

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI
ANNO CCXCVI.

1899

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME VIII.

1° SEMESTRE



ROMA
TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1899

pure ortogonale, quindi alle rette cicliche i, i' di (π, P) rispettivamente le j, j' di (χ, Q) .

Di quà risulta che quella particolare famiglia $g(x, y, z) = \text{cost}$ di integrali della (E), il cui piano tangente α in P taglia π secondo i (famiglia che si può sempre costruire) interseca ogni altro piano χ secondo una retta j pure ciclica.

Si vede poi subito che α è un piano ciclico, cioè tangente al cono I^2 , che proietta da P il cerchio immaginario all'infinito.

Infatti, per ciascuna coppia di integrali ortogonali di (E), i rispettivi piani tangenti in P sono coniugati rispetto ad I^2 , perciò α risulta coniugato a sè stesso, ossia ciclico. Lo stesso evidentemente è a dirsi di ogni altro piano tangente alla superficie $g(x, y, z) = \text{cost}$.

Assumiamo ora il punto Q vicinissimo a P sopra i : A meno di infinitesimi d'ordine superiore, esso si può riguardare situato sopra la superficie $g(x, y, z) = \text{cost}$, che passa per P, e quindi il piano tangente β in Q contiene la retta PQ, cioè i . D'altra parte, per quanto s'è osservato, è questa l'unica retta ciclica, passante per Q e situata in β . Ne viene che la intersezione j di β con χ è la stessa retta i .

Dimostrato ciò per il punto Q di i , contiguo a P, si conclude con facile illazione che lo stesso vale per ogni punto Q della i .

In altri termini, la corrispondenza, che la considerazione delle superficie $g(x, y, z) = \text{cost}$ stabilisce fra ogni punto P dello spazio e una delle due rette cicliche i del fascio (π, P) è tale che, ad ogni altro punto di i , corrisponde sempre la retta stessa.

Le i costituiscono dunque una congruenza (e così le i'), giusta l'asserto. La reciproca è pur vera, come si riconosce in modo perfettamente analogo.

Fisica. — *Sul ripiegamento dei raggi Röntgen dietro gli ostacoli* ⁽¹⁾. Nota dei dott. R. MALAGOLI e C. BONACINI, presentata dal Socio BLASERNA.

1. L'idea di un ripiegamento dei raggi X dietro gli ostacoli sorse fino dalle prime ricerche fatte intorno ad essi.

In certe apparenze di penombre che vennero notate nelle immagini di fenditure o di reticoli, si vollero vedere delle vere frangie di diffrazione, e si cercò subito di dedurne valori per le lunghezze d'onda dei raggi X, od almeno dei limiti superiori ⁽²⁾.

Nello stesso tempo si ebbero numerose osservazioni dirette di un apparente ripiegamento dei nuovi raggi ⁽³⁾, essendosi constatato che essi manifestavano

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

⁽²⁾ Cfr. lavori di Perrin, Sagnac, Calmette et Lhuillier, Gouy, Fomme, Kümmel, Precht, ecc.

⁽³⁾ Röntgen, Rend. Lincei, marzo 1896; Villari (ibid); Righi, ecc.

le loro azioni anche nell'*ombra* degli ostacoli. Tale fenomeno fu rilevato sperimentando con tutti tre i metodi di ricerca relativi ai raggi Röntgen; cioè il fotografico, il fluoroscopico, e l'elettroscopico: senonchè, in seguito alle belle ricerche del Righi (1), completate dal Villari e generalizzate poi dal Perrin (2), ecc., si dovette fare una riserva in merito al terzo metodo.

Poichè, difatti, per produrre effetti elettro-dispersivi non è necessario che i raggi X incidano direttamente sul corpo elettrizzato, ma basta che incontrino le linee di forza che ad esso fanno capo, è chiaro che il metodo elettroscopico non è adatto per ricerche che riguardano la propagazione rettilinea dei raggi X (se non quando il campo elettrico del conduttore scaricato sia chiuso), ed in particolare per le ricerche di cui parliamo.

