

IX.

SULLA COSTITUZIONE
DELLE RADIAZIONI ELETTRICHE

Comunicazione presentata al Congresso di Padova della Società italiana di Fisica
(Settembre 1909).

« Nuovo Cimento », s. 5^a, vol. XVIII, (1909), pp. 163-169.

Mi sia concesso di intrattenere per brevi istanti i Colleghi. Vorrei chiedere ai loro accorgimenti un responso sperimentale, destinato a orientare verso un assetto definitivo la teoria delle radiazioni elettriche.

* * *

Pensiamo, per fissar le idee, ai raggi catodici, ovvero ai raggi β del radio.

La veduta più generalmente accettata è che queste manifestazioni sieno dovute ad una specie di bombardamento di proiettilini di *pura* elettricità. Più precisamente le teorie elettroniche (ve ne ha varie, che avrò occasione di ricordare più innanzi) si accordano nell'ammettere che si tratti di cariche identiche, piccole, ma non prive di estensione, le quali si susseguono incessantemente sulla traiettoria sensibile del raggio, pur rimanendo abbastanza spaziate da non influenzarsi mutuamente (in modo sensibile). Quest'ultima ipotesi corrisponde, per dir così, ad un *regime balistico*.

Più generalmente, andrebbe contemplata l'eventualità che le cariche si succedano con una frequenza qualunque, sì che non sia lecito trascurare senz'altro le azioni reciproche. Ciò dà luogo a due casi limiti particolarmente notevoli: quello di una frequenza trascurabile, che è appunto il regime balistico suddetto; e quello, opposto, di una frequenza così grande da poter assimilare il fenomeno ad un flusso continuo (*regime idraulico*).

Potendo, sarebbe naturalmente desiderabile affrontare la questione in tutta la sua generalità, senza pregiudicarla con ipotesi speciali. Si dovrebbe quindi lasciare affatto indeterminata la frequenza delle cariche, dedurre

teoricamente le leggi della deviabilità elettromagnetica del raggio, e far poi il confronto col materiale d'osservazione. Da tale confronto risulterebbe a posteriori il regime, che veramente risponde alle circostanze di fatto, e si riconoscerebbe in particolare se o meno si sia abbastanza vicini ad una delle due ipotesi limiti (regime balistico ovvero regime idraulico) da potersene servire come schematizzazione adeguata.

Disgraziatamente la teoria non sembra oggi in grado di rispondere a tale desiderato.

È già molto se (semplificando ulteriormente con opportuni criteri approssimativi) le riesce di fornire conclusioni concrete per i due casi estremi.

Al primo di essi (regime balistico, e quindi a tutte le teorie elettroniche) si collega la seguente circostanza, che importa fissare con attenzione:

Consideriamo un raggio, originariamente rettilineo, immerso in un campo esterno, per es. in un campo magnetico, normale alla direzione primitiva. Il raggio notoriamente devia.

Fino a che la successione delle cariche è abbastanza lenta da non dar luogo a sensibili azioni reciproche, ogni singola carica (elettrone) rimane deviata per conto proprio. Soltanto, siccome per ipotesi gli elettroni sono identici, se anche le condizioni iniziali sono identiche, gli elettroni stessi descriveranno tutti la medesima traiettoria, che costituirà l'aspetto sensibile del raggio deviato. Se invece le condizioni iniziali variano alquanto da elettrone a elettrone, si stabilirà un fascio di traiettorie, e corrispondentemente, in luogo di un unico raggio, un fascio di raggi deviati. Comunque, avendo per es. riguardo alla massima deviazione, si vede chiaramente che essa è un carattere individuale degli elettroni, o meglio di una parte degli elettroni (quelli dotati di minima velocità iniziale), emessi dalla sorgente. La deviazione non deve quindi mutare ove si alteri, *caeteris paribus*, il numero degli elettroni, che transitano nell'unità di tempo; beninteso, purchè questo numero non divenga così grande da infirmare il regime balistico.

In definitiva possiamo ritenere:

Secondo una qualsiasi delle teorie elettroniche, l'ampiezza delle deviazioni elettromagnetiche è indipendente dalla intensità i del flusso di elettroni, costituente il raggio elettrico, cioè dalla quantità i di elettricità che la sorgente (catodo, particella di radio, superficie metallica opportunamente eccitata, ecc.) emette nell'unità di tempo.

Questa proprietà cessa di sussistere quando la frequenza delle cariche diviene rilevante, sì che si rendano sensibili le azioni reciproche. Allora la deviazione dipende da i , in modo verosimilmente complicato: certo decrescente al crescere di i .

