro uso continuato, tendono ad indurirsi, sta a dimostrare che gli elettrodi devono riassorbire il gas contenuto nell'ampolla, ed è pure noto che in certe condizioni si può ottenere con le scariche una autorarefazione del tubo, la quale può raggiungere limiti elevatissimi.

Ciò posto, è manifesto che molti punti restano ancora da chiarire su questo argomento: resta così da chiarire come proceda l'emissione del gas con le scariche durante il periodo di esaurimento dei tubi Röntgen; come vi influisca l'innalzamento della temperatura; come, quando l'esaurimento è sufficientemente progredito, avvenga il fenomeno inverso dell'autorarefazione del tubo, e come si raggiungano quelle condizioni di grande stabilità che presentano i tubi forniti dalle fabbriche. Vi è inoltre da approfondire lo studio di quel gas che in determinate condizioni viene emesso dagli elettrodi e in altre riassorbito.

(1) Physikalische Zeitschrift, 1905, pag. 610; e Philosophical Magazine, 1906, pag. 481.

(2) Physikalische Zeitschrift, 1909, pag. 746.

(3) Beiblätter zu den Annalen der Physik, vol. 33, an. 1909, pag. 1382.

(4) Philosophical Magazine, 1907, pag. 779.

Lo scopo delle presenti ricerche è quello di portare un nuovo contributo alla risoluzione di tali questioni estremamente complesse, in modo da poter chiarire i fenomeni che avvengono nelle estreme rarefazioni dei tubi del Röntgen e conoscere le condizioni necessarie per il loro migliore funzionamento: esse però non costituiscono se non uno studio preliminare per poter in seguito stabilire le condizioni interne del tubo dalle quali dipende l'emissione dei raggi x, in particolar modo in rapporto alla pressione, perchè quelle da me pubblicate nel 1904 riguardavano il caso di tubi non esauriti, nei quali per ciò la scarica doveva esser accompagnata da un'abbondante emissione dei gas residui.

Evidentemente, per raggiungere lo scopo propostomi, le ricerche dovevano esser rivolte da una parte alla misura delle pressioni del gas contenuto nel tubo attraversato dalle scariche, e dall'altra alla misura della ionizzazione prodotta.

I tubi adoperati provenivano da fabbriche tedesche: dopo aver sperimentato il loro perfetto funzionamento, sia radioscopicamente sia per la ionizzazione che producevano, essi venivano aperti e subito saldati ad un tubo di vetro che conduceva ad una provetta di Mach Leod e alla pompa Gaede. Ho fatto uso di tubi di diametri diversi, muniti sempre di anticatodo di platino: il catodo e l'anodo erano, al solito, di alluminio. Un rubinetto normale, tipo Leybold, a perfetta tenuta, era inserito tra il tubo Röntgen e il manometro: un secondo rubinetto identico era invece inserito tra il manometro e la pompa Gaede. Nel tubo di vetro di comunicazione tra il manometro e questo secondo rubinetto, ho inoltre saldato un tubo Geissler senza elettrodi, per analizzare per mezzo di uno spettroscopio il gas contenuto: due larghe striscie di stagnola, incollate esternamente nelle parti più larghe del tubo Geissler, servivano per rendere luminoso il gas contenutovi, collegandole con i poli di un rocchetto.

Il tubo Röntgen era disposto orizzontale, e la comunicazione col manometro partiva dal tubo laterale adiacente al catodo ed era rivolta verso l'alto.

Siccome per esaurire il tubo dal gas occluso si doveva riscaldarlo a temperatura elevata, esso era appoggiato sulle parti opportunamente ripiegate di due bacchette di vetro le quali erano superiormente fissate a robusti sostegni. Con questa disposizione era facile di circondare dal basso il tubo Röntgen con una scatola di amianto e chiudere questa scatola con un coperchio, pure di amianto, che doveva naturalmente portare delle fenditure in corrispondenza delle bacchette di vetro che reggevano il tubo medesimo e del tubo di vetro che stabiliva la comunicazione col manometro: una serie di 10 fiamme sottostanti permetteva di raggiungere una temperatura di oltre 300°.

La pompa Gaede comunicava a sua volta con una pompa ad olio Gerik; e nel tubo di comunicazione era inserito un rubinetto a tre vie, per poter

introdurre nella pompa Gaede, nel manometro e nel tubo Röntgen, gas differenti.

