

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

Fisica. — *Su alcune conseguenze della teoria generale del fenomeno di Hall* ⁽¹⁾. Nota di G. TASCA BORDONARO, presentata dal Socio V. VOLTERRA.

Il prof. Corbino studiando il movimento della elettricità in una lamina metallica sottoposta all'azione di un campo magnetico, ottenne le relazioni che legano la intensità della corrente che traversa la lamina alla distribuzione del potenziale V . Ne dedusse che la funzione V soddisfa alla condizione $\Delta^2 V = 0$, e che al contorno libero della lamina, come anche su ogni linea di flusso, è nulla la sua derivata rispetto a una direzione l che fa con la normale un angolo β costante in tutta la lamina. Partendo dalle formole del Corbino, il prof. Volterra volle risolvere il problema della distribuzione dei potenziali e delle correnti in una lamina che venga sottoposta all'azione di un campo magnetico.

Fra le conseguenze dei suoi sviluppi analitici suscettibili di immediata verifica sperimentale, è molto caratteristica quella che estende alla lamina nel campo, in un certo senso, il principio di reciprocità. Egli potè infatti stabilire che, « se in una lamina conduttrice si fa passare una corrente j sotto l'azione di un certo campo magnetico, ed in due punti A' e B' si ha una certa differenza di potenziale, otterremo la stessa differenza fra i potenziali dei punti A e B quando si faccia entrare da A' e uscire da B' la stessa corrente d'intensità j , e *s'inverta il campo* ». In altri termini la legge di reciprocità, che vale fuori del campo, continua a sussistere quando sulla lamina agisca un campo magnetico, cioè quando la primitiva distribuzione dei potenziali venga modificata per il sovrapporsi di cariche Hall, a condizione che, invertendo gli elettrodi, si inverta anche il campo.

Mi sono proposto di avere la conferma sperimentale di questo notevole risultato.

Adoperai a questo scopo la grande elettrocalamita Weiss esistente nell'Istituto fisico di Roma, con espansioni piane aventi il diametro di cm. 10, e alla distanza di cm. 1,4; in queste condizioni, per una corrente di 4 ampère si ottiene un campo di circa 6700 Gauss. La lamina era della forma indicata nella (fig. 1), con gli elettrodi saldati nei punti indicati nella figura; i filini adduttori erano protetti con tubi di gomma, ad evitare che dei contatti con le espansioni polari potessero turbare le misure.

Questi filini venivano rilegati due a due secondo l'ordine voluto ai serafili di due interruttori a mercurio a sei pozzetti, essendo gli attacchi

⁽¹⁾ Lavoro eseguito nell'Istituto fisico della R. Università di Roma.

centrali di questi rispettivamente rilegati ai poli di una batteria di accumulatori ed ai capi del galvanometro; riusciva in questo modo agevole il potere permutare gli attacchi degli elettrodi tra la batteria ed il galvanometro, e viceversa.

Allo scopo di mantenere la corrente costante nella lamina al permutare degli attacchi, nel circuito che rilegava la lamina alla batteria era inserita una resistenza zavorra di circa 100 ohm, in modo da potersi ritenere trascurabili le variazioni di resistenza nel circuito stesso al permutare degli elettrodi. Le misure si facevano leggendo con cannocchiale e scala le

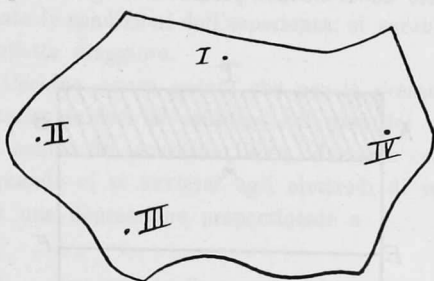


FIG. 1.

deviazioni in un galvanometro di Hartmann e Braun a bobina mobile. Si procedeva nel modo seguente:

Si mandava prima la corrente nell'elettrocalamita, notando in queste condizioni lo zero del galvanometro, e si chiudeva quindi il circuito della lamina, leggendo la prima deviazione subita dal galvanometro, che si può ritenere esclusivamente dovuta ad effetto Hall, perchè ancora ad esso non si sono sovrapposti gli effetti secondari dovuti al riscaldarsi degli elettrodi e alle disuguaglianze di temperatura create nella lamina.