L'interpretazione di tutti i fenomeni succitati, come conseguenze di una vera flessione dei raggi X, non si mantenne però a lungo: ma venne sostituendosi generalmente l'altra che li considera come effetti di penombra, dovuti alla forma ed estensione della sorgente, ed alla molteplicità dei luoghi di emissione. Tale idea, dapprima lanciata dal Röntgen (3), ripresa più tardi da altri, ed in particolare dal Sagnac (4), il quale un tempo però (5) era pel ripiegamento, veniva completamente sanzionata da una serie ordinata di ricerche, fatte in comparazione coi fenomeni luminosi, dall'Ercolini (6), ed indirettamente confermata dallo stesso (7) sui valori delle lunghezze d'onda ottenute dai diversi sperimentatori dei raggi X (8).

Ciò non escluse che i fenomeni di apparente ripiegamento dei raggi X venissero anche attribuiti ad una *disseminazione* di questi raggi da parte dell'aria (9); oppure, più tardi, ad una cripto-luminescenza di questa (10). E ciò crediamo, non tanto perchè si cercò da alcuni di provare che i raggi X manifestavano effetti entro l'*ombra geometrica* degli ostacoli (11), ma sopra-

(1) Memorie dell'Accademia di Bologna, 31 maggio 1896.

(2) Journal de Physique, agosto 1896.

(3) Rendiconti Lincei, 1 marzo 1896.

(4) Comptes rendus, 23 novembre 1896.

(5) Comptes rendus, 31 marzo 1896.

(6) *La pseudo-diffrazione dei raggi X*. Nuovo Cimento, aprile 1897.

(7) Loc. cit.

(8) Ci piace notare che la questione in discorso, in quanto si connetteva intimamente coll'altra di costruire una sorgente piccolissima di raggi X per avere immagini radiografiche a contorni netti, era stata implicitamente, se non risolta, già molto chiarita dalle ricerche del Colardeaux sul tubo *focus*, che porta il suo nome. (Eclairage élect., T. VIII, 18 luglio 1896).

(9) Righi, Rend. Lincei, 3 maggio 1896; Villari, Rend. Lincei, 6 giugno 1896; Müller, Wied. Ann. N° 8, 1896, ecc.

(10) Röntgen, 3ª Memoria, maggio 1897; Sagnac, Comptes rendus, 19 luglio 1897; Villard, Comptes rendus, 26 luglio 1897, ecc.

(11) Buguet, Comptes rendus, 16 agosto 1897.

tutto perchè si cominciò a far sentire quella influenza delle diffusioni di ambiente, che noi, inascoltati, facevamo rilevare fino dall'aprile 1896 (1).

Comunque, un reale ripiegamento dei raggi X dietro gli ostacoli, pareva ormai generalmente escluso.

2. Ciò non pertanto, il prof. Villari, in una sua Nota dell'estate scorsa (2), dopo aver riferito ad alcune sue esperienze riguardanti le modalità delle ombre radiografiche, concludeva ancora « per una probabile ed estesa flessione dei raggi X nell'ombra generata da un corpo opaco che li intercetta ».

Egli collocava, ad interrompere il fascio dei raggi X, un disco di piombo, assai spesso, posto ad una certa distanza da una « lastra sensibile ben chiusa in una scatola di cartone nero », ed a meglio apprezzare le differenze di tono delle varie parti dell'ombra, collocava sullo strato sensibile delle strisce di piombo. Di queste poi, i raggi supposti flessi dovevano disegnare l'immagine nell'ombra del disco.

Poichè nelle nostre ricerche sulla diffusione dei raggi X (4) abbiamo dovuto, sia pure in via secondaria, interessarci di continuo a queste azioni indirette dei raggi stessi, dopo la Nota del Villari abbiamo voluto occuparci direttamente della questione.

Cominciammo perciò col ripetere le esperienze del Villari, nelle condizioni da lui descritte, confermando pienamente i suoi risultati. Un'altra serie di esperienze abbiamo poi fatto modificando ordinatamente le condizioni nel modo che diremo. E in seguito ai risultati ottenuti, ci è parso di poter considerare il fenomeno da un punto di vista più comprensivo di quello che non sia stato fatto fin qui.