Nel caso limite del regime idraulico, si dimostra senza difficoltà che l'ampiezza della deviazione è, a parità di circostanze, inversamente proporzionale all'intensità i del flusso.

* * *

Da queste osservazioni emerge la possibilità di discriminare in modo comprensivo se effettivamente vige il regime balistico, come presuppongono tutte le teorie elettroniche: basta esaminare se la deviazione rimane o no sensibilmente la stessa al variare del *solo* elemento i .

Se si trovasse che c'è addirittura inversa proporzionalità (o che almeno ci si avvicina) si dovrebbe legittimamente inferirne che l'immagine del flusso continuo meglio risponde alla realtà che non le varie teorie elettroniche.

* * *

Così stando le cose, io faccio appello alla sagacità e al buon volere dei fisici, e chiedo loro di ideare ed effettuare una qualche esperienza, intesa a precisare la eventuale influenza di i sulla deviabilità delle radiazioni elettriche.

Difficoltà di esecuzione se ne incontreranno certo: ad es. quella di operare con radiazioni, che differiscano *soltanto* per una maggiore o minore intensità di emissione.

Forse potranno all'uopo sfruttarsi i diversi gradi di concentrazione di una stessa sostanza radioattiva. Ma non azzardo indicazioni, che potrebbero anche essere ingenuità dal punto di vista della realizzazione sperimentale.

* * *

Aggiungerò piuttosto qualche parola sul compito, che ancora incomberà alla teoria, a norma dell'esito dell'invocata esperienza.

In primo luogo confesso una preferenza soggettiva. Il desiderio mio sarebbe che le deviazioni elettromagnetiche si riscontrassero inversamente proporzionali all'intensità i . Varrebbe allora il regime idraulico, e, concettualmente, tutto sarebbe bene a posto. I fenomeni in questione troverebbero spontanea e adeguata rappresentazione in quello schema, che ho avuto occasione di stabilire recentemente e che ho denominato teoria asintotica delle radiazioni elettriche ⁽¹⁾.

Non mi dissimulo però che la probabilità di un responso favorevole al regime idraulico è piuttosto piccola.

Il fine intuito di fisici eminenti li ha indotti ad ammettere senza

⁽¹⁾ Cfr. « Rendiconti dei Lincei », 1° semestre, 1909, pp. 83-93 [in questo vol.: VI, pp. 81-92].

discussione il regime balistico. LORENTZ mi disse un giorno che vi rinuncerebbe a malincuore. Il prof. CORBINO non deve pensarla in modo diverso. So anzi che egli ha affacciata una specie di pregiudiziale storica; ed è questa: Se veramente le deviazioni dipendessero da i in modo così spiccato, sarebbe ben strano che nessuno se ne fosse accorto finora.

Il dubbio è più che legittimo; nè io lo contesto; chiedo unicamente che si proceda colle debite garanzie.

Intesi su questo punto, vengo all'eventualità (diciamo pure più probabile, in omaggio agli autorevoli apprezzamenti testè riferiti) che un opportuno *experimentum crucis* assodi la effettiva validità del regime balistico. La teoria dovrà allora fare un esame di coscienza, e riconoscere che, se ha saputo mettere insieme molti e preziosi baraccamenti provvisori, non ha per ancor costruito il vero edificio. I baraccamenti — *sit venia verbo* — stanno qui a designare le varie teorie elettroniche; ed ecco perchè.

Ammesso il regime balistico, la questione da risolvere sarebbe:

«Seguire (entro un assegnato campo elettromagnetico, o in particolare, in assenza di ogni campo esterno) l'andamento di una generica carica (elettrone), cioè i caratteri salienti del moto di insieme (traiettoria, velocità, accelerazione) e le eventuali deformazioni della carica stessa (che non è lecito considerare puntiforme)».

Le difficoltà analitiche di una tale questione, ove si affronti nella sua interezza, e il desiderio di arrivare rapidamente a conclusioni concrete hanno indotto ad adottare per ora speciali ipotesi semplificatrici. In queste ipotesi addizionali si differenziano le varie teorie elettroniche: di ABRAHAM, di LORENTZ, di BUCHERER-LANGEVIN e di POINCARÉ. Esse ammettono a priori uno speciale comportamento cinematico dei singoli elettroni: indeformabilità (ABRAHAM); contrazione nel senso del moto (LORENTZ); contrazione longitudinale come nella teoria di LORENTZ, accompagnata da dilatazione trasversale in modo che il volume rimanga inalterato (BUCHERER-LANGEVIN); contrazione longitudinale, legata in modo assegnato comunque alla dilatazione trasversale (POINCARÉ).