Per misurare la ionizzazione prodotta dai raggi X, ho disposto il tubo Röntgen in modo che l'emissione avvenisse in direzione di una finestra rettangolare praticata in una spessa parete. Questa finestra era chiusa da una lastra di piombo che portava un'apertura circolare di 9 cm. di diametro: l'anticatodo del tubo distava 22 cm. da questa apertura; la disposizione era tale che il centro dell'anticatodo e il centro dell'apertura si trovavano sulla stessa retta orizzontale. L'apertura della lastra di piombo era protetta da una sottilissima lastra di alluminio, che ne distava circa 2 mm., accuratamente isolata con supporti di ebanite e mantenuta costantemente carica da 400 elementi Volta: un elettrometro di Exner e Geitel indicava il buon funzionamento di questa pila.

Nel vano della parete, e ad una distanza di 1 cm. dalla lastrina di alluminio, era collocato un disco di rame annerito, di diametro un po' maggiore dell'apertura esistente nella lastra di piombo, accuratamente isolato e comunicante con l'ago di un elettrometro del Mascart. Questo elettrometro, appoggiato sopra un piano coperto da lastra di zinco, si trovava dunque nella stanza attigua a quella del tubo Röntgen: sullo stesso piano si trovavano le cassette di pile per la carica dei quadranti, una pila campione con uno dei poli isolati, e un interruttore. Una grande cassa di legno tappezzata di stagnola, senza fondo ed aperta dal lato che si addossava alla parete, copriva l'elettrometro, le cassette delle pile di carica, la pila campione e l'interruttore: e poichè anche il vano della parete, a partire dalla lastra di piombo, ed il tratto di muro, a cui si addossava la cassa di legno, erano pure tappezzati di stagnola, è chiaro che tutti questi apparecchi venivano a trovarsi protetti da ogni azione elettrostatica.

L'interruttore, che si manovrava dall'esterno, permetteva o di stabilire la comunicazione dell'ago dell'elettrometro col suolo, o di isolarlo, o di farlo comunicare col polo isolato della pila campione: quest'ultima serviva per controllare le condizioni di sensibilità dell'elettrometro. Un'apertura praticata nella cassa di legno lasciava visibile lo specchietto dell'ago dell'elettrometro, le cui deviazioni si leggevano con cannocchiale a scala.

Gli elettrodi del tubo comunicavano con i poli di un rocchetto di circa 15 cm. di scintilla con interruttore rotante: ho avuto sempre cura che il motore dell'interruttore ruotasse con velocità costante. L'intensità della corrente primaria, fornita da accumulatori, si misurava prima e dopo di ogni serie: essa si mantenne quasi sempre eguale ad 8 ampères. Volendo procedere ad una misura di ionizzazione, si isolava il sistema formato dall'ago dell'elettrometro e dal disco annerito, e si faceva agire il rocchetto o per 2 o per 5 secondi, ovvero si lasciava isolato l'elettrometro finchè raggiungeva la posizione di equilibrio: indi si leggeva la deviazione ottenuta per la ca-

rica portata per la ionizzazione dell'aria dalla lamina di alluminio sul disco di rame.

Nella provetta del Mac Leod, l'ampolla ed il cannello avevano la capacità complessiva di 12,000 mm.^{3}: il cannello aveva la sezione di 1 mm.^{2} e la graduazione in mm. Le misure si facevano in modo che il mercurio nel ramo esterno arrivasse al livello dello zero del cannello graduato, e leggendo la divisione alla quale arrivava il mercurio dentro il cannello medesimo: così che questo numero w di divisioni rappresentava nello stesso tempo il dislivello in mm. tra i due rami della provetta, e il numero dei mm^3. ai quali era ridotto il volume del gas inizialmente contenuto nell'ampolla; la pressione del gas nel tubo si aveva così a meno di una differenza trascurabile, dividendo w^2 per 12000.

L'apparecchio, naturalmente, teneva il vuoto in modo perfetto; chiuso il rubinetto tra il manometro e la pompa Gaede, la pressione rimaneva immutata anche dopo parecchi giorni: la qual cosa stava a dimostrare un fatto già noto, che, cioè, anche alle estreme rarefazioni i gas occlusi negli elettrodi non si sprigionano spontaneamente alla temperatura ordinaria: d'altra parte però non si è mai osservato, nemmeno quando i tubi erano esauriti, alcun assorbimento spontaneo dei gas da parte degli elettrodi: non essendovi dunque nè spontanea emissione nè spontaneo assorbimento è chiaro che per questo riguardo le condizioni dei tubi dovevano rimanere immutate.