3. Le azioni radiografiche (o criptosopiche) che si osservano nell'ombra dei corpi opachi ai raggi X possono attribuirsi a più cause che giova distinguere:

a) Causa principale, prevalentissima, è senza dubbio l'estensione della sorgente che emette i raggi X (piastrina anticatodica nei focus), nonchè la molteplicità dei luoghi di emissione secondaria. Come abbiamo detto sopra, di ciò si hanno ormai prove le più sicure. Ci limitiamo quindi (soltanto a titolo di conferma) a riferire qui, che operando col dispositivo Villari, abbiamo visto l'ampiezza e l'entità delle penombre andar scemando man mano che si limitava il fascio degli X con diaframmi sempre più piccoli e, meglio ancora, con parecchi di essi a centri allineati.

Perciò riteniamo che le apparenze osservate dal Villari siano da attribuirsi *principalmente* a questa circostanza, dappoichè non è detto che egli abbia preso precauzioni in proposito.

(1) Rendiconti Lincei, 26 aprile 1896.

(2) *Le ombre dei raggi X studiate colla fotografia*, Rend. Lincei, 11 giugno 1898.

(3) Rendiconti Lincei, 26 aprile 1896, 20 febbraio 1898, 3 aprile 1898.

b) Come causa secondaria, i cui effetti riescono sensibili solo attenuando l'influenza della causa a), è da considerarsi la diffusione dei corpi circostanti allo strato sensibile che vengono colpiti direttamente dal fascio; ed in particolare dell'involucro dello strato stesso e del vetro su cui per avventura esso sia steso. Ed in ciò va naturalmente compresa non solo la diffusione di raggi X da parte di corpi del nostro tipo B ⁽¹⁾, ma anche la trasformazione dovuta a corpi del tipo A.

Per mettere ora in rilievo questa circostanza, dopo limitato il più possibile il fascio agente, abbiamo fatto esperienze comparative esponendo una volta una lastra sensibile chiusa in una scatola di cartone, come faceva il Villari, e un'altra una pellicola nuda, secondo il nostro dispositivo, già descritto in altra occasione ⁽²⁾ che permette di eliminare l'azione di ogni diffusore di solido.

Fra queste due prove si nota subito una grande differenza; le tracce delle striscie di piombo a contatto dello strato, che nella prima si disegnano complete, cioè per tutta l'estensione dell'ombra del disco, nel secondo caso si riducono ad un accenno lungo il bordo dell'ombra di esso.

In tutte le esperienze del Villari questa circostanza dovette avere la sua influenza; ma gli effetti non potevano riuscire sensibili, neppure nelle esperienze appositamente istituite « per accrescere le supposte o possibili riflessioni degli X su corpi solidi » ⁽³⁾; giacchè non solo la causa a) prevalente tendeva a mascherare ogni altro effetto secondario, ma tra la diffusione dei solidi doveva più di ogni altra farsi sentire quella che non mancava mai, dovuta cioè alla scatola.

c) Infine è da considerarsi l'azione diffondente dell'aria. Essa invero potrebbe anche comprendere nelle diffusioni d'ambiente sopra citate; ma noi preferiamo distinguerla: 1° perchè i suoi effetti sono di un ordine di grandezza assai minori di quelli delle due precedenti, e si rendono quindi sensibili solo per pose lunghissime e quando si possa trascurare ogni altra azione diffondente. Ci permettiamo di richiamare qui la nostra esp. 4^a (Nota I^a *Sulla diffusione*, Rend. Lincei, 20 febbraio 1898), che non solo mostra l'esistenza, ma anche dà idea dell'entità della diffusione dell'aria, e che non è in alcun modo spiegabile con ripiegamento dei raggi X, in seguito al dispositivo adoperato. 2° perchè il suo effetto, che persiste anche sopprimendo entro certi limiti di distanza i corpi non gassosi, non può viceversa essere tolto che introducendo l'influenza di questi (a meno che non si operi con pose molto brevi).

Nelle esperienze del Villari, dove predominano le cause a) e b), è quindi inutile invocare la causa c). Ma nelle nostre prove dove la b) è del tutto

(1) Rendiconti Lincei, 3 aprile 1898.

(2) Esperienza 2^a, Nota del 20 febbraio 1898.

(3) Villari, loco citato, pag. 293.

soppressa, e la *a*) è ridotta il più possibile, non possiamo escludere un contributo della diffusione dell'aria in quei residui d'immagine delle striscie che, come dicevamo, non siamo riusciti a sopprimere. E del resto, tutti gli sperimentatori, in un modo o nell'altro, hanno riconosciuto un'influenza dell'aria nelle azioni radiografiche dei raggi X dietro gli ostacoli.