Ecco i risultati ottenuti con un campo di 6000 Gauss ed una intensità di corrente nella lamina di amp. 0,2:

	Elettrodi I — III	Elettrodi II — IV
Campo diretto	$V_{II} - V_{IV} = 420$	$V_I - V_{III} = 104$
Campo invertito	$V_{II} - V_{IV} = 104$	$V_I - V_{III} = 420,5$

Questi numeri dimostrano chiaramente che è vera la legge di reciprocità, e, come richiede la teoria del prof. Volterra, solo quando al permutare degli elettrodi s'inverte anche il campo; la dissimmetria dell'effetto senza

la inversione del campo è anzi per la lamina da me adoperata molto sensibile. Della necessità d'invertire il campo, come ebbe a osservare il prof. Corbino in una seduta della Società italiana di fisica, si può dare la seguente spiegazione intuitiva :

Se immaginiamo che la corrente entri per l'elettrodo II uscendo per IV, e la direzione del campo è tale che le cariche positive vengano spinte per effetto Hall verso la destra di un osservatore che guardi nel senso della corrente, allora l'elettrodo III che anche in assenza del campo per essere più vicino al punto per cui entra la corrente, si trova ad un potenziale più elevato dell'elettrodo I, riceverà nuove cariche positive che ne eleveranno ancora il potenziale rispetto ad I. Se noi permutiamo gli attacchi della batteria

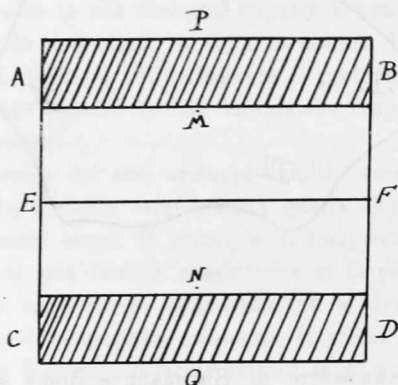


FIG. 2.

per modo che la corrente entri per l'elettrodo III uscendo per I senza invertire il campo, l'elettrodo II si porterà ad un potenziale più elevato, ma l'azione del campo sarà tale da accumulare le cariche positive nell'elettrodo IV portando una depressione alla differenza di potenziale già esistente. In altri termini, perchè l'effetto Hall si sommi o si sottragga sempre alla differenza di potenziale già esistente per la dissimmetrica disposizione degli elettrodi, è necessario anche che si inverta il campo al permutare degli elettrodi.

Fin qui si è trattato di elettrodi puntiformi; ma la teoria del prof. Volta ci dice che la legge di reciprocità sussiste sempre, anche quando si tratti di elettrodi estesi a potenziale costante, saldati al contorno od all'interno della lamina stessa. Per ottenerne la conferma sperimentale, adoperai un rettangolo di bismuto (fig. 2), con elettrodi di rame saldati lungo i due lati opposti di maggiore lunghezza; mentre nel centro dei due lati liberi erano saldati due filini di rame.

Ecco i risultati ottenuti:

	Elettrodi P, Q	Elettrodi E, F
Campo diretto	$V_E - V_F = 51,5$	$V_P - V_Q = 54$
Campo invertito	$V_E - V_F = 54,5$	$V_P - V_Q = 51$

Anche in questo caso sussiste la legge di reciprocità e l'enunciato del prof. Volterra è completamente verificato.

Nel voler mettere in evidenza la reciprocità invece che con elettrodi, quasi puntiformi, con elettrodi di rame estesi ed al contorno, notai che l'effetto Hall era molto minore di quello che ottenevo con la lamina dissimetrica, mentre date le condizioni dell'esperienza, si sarebbe dovuto avere nel secondo caso un effetto maggiore.

Già il prof. Corbino aveva notato che per la presenza di elettrodi di piccolissima resistenza saldati al contorno nel caso del rettangolo, l'effetto Hall, massimo al centro del contorno libero, decresce con la legge parabolica fino a zero quando ci si avvicini agli elettrodi di rame; e che anche nel centro si avrà una depressione proporzionale a

$$\int_N^M j_j dy,$$

in cui N e M rappresentano due punti opposti corrispondenti al contorno libero. Questo integrale ha un valore diverso da zero, perchè J_y ha un segno costante lungo l'asse del rettangolo. Ho cercato di trovare il valore di questa depressione: ed a questo scopo feci prima delle esperienze con un rettangolo di bismuto posto in un campo di circa 6000 unità, e ripetendo il procedimento adottato per la verifica della reciprocità.

Le dimensioni del rettangolo erano: EF. = mm. 52, AC. = mm. 22 (fig. 2).

S'invia prima la corrente per i due elettrodi di rame P e Q saldati lungo AB e CD, misurando la differenza di potenziale sui punti EF; si toglievano quindi gli elettrodi di rame e si ripetevano le misure inviando invece la corrente per gli elettrodi quasi puntiformi M ed N.

Ecco i risultati ottenuti:

Grandi elettrodi rame; effetto Hall aduttori . . .	52,5
Elettrodi puntiformi	318

Questi risultati dimostrano chiaramente che la presenza di elettrodi di rame saldati lungo il contorno, i quali fanno da corto circuito alle cariche di Hall dando luogo a delle correnti vorticose in seno alla lamina stessa,

deprime l'effetto Hall riducendolo, nel nostro caso, a *quasi un sesto del suo valore normale*. Ho definito *valore normale* dell'effetto Hall quello ottenuto con elettrodi adduttori puntiformi applicati al contorno. Questa denominazione si basa sulle seguenti considerazioni:

Il prof. Volterra ha dimostrato che con elettrodi adduttori puntiformi applicati al contorno di una lamina di forma qualsiasi, le linee di corrente sotto l'azione del campo restano quelle che si avevano senza campo. Questo risultato è della più grande importanza ai fini della determinazione della costante di Hall.