Una precauzione assolutamente indispensabile per ottenere l'esaurimento dei tubi, è quella di impedire che una parte della scarica arrivi a propagarsi al manometro ed alla pompa, perchè in tal caso si sprigionano, molto probabilmente nella superficie di contatto tra vetro e mercurio, dei gas che mascherano completamente i fenomeni che avvengono nel tubo. In alcune esperienze preliminari — nelle quali adoperavo le scariche impulsive di una batteria di condensatori, in luogo di quelle del rocchetto — i rubinetti facilmente si foravano, mentre, se resistevano, la scarica passava tra le due superfici di vetro del rubinetto combacianti ed insieme con questo passaggio della scarica, si vedeva la pressione aumentare, non ostante che i rubinetti lasciati a sè, tenessero ancora perfettamente il vuoto. Se non si elimina questa propagazione di una parte della scarica dal tubo al manometro e alla pompa, non è possibile di ottenere l'esaurimento degli elettrodi, che nelle prime esperienze, non ostante tutte le precauzioni prese, sembravano per ciò inesauribili.

Le cose cambiarono completamente quando pensai di avvolgere di stagnola un buon tratto del tubo di comunicazione tra il tubo Röntgen ed il manometro, in prossimità del tubo Röntgen medesimo, stabilendo poi una buona comunicazione di questa stagnola col suolo. Con questo artificio la parte di scarica, che tendeva a propagarsi al manometro, veniva arrestata

al luogo rivestito dalla stagnola, così che tutto il rimanente dell'apparecchio restava escluso da ogni azione elettrica: eliminata così questa gravissima causa di errore, i fenomeni di emissione e di assorbimento del gas da parte degli elettrodi presero una grande regolarità, che mi permise di compiere lo studio propostomi.

Non essendo qui possibile di riportare tutte le serie di misure fatte, anche se volessi limitarmi a quelle riferentisi all'esaurimento di un solo dei tubi sperimentati, mi limiterò a riferirne alcune che, opportunamente scelte, daranno una chiara idea del modo come il processo si svolge. Naturalmente questi fenomeni di emissione e di assorbimento dipendono essenzialmente dalla natura degli elettrodi: anzi si può dire che ogni tubo abbia un comportamento proprio, così che mentre qualche tubo dava fin da principio delle emissioni di gas notevolissime, qualche altro dava una emissione relativamente scarsa. Ciò non poteva dipendere che dal modo stesso con cui era stato preparato l'alluminio che serviva per gli elettrodi. I risultati in seguito riferiti furono ottenuti con un tubo che ha dato tra le più abbondanti emissioni del gas accluso.

Nei seguenti prospetti, nella colonna indicata con la lettera t sono riportati i minuti primi per i quali si è fatto funzionare il rocchetto; in quella indicata con la lettera w, il numero delle divisioni lette al manometro; in quella indicata con P, i valori di w^2, proporzionali alla pressione, il cui vero valore si otterrebbe dividendo, come si disse, w^2 per 12000; in quella indicata con Δ, il rapporto tra l'incremento o il decremento dei valori di P osservato, e il numero dei minuti durante il quale esso si è verificato.

L'anticatodo venne unito al catodo soltanto quando si procedeva a misure di ionizzazione per conoscere l'andamento della emissione dei raggi X: e ciò per non annerire con le scariche il tubo, cosa che avveniva rapidamente se si teneva l'anticatodo unito al catodo per la facile polverizzazione del platino specialmente a temperature elevate. Durante poi le serie di misure che si andavano facendo per la pressione, si manteneva costantemente chiuso il rubinetto adiacente alla pompa Gaede, così che quest'ultima restava esclusa, ed il gas che si sprigionava dagli elettrodi occupava un volume costante.

	Serie I			Serie II			Serie III			Serie IV			Serie V			Serie VI			Serie VII			Serie VIII			Serie IX		
t	w	P	Δ	w	P	Δ	w	P	Δ	w	P	Δ	w	P	Δ	w	P	Δ	w	P	Δ	w	P	Δ	w	P	Δ
0	36,0	1296		38,0	1444		31,5	992		37,4	1399		13,0	169		23,5	552		6,0	36		18.3	335		37,0	1369	
			1234			1056			377			487			50			108			364			49			280
1	50,3	2530		50,0	2500		37,0	1369		30,2	912		14,8	219		25,7	660		20,0	400		19,6	384		35,0	1089	
			417			562			119			131			25			48			256			25			114
3	58,0	3364		60,2	3624		40,1	1608		25,5	650		16,4	269		27,5	756		30,2	912		20,8	433		29,0	861	
			209			313			78			56			8			14			210			12			61
5	61,5	3782		65,2	4251		42,0	1764		23,2	538		16,9	286		28,0	784		36,5	1332		21,4	458		27,2	740	
			123			218			34			34			4			9			90			8			33
10	66,3	4396		73,0	5329		44,0	1936		19,2	369		17,5	306		28,8	829		42.2	1781		22,3	497		24,0	576	
			62			110			20			14			1,4			1,2			43			1,4			5
20	70,8	5013		80,2	6432		46,2	2134		15,0	225		17,9	320		29,0	841		47,0	2209		22,6	511		23,0	529	
			27			62			9			3			0			0			14			0,4			1,5
30	72,7	5285		84,0	7056		47,1	2218		14,0	196		17,9	320		29,0	841		48,5	2352		22,7	515		22,7	515	
			15			43			4			0,5			0			0			2			0			0
50	74,8	5595		89,0	7921		47,6	2266		13,6	185		17.9	320		29,0	841		49,0	2401		22,7	515		22,7	515	
			10			23			0			0,4									0						
75	76,4	5837		92,2	8501		47,6	2266		13,2	174								49,0	2401							
			4			13						0,2									0						
100	77,0	5929		94,0	8836					13,0	169								49.0	2401							