4. Da questa analisi delle circostanze che possono concorrere alla produzione di quei fenomeni che si vogliono ancora interpretare in base ad una flessione dei raggi X dietro gli ostacoli, ci sembra di poter concludere negativamente rapporto alla flessione stessa.

L'esperienza veramente decisiva in proposito, è vero, noi non l'abbiamo fatta: ma si pensi che per realizzarla, bisognerebbe teoricamente poter disporre: 1° di una sorgente puntiforme; 2° di un ambiente abbastanza ampio e completamente vuoto. Ed oltre a ciò bisognerebbe aver cura che l'ostacolo (a cui devesi pure attribuire un certo spessore) fosse limitato lateralmente da un tronco di cono, il cui vertice coincidesse colla sorgente, e che la pellicola sensibile fosse limitata entro il cono d'ombra: ciò ad evitare anche le diffusioni dovute ai corpi che prendono parte inevitabilmente alla esperienza.

5. Le ricerche del prof. Villari, dalle quali abbiamo preso le mosse, furono fatte con tubi *focus* e con tubi *Crookes a pera*; e le modalità dell'ombra si presentavano nei due casi alquanto diverse. Noi invece abbiamo fatto le ricerche precedenti usando solo tubi *focus*. Ma non riteniamo per questo, di dover fare delle riserve sulle nostre conclusioni, dappoichè le considerazioni relative alle cause *b*) e *c*) dell'apparente ripiegamento, non dipendono evidentemente dalla natura del tubo e, d'altra parte, le ricerche dell'Ercolini (1), fatte anche sui tubi Crookes, ci autorizzano a mandar buone per essi le considerazioni relative alla causa *a*).

6. A complemento di questa nostra Nota giudichiamo opportuno aggiungere qualche considerazione a proposito di una più recente pubblicazione del Villari (2), il cui argomento principale è in verità, affatto distinto da quello dell'altra, a cui ci siamo fin qui riferiti; ma che in linea secondaria si collega alla questione di cui trattiamo.

In questo suo lavoro l'A., dopo aver confermato con nuove esperienze la parte che spetta all'aria negli effetti dispersivi dei raggi X, riesce a spiegare in modo elegante certe anomalie che si verificano durante il periodo iniziale della scarica di un elettroscopio, e che egli stesso ed altri avevano già osservato senza darsene ragione soddisfacente.

Però, nel dare una spiegazione *completa* della scarica che producono i raggi X dietro gli ostacoli, egli richiama ancora l'intervento dei raggi « flessi o comunque diffusi ».

(1) Ercolini, loco citato.

(2) Rendiconti Lincei, 20 novembre 1898.

Ora, il metodo elettroscopico non essendo, per consenso dello stesso Villari, il più adatto per conclusioni relative a fenomeni in cui si tratti di propagazione rettilinea ⁽¹⁾, non possiamo considerare questa sua insistenza nell'idea della flessione come un nuovo argomento che combatta le nostre osservazioni precedenti. Tanto più poi che nei raggi *comunque diffusi*, che egli ammette accompagnare i *flessi*, si può, secondo noi, trovare sufficiente spiegazione dei fatti osservati. S'intende che nei raggi diffusi noi comprenderemo e quelli che si conservano ancora raggi X, ed i trasformati, come abbiamo già detto sopra.

Che le influenze degli uni e degli altri non siano sempre tali da trascurarsi, e si debba quindi di esse tener conto nello sperimentare coi raggi X, più di quanto non si faccia d'ordinario, non è questa la prima volta che noi cerchiamo di mettere in rilievo. Ci permettiamo d'insistere qui ancora, cogliendo occasione da una delle esperienze descritte dal prof. Villari, che egli interpreta attribuendo alla carta un potere specifico, mentre a noi sembra di poterla spiegare appunto col semplice intervento delle diffusioni.