E infatti il prof. Corbino ha stabilito che quando le linee di corrente sono le stesse con o senza campo, l'effetto Hall tra due punti del contorno inizialmente allo stesso potenziale diviene, qualunque siano quei due punti:

$$\frac{\varepsilon}{\kappa^2 + \varepsilon^2} J,$$

dove J è la corrente totale, per unità di spessore, che traversa la lamina. Esso è perciò identico, a parità della corrente totale, con quello che si sarebbe ottenuto in un rettangolo senza la perturbazione degli elettrodi, cioè con l'effetto Hall normale, pur essendo stato misurato con una lamina di forma qualsiasi, e con elettrodi puntiformi, comunque disposti, purchè al contorno.

Si può dire in altri termini, che l'esperienza eseguita in tal modo permette di avere $\tan \beta$ per qualunque lamina, e appunto questa è la costante galvanomagnetica caratteristica del metallo e del campo. Tale costante non può essere ottenuta con elettrodi estesi applicati al metallo, ed è identica a quella che si può misurare con gli effetti elettromagnetici dovuti al disco percorso da correnti radiali, quali furono descritti e calcolati dal prof. Corbino.

Volendola misurare ricorrendo all'effetto Hall, si sarebbe dovuto ricorrere a elettrodi di resistenza elevatissima, mentre lo stesso risultato si ottiene, in seguito al teorema del prof. Volterra, con semplici elettrodi puntiformi al contorno.

È degno di nota, dal punto di vista storico, che questa disposizione corrisponde in fondo a quella originaria di Hall, in seguito abbandonata dagli sperimentatori che avevan creduto di porsi in condizioni teoricamente più semplici col rettangolo munito di larghi elettrodi su due lati.

È interessante inoltre il notare con quale meccanismo si conservi la legge di reciprocità nel caso di larghi elettrodi di rame:

Gli elettrodi di rame che quando funzionano da adduttori della corrente fanno da corto circuito alle cariche Hall deprimendole, assorbono invece buona parte della corrente quando, permutando gli elettrodi, funzionano da adduttori gli elettrodi puntiformi; ne segue che la intensità di corrente che

traversa il bismuto è solo una frazione della totale inviata, e quindi l'effetto Hall deve anche in questo caso essere depresso. La teoria dimostra e l'esperienza conferma che la depressione è identica nei due casi, ciò che non si sarebbe potuto prevedere per via intuitiva.

Ho ripetuto le esperienze invece che col rettangolo, con un quadrato di bismuto, mettendomi così in condizioni più vicine a quelle dei vari sperimentatori che hanno studiato il fenomeno di Hall specialmente per la determinazione delle costanti elettroniche.

Era infatti utile determinare quanto potè pesare nella misura dell'effetto Hall la presenza di elettrodi saldati al contorno.

Ecco i dati dell'esperienza:

Elettrodi grandi di rame; effetto Hall	138
" puntiformi; " " 	192

Mentre adoperando il rettangolo l'effetto era appena un sesto del totale, col quadrato la depressione è del 27 % circa, ma è sempre di tale entità da infirmare i risultati finora ottenuti nella determinazione della costante di Hall.

Non è quindi improbabile che il diverso comportamento del bismuto, notato da parecchi autori, sia anche dovuto alla diversità delle condizioni sperimentali relative alla forma della lamina e alla presenza degli elettrodi.

Nè meno notevole è l'influenza che un così forte errore nella valutazione della costante di Hall può avere apportato nei calcoli delle costanti elettroniche di Drude, specialmente per quanto riguarda gli ioni positivi.

Paleontologia. — *Spugne perforanti fossili della Patagonia e di altre località del territorio argentino* (¹). Nota del dott. PAOLO PRINCIPI, presentata dal Corrisp. ART. ISSEL.

Lo studio delle spugne perforanti ha avuto un indirizzo sicuro e preciso col Topsent (²), il quale prese in considerazione la struttura dello scheletro e delle singole spicule, anzichè la forma e l'aspetto esterno del corpo, caratteri che possono essere assai variabili anche nella stessa specie. Infatti, talvolta la spugna dà luogo ad un reticolato che è contenuto nelle gallerie da essa scavate: e si ha allora una forma *reticolata*. In altri casi il supporto, su cui vive l'animale, essendo perforato in tutta la sua estensione, la stessa spugna per continuare ad accrescersi diviene *rivestente*; se,

(¹) Lavoro eseguito nel R. Museo geologico dell'Università di Genova.

(²) Topsent F., *Contributions à l'étude des Clionides*, Arch. de zoologie expériment., vol. V bis, an. 1887-1890; vol. IX, an. 1891.