La prima serie riportata, eseguita alla temperatura ordinaria poche ore dopo che il tubo Röntgen era stato saldato al tubo di comunicazione del manometro e della pompa, mostra in modo evidente che per il passaggio delle scariche del rocchetto si svolge dagli elettrodi di alluminio una notevole quantità di gas, così che la pressione è salita, in 75′, da 1296 (pari a 0,108 mm. di Hg.) a 5837 (pari a 0,486 mm. di Hg.): ma l'emissione va rapidamente diminuendo col crescere della pressione; e tende verso un valore limite, oltre il quale la emissione si arresta. A questa pressione esiste dunque uno stato di equilibrio tra il gas esterno e quello occluso in prossimità della superficie degli elettrodi: essa può servire come indice del progressivo esaurimento del tubo Röntgen, essendo manifesto che, per avere il tubo stabile, si deve raggiungere quella condizione di cose per la quale pressione di equilibrio debba essere proprio quella corrispondente alla massima emissione dei raggi X.

La seconda serie riportata è stata eseguita due giorni dopo, durante i quali si è proseguito il processo di esaurimento del tubo: a questo scopo, il tubo venne portato, durante questi due giorni e per alcune ore, a 200°, aiutando l'emissione del gas occluso negli elettrodi, e che avveniva spontaneamente per l'elevata temperatura, sia mandando di tanto in tanto le scariche del rocchetto, sia facendo funzionare la pompa in modo che la pressione rimanesse sufficientemente bassa (circa 0,09 mm. di Hg.). Dai valori riportati si vede che per il passaggio delle scariche la pressione è salita, nello stesso tempo di 75′, da 1444 (pari a 0,095 mm. di Hg.) ad 8501 (pari a 0.705 mm. di Hg.), dimostrandosi, così, che alla temperatura di 200° l'emissione del gas da parte degli elettrodi provocata dalle scariche è stata notevolmente superiore a quella ottenuta nella I^{a} serie a temperatura ordinaria, non ostante la notevole quantità di gas già eliminata nei due giorni precedenti. Questa seconda serie è molto interessante, perchè dimostra quale importanza abbia l'elevata temperatura nel conseguire un rapido esaurimento degli elettrodi del tubo.

La terza serie è stata eseguita il giorno successivo, mentre il tubo si trovava alla temperatura pure di 200°. Tra la seconda e terza serie si era proseguito il processo di esaurimento, mantenendo il tubo per diverse ore a 200°, mandando di tanto in tanto le scariche e mantenendo la pressione sufficientemente bassa. Come risulta dai valori riportati, la pressione sale, nel solito tempo di 75′, per l'azione delle scariche soltanto da 992 (pari a 0,083 mm. di Hg.) a 2266 (pari a 0,189 mm. di Hg.), dimostrando, col confronto della 2^{a} serie, che il processo di esaurimento degli elettrodi aveva già fatto sensibile progresso.

La quarta serie è di particolare interesse: essa venne fatta due giorni dopo la precedente, essendosi proseguito durante i medesimi il processo di esaurimento degli elettrodi. Dopo aver portato il tubo a 200°, e dopo averlo

tenuto per parecchie ore alla maggiore rarefazione possibile per il funzionamento della pompa, si escluse la pompa e si attese che la pressione del gas uscito dagli elettrodi sotto l'azione dell'elevata temperatura, e con l'aiuto delle scariche del rocchetto, salisse ad un valore di circa 2500: indi si spensero le fiamme e, tolto l'involucro, si portò il tubo rapidamente alla temperatura ordinaria. La pressione del gas si ridusse, per il raffreddamento, a 1399 (pari a 0,117 mm. di Hg.). Fatto in seguito funzionare nuovamente il rocchetto, si sono eseguite le misure che sono riportate nella serie IV. Questa serie dimostra che gli elettrodi riassorbono, alla temperatura ordinaria e sotto l'azione delle scariche il gas che, sotto l'azione delle scariche, avevano emesso a temperatura elevata, dando origine ad una rarefazione del tubo la quale raggiunse pressioni molto basse, cioè il valore di 169 (pari a 0,014 mm. di Hg); pressione alla quale si era già oltrepassata la massima emissione dei raggi X, ed il tubo si mostrava così indurito da non lasciare quasi più passare la scarica.