La pallina di un elettroscopio (ben protetto da ogni altra azione) viene introdotta in un tubo cilindrico orizzontale, chiuso ad una estremità, così da trovarsi a poca distanza dal fondo. I raggi X penetrano nel tubo lungo l'asse, dall'estremità aperta. A parte i fenomeni iniziali, allorchè la scarica diventa regolare, si osserva che se il tubo è di carta, l'azione scaricatrice è più debole di quella che dà un eguale tubo di zinco ⁽¹⁾. Ciò che si spiega, secondo noi, agevolmente, se si pensa alla grande trasparenza della carta, dall'A. riconosciuta « perfetta » (pag. 271), e se si pensa che i raggi trasformati dallo zinco, aventi, come è noto, un potere scaricatore, debbono accentuare ancora il distacco.

Il Villari poi sperimenta con due tubi di zinco uguali, tappezzati internamente, l'uno con carta, l'altro con sottile foglia di zinco per mantenere identico il vano d'entrambi. L'azione scaricatrice di quello che porta la carta è notevolmente minore di quella dell'altro. La ragione di questa differenza sembra a noi attribuibile al fatto, che mentre la carta è trasparente per i raggi diretti, lo è assai poco per quelli che ritornano, dopo subita la trasformazione a contatto dello zinco che sta dietro.

Dall'esame dei tempi impiegati dalla foglia dell'elettroscopio per cadere di un grado e che il Villari espone, risulta altresì maggiore il potere scaricatore del tubo di zinco foderato di carta, che non quello del solo tubo di carta. Ed anche ciò si spiega facilmente, ricordando che è in parte trasparente ai raggi trasformati dallo zinco.

⁽¹⁾ Rendiconti Lincei, 11 giugno 1898.

⁽²⁾ Nota 20 novembre 1898, pag. 270.

In base a queste spiegazioni si dovrebbero ottenere risultati ancora salienti usando, ad esempio, alluminio e zinco anzichè carta e zinco: dappochè come tutti i corpi del tipo B cioè prevalentemente diffusori, l'alluminio che è molto trasparente per i raggi X incidenti è molto opaco per le radiazioni trasformate che provengono dallo zinco del tubo esterno.

Fisica. — *Sulla teoria del contatto* ⁽¹⁾ (*attrazione di metalli eterogenei*). Nota III di QUIRINO MAJORANA, presentata dal Socio BLASERNA.

Poichè secondo l'enunciato di Volta metalli eterogenei posti in comunicazione metallica sono a potenziali elettrici differenti, essi debbono, se convenientemente disposti, attirarsi.

Sperimentalmente non era stata peranco verificata l'esistenza di quest'attrazione; anzi Lord Kelvin, in un suo recente lavoro ⁽²⁾, è d'avviso che sarebbe estremamente difficile se non del tutto impossibile, di mostrare per mezzo di esperimento, l'attrazione di due dischi metallici eterogenei.

Realmente, se si rimane nel caso di due dischi piani e paralleli nell'aria, non si arriva a scorgere nessun fenomeno attrattivo; ma usando speciali accorgimenti si può nettamente constatare l'attrazione di pezzi metallici.

Scopo della presente Nota, è di accennare ad esperienze, rivolte alla constatazione dell'accennato fenomeno.

Anzitutto consideriamo due corpi metallici eterogenei; essi, dopo essere stati riuniti metallicamente, o dopo essere stati scaricati al suolo, sono a potenziali differenti. Gli strati elettrici che ricoprono i due metalli esercitano tra loro una forza che, in tesi generale, è attrattiva. La forza newtoniana che contemporaneamente agisce tra le due masse metalliche, sarà generalmente diversa dalla forza elettrica.

Nei casi sperimentali di cui dirò nella presente Nota, le attrazioni che ho constatato debbono essere interpretate come dovute alla forza elettrica;

(1) Dopo la pubblicazione delle prime due Note *sulla teoria del contatto*, sono venute a conoscenza, che il prof. Righi in una sua Memoria non recente (*Sull'azione dei coibenti nelle esperienze di elettricità di contatto*, Acc. dei XL, serie III, vol. II, pag. 15) già aveva riconosciuto, che avvicinando due pezzi metallici eterogenei, si ottengono cariche contrarie a quelle della esperienza di Volta. La pubblicazione del prof. Righi è antecedente alle esperienze di Exner, alle quali ho accennato nella 1^a nota.

(2) Phil. Mag. Luglio 1898, p. 104.