Coll'introduzione di siffatti legami rimane in ogni caso un numero finito di incognite, funzioni del solo tempo: i parametri del moto di insieme. La loro determinazione può farsi dipendere, mediante un ingegnoso artificio approssimativo ideato dall'ABRAHAM (*quasi-stazionarietà*), da un sistema di equazioni differenziali ordinarie.

L'artificio di ABRAHAM consente un grado di approssimazione, superiore di gran lunga a quello delle attuali esperienze.

Le ipotesi cinematiche hanno invece un grado di approssimazione che non si sa bene apprezzare là dove (nelle conseguenze quantitative) incomincia il divario dall'una all'altra, e che sopra tutto sembra raggiunto od anche superato dagli ultimi dispositivi.

Tali ipotesi sono tutte perfettamente ragionevoli a titolo d'assaggio, ed hanno avuto — non si può disconoscerlo — brillanti successi.

Ma quando, coi progressi delle misure sperimentali, divengono maggiori le esigenze di rigore nella rappresentazione matematica, sembra doveroso rinunciare all'ausilio di supposizioni più o meno arbitrarie, che possono compromettere ogni successiva illazione.

Convieni quindi non imporre a priori alcun comportamento cinematico alla carica mobile, ma desumerlo dalla natura del problema, che contiene effettivamente tutti gli elementi necessari per la sua risoluzione.

A ciò deve ormai mirare la teoria, o meglio dovrà imprescindibilmente mirare, tostochè rimanga assodata la validità del regime balistico.

Senza queste fasi intermedie, non sembra giustificato richiedere da affinate esperienze un controllo veramente decisivo. Forse, quando si possederà un plausibile criterio direttivo, basterà dare acconcia interpretazione a quelle recentemente istituite da KAUFMANN ⁽²⁾ e da BUCHERER ⁽³⁾. Per ora esse hanno indiscutibilmente precorso la indagine razionale; e così manca la chiave per apprezzarne la portata.

Le varie teorie elettroniche, basate su speciali ipotesi cinematiche (logicamente sovrabbondanti e perciò, a priori almeno, non rigorose) presentano *tutte quante*, secondo ogni probabilità, una approssimazione relativamente grossolana; nè sono quindi mature per esperienze differenziali, intese a stabilire la prevalenza di qualcuna di esse.

Conclusioni come questa:

« La teoria di ABRAHAM sembra meglio rispondere alle risultanze sperimentali, *quindi* è compromesso il principio di relatività (che si concilia soltanto colla teoria di LORENTZ) »;

oppure:

« L'esperienza conferma la teoria di LORENTZ, e *quindi* il principio di relatività, nonchè l'esistenza, nei singoli elettroni, di una forma intrinseca di energia, di origine non « elettromagnetica », mi sembrano contrarie ad ogni norma di critica coscienziosa.

Tali conclusioni implicano la tacita premessa che una o l'altra delle teorie elettroniche debba essere la vera. È invece verosimile, come ho detto or ora, che, tutte attendibili in prima approssimazione (le quante volte sia valido il regime balistico), siano poi tutte più o meno condannabili in una approssimazione ulteriore.

Val meglio pertanto non comprometersi con affermazioni frettolose, e attendere che la teoria abbia fornito le indicazioni indispensabili.

Se l'indagine matematica e, per essa, i suoi cultori vanno troppo a

⁽²⁾ *Ueber die Konstitution des Elektrons*, « Annalen der Physik », B. 19, 1906, pp. 487-553.

⁽³⁾ *Die experimentelle Bestätigung des Relativitätsprinzips*, ibidem, B. 28, 1909, pp. 513-536.

rilento, fate un po' udire la vostra voce, egregi Colleghi. Intanto, denunciate pure l'insufficienza, ma non copritela di pietoso velo a scapito della logica.

D'altra parte, dovete equamente riconoscere che il miglior stimolo ad intraprendere pazienti e faticose ricerche è la fiducia che il risultato, una volta raggiunto, avrà effettivo interesse pratico. Se questa fiducia non c'è, il matematico malvolentieri rinuncia alla attrattiva di speculazioni concettualmente ed esteticamente più elevate.

* * *

Consentitemi dunque che, tornando al punto di partenza, io invochi quel tale *experimentum crucis* fra il regime balistico e l'idraulico, che dia agli studiosi tranquillante norma direttiva; o li consigli a cambiar rotta del tutto, se vigesse disgraziatamente un regime intermedio, non assimilabile, con approssimazione sufficiente, nè ad un tiro di artiglieria, nè ad un getto di pompa.