La quinta serie riportata fu eseguita nel giorno successivo: ed è pure importante, perchè dimostra che, dopo parecchie ore di riposo, gli elettrodi del tubo tornano ad emettere, sempre per azione delle scariche, del nuovo gas, il quale evidentemente non può che provenire dai più profondi strati di essi. Questa emissione si accentua se il riposo del tubo si prolunga, come lo dimostra la serie sesta fatta due giorni dopo la quinta: è omessa per brevità la serie fatta nel giorno intermedio, e nella quale la pressione era salita, da 320, a 522. Se però si confronta la serie sesta con la prima, risulta manifesto quale progresso sia stato fatto nell'esaurimento degli elettrodi del tubo e come questo esaurimento proceda regolarmente.

La serie VII fu fatta alla temperatura di 300°, cioè a temperatura molto più elevata delle precedenti. Essa dimostra come, anche quando gli elettrodi sembrano sufficientemente esauriti alla temperatura ordinaria, emettono ancora abbondante quantità di gas, a temperatura elevata: ma se si confronta questa serie ultima con le precedenti fatte a 200°, si vede come per il solo fatto di aver portato il tubo a temperatura più elevata di quelle prima adoperate, si accentui notevolmente l'emissione del gas dagli elettrodi: la pressione infatti è salita, in 75′, da 26 (pari a 0,003 mm. di Hg.) a 2401 (pari a 0,2 mm. di Hg.).

L'ottava e nona serie riportate servono a dimostrare che in ogni particolare condizione di esaurimento degli elettrodi vi è una pressione per la quale si stabilisce l'equilibrio tra il gas in essi contenuto e il gas interno. La serie ottava è una serie di emissione alla temperatura ordinaria, fatta dopo che il tubo era rimasto in riposo per molte ore: e si vede che la pressione sale lentamente per l'azione delle scariche, così che in 50′ si passa dal valore di 335 (pari a 0,028 mm. di Hg.) a 515 (pari a 0,043 mm. di Hg.). Riscaldato subito dopo il tubo a 280°, e aiutata l'emissione del gas

con le scariche fino a raggiungere il valore di 2500, lasciando naturalmente esclusa la pompa, si è in seguito ricondotto rapidamente il tubo alla temperatura ordinaria, alla quale la pressione si trovò ridotta, per il raffreddamento, a 1369 (pari a 0,114 mm. di Hg.). La serie nona mostra come siasi compiuto l'assorbimento del gas emesso; e si vede che la pressione, alla quale l'assorbimento si arresta, è precisamente quella di 515, alla quale si era anche arrestata la emissione del gas nella serie precedente.

Dal complesso di tutte le serie fatte si può dunque concludere:

1°) che gli elettrodi di alluminio dei tubi Röntgen, dopo essere stati in contatto con l'aria atmosferica, contengono occlusa una notevole quantità di gas, che non si sprigiona spontaneamente alla temperatura ordinaria neppure nelle rarefazioni più spinte, ma che invece viene emessa per il passaggio delle scariche;

2°) che l'emissione del gas avviene spontaneamente a temperature elevate, ma anche in questo caso viene notevolmente facilitata per il passaggio delle scariche: e la quantità di gas che si sprigiona è tanto più notvole quanto più elevata è la temperatura;

3°) che il gas occluso incontra grandissima difficoltà per raggiungere la superficie degli elettrodi, anche a temperature elevate e a rarefazioni molto spinte;

4°) che in seguito a queste difficoltà gli elettrodi possono esaurirsi superficialmente in modo che la pressione rimanga stabile al passaggio della scarica anche per qualche giorno, finchè, cioè, il gas occluso negli strati più profondi non compensi, venendo alla superficie, l'esaurimento prodotto: raggiunta questa condizione, ricomincia per il passaggio delle scariche la emissione del gas;

5°) che ottenuto l'esaurimento superficiale, gli elettrodi riassorbono, sotto l'azione delle scariche e a temperatura ordinaria, il gas che sotto l'azione delle scariche avevano emesso a temperature elevate;

6°) che l'emissione e l'assorbimento dipendono dalle particolari condizioni di esaurimento nelle quali si trovano gli strati superficiali degli elettrodi.

Affinchè dunque un tubo diventi stabile per l'emissione dei raggi X, è necessario che il gas occluso in tutta la massa degli elettrodi sia in equilibrio permanente, anche quando il tubo è attraversato dalle scariche, col gas esterno e per quella pressione per la quale ha luogo la massima emissione dei raggi X medesimi: ed è appunto il conseguimento di questo stato di equilibrio del gas occluso in tutta la massa degli elettrodi col gas esterno alla pressione corrispondente al massimo dei raggi X, che costituisce, data la estrema difficoltà del gas di muoversi nell'interno degli elettrodi, l'operazione più lunga per la costruzione di un tubo Röntgen.

Se gli elettrodi non sono sufficientemente esauriti, il gas occluso negli strati più profondi raggiunse lentamente la superficie, e, per il passaggio delle scariche, lentamente si sprigiona: il tubo, che sembrava fatto, si rammolisce perchè lo stato di equilibrio ha luogo per una pressione superiore a quella per la quale la produzione dei raggi X è massima, rendendosi in tal modo inservibile. Se invece gli elettrodi sono troppo esauriti, il gas esterno viene lentamente occluso, e il tubo si indurisce non lasciando più passare la scarica rendendosi, in tal modo, per un altro verso inservibile.

La legge con la quale avviene la emissione e l'assorbimento del gas da parte degli elettrodi, è di natura esponenziale, come si riconosce facilmente portando i valori del tempo sulle ascisse, e quelli delle pressioni sulle ordinate, in una rappresentazione grafica su carta millimetrata.

L'emissione si compie sensibilmente con una legge della seguente forma:

$$P - B = (A - B)\ (1 - 10^{-bt})\ ,$$

dove b è una costante dipendente dalle unità di misura scelte e dalle condizioni del tubo, B il valore della pressione iniziale al tempo $t = o$, ed A il valore della pressione finale per $t = \infty$.

Similmente, l'assorbimento si compie con una legge della seguente forma:

$$P - A = (B - A)\ 10^{-bt},$$

dove ancora b è una costante dipendente dalle unità di misura scelte e dalle condizioni del tubo, B il valore della pressione iniziale al tempo $t = o$, ed A il valore della pressione finale per $t = \infty$.

Stabilito così l'andamento generale dei fenomeni che si compiono negli ordinarî tubi Röntgen per quanto riguarda l'emissione e l'assorbimento del gas che si sprigiona dagli elettrodi di alluminio, ho creduto conveniente di esaminare come si comportasse l'aria sostituita nelle identiche condizioni al gas svolto dagli elettrodi di alluminio, e ciò allo scopo di stabilisce se il gas emesso dagli elettrodi di alluminio fosse appunto aria dai medesimi occlusa, ovvero fosse un gas differente.

Che il gas emesso dagli elettrodi fosse diverso dall'aria, appariva invero manifesto dall'aspetto stesso del tubo attraversato dalle scariche: è noto, infatti, che, se la scarica passa in un tubo contenente aria, la luce che invade il tubo, prima di raggiungere lo stato di emissione dei raggi X, è di colore rosa purpureo: invece la luce che si osservava nelle stesse condizioni quando la scarica attraversava il gas emesso dagli elettrodi, era del tutto diversa, e precisamente di un colore bianco azzurrognolo.

Per risolvere la questione, subito dopo la serie IV, già sopra riportata (serie che riguarda l'assorbimento, da parte degli elettrodi, del gas emesso dagli elettrodi medesimi), feci nel tubo, con la pompa Gaede, la massima

rarefazione possibile $\frac{1}{12000}$ di mm. di mercurio, e introdussi nel tubo una piccola quantità di aria ben secca, alla pressione iniziale di 3136, pari a 0,261 mm. di mercurio. Indi, esclusa la pompa, ho fatto una serie con le scariche. Nel seguente prospetto trovansi riportate, per maggiore chiarezza, la serie IV di assorbimento del gas emesso dagli elettrodi, e la serie dell'assorbimento dell'aria.

	Serie IV			Serie X		
t	w	P		w	P	
0	37,4	1399	487	56,0	3136	484
1	30,2	912	131	51,5	2652	26
3	25,5	650	56	51,0	2601	0
5	23,2	538	34	51,0	2601	6
10	19,2	369	9	50,7	2570	7,5
30	14,0	196	0,5	49,2	2421	8,2
50	13,6	185	0,4	47,5	2256	7,1
75	13,2	174	0,2	45,6	2079	8,2
100	13,0	169		43,3	1875	7,1
125				41,2	1697	7,4
150				38,9	1513	7,8
175				36,3	1318	7,6
200				33,6	1129	7,5
225				30,7	942	7,6
250				27,4	751	5,8
275				24,6	605	4,8
300				22,0	484	4,9
325				19,0	361	4,2
350				16,0	256	2,4
375				14,0	196	0,2
400				13,8	190	

La differenza tra il comportamento del gas emesso e quello dell'aria è evidente. Da prima l'aria subisce una brusca contrazione di volume, così che la pressione scende rapidamente, dal valore iniziale di 3136 (pari a 0,261 mm. di mercurio), al valore di 2601 (pari a 0,217 mm. di mercurio), indicando che sotto l'azione delle scariche l'ossigeno si combina con parte dell'azoto per dare origine a qualcuno degli ossidi dell'azoto: anche il colore della scarica in questi primi momenti subisce una profonda modificazione. Dopo, la pressione diminuisce proporzionalmente al tempo e, quindi, alla quantità di elettricità che attraversa il tubo: l'autorarefazione non avviene più con la legge prima stabilita, dimostrando che gli elementi dell'aria non vengono occlusi dagli elettrodi, come avveniva per il gas emesso, ma l'autorarefazione avviene con un processo differente, che probabilmente consisterà in un processo di combinazione chimica degli elementi stessi con gli elettrodi di alluminio.

I numeri riportati dimostrano, poi, che l'autorarefazione del tubo procede regolarmente, e solo a pressioni molto basse essa si compie più lentamente

sino a raggiungere un limite al quale si arresta: nel caso della serie riferita, la pressione minima raggiunta è di 190 (pari a 0,0158 mm. di mercurio), pressione alla quale ricomincerebbe l'emissione del gas che si sprigiona dagli elettrodi e che nel caso attuale era anche inferiore a quella per la quale si aveva la massima emissione dei raggi X.

Ad avvalorare questa interpretazione, che gli elementi dell'aria siano stati fissati e non assorbiti dagli elettrodi, sta il fatto che, riscaldando nuovamente il tubo ad alta temperatura e mandandovi le scariche, ciò che torna a liberarsi dagli elettrodi più non è aria ma il solito gas: la qual cosa ho potuto facilmente riconoscere dall'esame spettroscopico fatto per mezzo del tubo di Geissler unito al manometro. Nè poteva esservi dubbio di sorta, perchè lo spettro del gas che si sprigiona dagli elettrodi è costituito da poche righe che corrispondono alle seguenti lunghezze d'onda:

$$\lambda = 656{,}3 \; ; \; 606 \; ; \; 578 \; ; \; 558 \; ; \; 545 \; ; \; 515 \; ; \; 484 \; .$$

Delle azioni chimiche che si compiono sotto l'azione delle scariche tra gli elettrodi di alluminio ed il gas esterno dando luogo ad autorarefazioni del tubo che possono raggiungere pressioni estremamente basse, avrò modo di riferire in un'altra occasione: qui mi basta affermare che il gas che si sprigiona dagli elettrodi si comporta molto diversamente dell'aria.

Ma una ancor più notevole differenza tra il comportamento del gas occluso dagli elettrodi e il comportamento dell'aria, si ha dall'esame della emissione dei raggi X.

Riporto qui due delle serie fatte con gli elettrodi, quasi esauriti completamente, nelle seguenti condizioni: dopo avere riscaldato il tubo a più che 300° per alcune ore, ed aver aiutato l'emissione del gas residuo ancora contenuto negli elettrodi con le scariche, si è lasciato raffreddare rapidamente il tubo medesimo togliendone l'involucro di amianto. La pressione del tubo si trovò così portata a 1024 (pari a 0,085 mm. di Hg.). Indi, alla temperatura ordinaria, si mandarono nuovamente le scariche del rocchetto, avendo riunito l'anodo all'anticatodo. Il gas veniva, al solito, assorbito e la pressione decresceva; nello stesso tempo si misurava all'elettrometro la massima deviazione che esso presentava tenendo l'ago isolato mentre il rocchetto funzionava: questa deviazione misurava la ionizzazione prodotta dai raggi X emessi dal tubo.

Questa serie di misure è riportata nel seguente specchietto: nella prima colonna, indicata con w, si trovano i numeri letti nella provetta di Mac Leod; nella seconda, i valori di $P = w^2$ proporzionali alle pressioni: nella terza la deviazione Δ osservata all'elettrometro.

Subito dopo terminata questa serie, si è fatto il massimo vuoto con la pompa Gaede, e si mandò nell'apparecchio una piccola quantità di aria secca, regolando le cose in modo che la pressione dell'aria fosse inizialmente la

stessa di quella della serie precedente, e cioè 1024. La seconda serie riportata contiene appunto i valori w, di P e di Δ ottenuti con l'aria.

Serie I			Serie II		
w	P	Δ	w	P	Δ
32,0	1024	0	32,0	1024	0
30,8	949	0	27,2	740	0
29,6	876	34	23,0	529	0
28,0	784	126	19,0	361	46
26,8	718	182	18,0	324	126
25,5	650	240	16,8	282	229
24,2	586	286	15,8	250	294
23,5	552	306	14,8	219	332
22,0	484	340	14,1	199	350
21,0	441	350	12,7	161	300
20,2	408	356	12,2	149	180
19,4	376	346			
18,8	353	310			
18,0	334	200			

Dall'esame delle due serie si vede che l'andamento dei fenomeni è nei due casi lo stesso: i raggi X cominciano ad una determinata pressione, raggiungono un massimo, indi la loro intensità ritorna rapidamente a zero col diminuire della pressione perchè la scarica non attraversa più il tubo. Ma esiste una notevole differenza nei valori ottenuti nei due casi: quando cioè nel tubo si trova il gas emesso dagli elettrodi, i raggi X cominciano ad una pressione sufficientemente elevata, di circa 900 (pari a 0,075 mm. di Hg.); in seguito la loro emissione diventa più abbondante sino a raggiungere il massimo per una pressione di circa 400 (pari a 0,033 mm. di Hg.); indi rapidamente decresce, e, ad una pressione di circa 300 (pari a 0,025 mm. di Hg.), il tubo si spegne. Invece, con l'aria, l'emissione dei raggi X comincia ad una pressione molto inferiore, e cioè a 400 circa (pari a 0,033 mm. di Hg); aumenta con molta rapidità e raggiunge lo stesso valor massimo di prima per la pressione di circa 200 (pari a 0,017 mm. di Hg.); indi, pure molto rapidamente, diminuisce, e alla pressione di circa 130 (pari a 0,011 mm. di Hg.) la scarica non attraversa più il tubo.

Quel gas che così difficilmente si svolge dagli elettrodi e che rende così lungo il loro esaurimento sino a raggiungere quelle tali condizioni che rendono stabile il tubo per la massima emissione dei raggi X, si presenta

adunque, sia per lo spettro che fornisce, sia per il modo come viene riassorbito dagli elettrodi, sia per quanto riguarda il suo comportamento per la emissione dei raggi X, completamente diverso dall'aria.

Che cosa sia questo gas, se cioè esso sia uno degli ossidi dell'azoto proveniente per il diverso assorbimento da parte degli elettrodi dei due gas principali contenuti nell'aria, ovvero sia un gas alla cui formazione prenda parte qualche altro elemento contenuto come impurezza nell'alluminio non mi è possibile precisare non avendo potuto approfondire la ricerca spettroscopica: le osservazioni finora fatte non mi forniscono indicazioni sufficienti per un giudizio sicuro: ma su questo intendo compiere ulteriori esperienze.

Le due ultime serie riferite dimostrano ancora quale importanza abbia sulla pressione di massima emissione dei raggi X, ed in generale su tutto l'andamento dell'emissione dei raggi medesimi, la diversa natura del gas contenuto. Dal complesso però di tutte le serie fatte durante il processo di esaurimento del tubo, ho riconosciuto che le curve di emissione dei raggi X con la pressione variano continuamente e dipendono essenzialmente dalle condizioni superficiali degli elettrodi dai quali la scarica si diparte; solo ad esaurimento quasi compiuto la legge di emissione dei raggi X si presenta costante, così che i raggi X cominciano sempre alla stessa pressione che è pure costante: ma anche di questi fenomeni, che escono dai limiti di questa Nota, e che sono molto complessi, mi riserbo di riferire prossimamente.

Matematica. — *Sopra un sistema di equazioni algebriche.* Nota di A. Cecconi, presentata dal Socio T. Levi-Civita.

In certe questioni di Statistica si presenta talvolta il problema che con linguaggio matematico si può esprimere nel modo seguente:

Dato un sistema di $m \cdot n$ numeri reali a_{rs} disposti in righe ed in colonne, formanti cioè una matrice rettangolare, determinare $m + n$ quantità pure reali, $x_1, x_2, \ldots, x_m$; $y_1, y_2, \ldots, y_n$, per modo che valgano le eguaglianze:

$$(1) \qquad \begin{cases} x \sum_{1}^{n}{}_{r} a_{ir} y_r = A_i & (i = 1, 2, \ldots, m) \\ y_j \sum_{1}^{m}{}_{s} a_{sj} x_s = B_j & (j = 1, 2, \ldots, n) \end{cases}$$

nelle quali, A_i e B_j sono numeri assegnati tutti diversi da zero e legati dalla relazione

$$\sum_{1}^{m}{}_{r} A_r = \sum_{1}^{n}{}_{s} B_s = D .$$

Concettualmente la questione è esaurita, essendo ricondotta alla discussione