

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI
ANNO CCCXVI.

1919

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XXVIII.

2° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL DOTT. PIO BEFANI

1919

tazione di un sistema rigido con un punto fisso dipende notoriamente da *sei* parametri arbitrari, cioè da θ_0 , ψ_0 e φ_0 , valori iniziali degli angoli di Eulero, e da θ'_0 , ψ'_0 e φ'_0 che individuano la rotazione iniziale del sistema. In un moto regolare di precessione si deve avere $\theta'_0 = 0$; quindi, se si stabilisce il valore di $\cos \theta_0$, cui deve essere, per tutti i tempi, eguale γ_3 , ossia $\cos(\zeta Os)$, l'equazione (12) dà la condizione alla quale debbono soddisfare i quattro elementi iniziali residui, affinché il moto del giroscopio segua le leggi cinematiche della precessione regolare.

Fisica. — *La relazione fra l'effetto Corbino e l'effetto Hall al variare del campo magnetico e della temperatura.* Nota di
. C. TRABACCHI, presentata dal Socio O. M. CORBINO.

Già fin dal suo primo lavoro *Sulle azioni elettromagnetiche dovute agli ioni dei metalli deviati dalla traiettoria normale per effetto del campo*, il prof. Corbino aveva enunciato che tali azioni dipendono da un coefficiente E caratteristico del metallo, il quale è legato al coefficiente dell'effetto Hall, R , e alla conducibilità elettrica, c , per lo stesso metallo, dalla relazione

$$(1) \quad E = R \cdot c.$$

Questa relazione fu da lui precisata in un lavoro successivo, ricorrendo alla teoria di Drude dei fenomeni galvanomagnetici, convenientemente modificata in qualche punto, e riferendosi al coefficiente dell'effetto Hall *isotermico*. Essa fu all'ingrosso verificata per vari metalli da Adams e Chapman nel loro lavoro sull'effetto Corbino ⁽¹⁾.

Nella deduzione teorica della formula (1) erano stati trascurati rispetto all'unità alcuni termini che possono considerarsi effettivamente di lieve entità per tutti i metalli, ma che non sono più trascurabili nel caso del bismuto. Anzi, secondo ulteriori deduzioni teoriche ⁽²⁾, sembrerebbe che proprio con la presenza di tali termini possano spiegarsi le forti variazioni di E , di R e di c , constatate nel bismuto al variare del campo, e ciò indipendentemente da altre variazioni che arrecherebbero ai coefficienti medesimi i mutamenti delle costanti elettroniche in campi di diversa intensità; sembra cioè che la presenza di quei termini darebbe luogo a mutamenti di quei coefficienti, proporzionali al quadrato del campo, ciò che all'ingrosso si verifica con l'esperienza, mentre solo le deviazioni dalla legge di proporzionalità delle variazioni al quadrato del campo sarebbero dovute ai mutamenti delle costanti ⁽³⁾.

⁽¹⁾ Adams e Chapman, Phil. Mag., VI serie, vol. XXVIII, 1914.

⁽²⁾ Freda, Rend. Lincei, vol. XXV, 1916; Corbino, Nuovo Cimento, vol. XVI, 1918.

⁽³⁾ Trabacchi, Rend. Lincei, vol. XXVIII, ser. V, 1° semestre, fasc. 3.

Si può per altro dimostrare che la formula (1) resta rigorosamente valida, completando la teoria da entrambi i punti di vista: cioè non trascurando alcun termine, e ammettendo inoltre la variabilità delle costanti, oltre che con la temperatura, anche con la intensità del campo.

Occorre anzitutto definire esattamente le grandezze fisiche che corrispondono ai simboli E, R, c . L'effetto del campo sugli elettroni che trasportano la corrente consiste, nel caso più generale, in una rotazione delle linee equipotenziali rispetto alle linee di corrente, per un angolo costante in tutta la lamina (1). Nei due casi estremi di elettrodi estesi all'intero contorno o di elettrodi puntiformi, si hanno, rispettivamente, l'effetto Corbino (rotazione delle sole linee di corrente e conseguenti azioni elettromagnetiche) e l'effetto Hall (rotazione delle sole linee equipotenziali e conseguenti azioni elettrometriche). Coi simboli ordinariamente adottati (2), l'effetto Corbino dipende dal coefficiente (3)

$$E = \frac{1}{H} \cdot \frac{m_1 s_1 - m_2 s_2}{s_1 + s_2};$$

mentre l'effetto Hall isotermico dipende dal coefficiente (4):

$$R = \frac{1}{H} \frac{m_1 s_1 - m_2 s_2}{s^2 + (m_1 s_1 - m_2 s_2)^2}$$

Se la conducibilità c , che dipende dalla distribuzione degli elettrodi, viene misurata sotto l'azione del campo con elettrodi adduttori puntiformi, si ha d'altra parte (5)

$$c = \frac{s^2 + (m_1 s_1 - m_2 s_2)^2}{s_1 + s_2}.$$

Si ha quindi, per ogni valore del campo (mutino o no le costanti elettroniche),

$$E = R \cdot c,$$

a condizione che le grandezze contenute nella formula siano misurate tutte e tre per gli stessi valori del campo e della temperatura.

Si riconosce da ciò l'importanza di una verifica quantitativa della formula; e poichè i valori di E, R, c non possono verificarsi con esattezza se non a meno di un coefficiente di proporzionalità dipendente dalla forma e dalle dimensioni della lamina, dalla disposizione degli elettrodi, e dalla

(1) Corbino, Nuovo Cimento, vol. I, giugno 1911.
 (2) Corbino, Nuovo Cimento, vol. XVI, 1918, pag. 186.
 (3) Freda, Rend. Lincei, vol. XXV, 1916, pag. 146.
 (4) Corbino, Nuovo Cimento, vol. XVI, 1918, pag. 195.
 (5) Corbino, Nuovo Cimento, vol. XVI, 1918.

sensibilità degli strumenti di misura, appare evidente l'opportunità di effettuare le misure su una determinata lamina, sottoponendola all'azione di campi diversi e in un ampio intervallo di temperatura, con che subiscono delle grandi variazioni le tre grandezze misurate. Rimanendo immutata la disposizione sperimentale, gli apparecchi di misura e la lamina, e cambiando solo il campo e la temperatura, la relazione suddetta può essere verificata, sostituendo alle grandezze E, R, c tre altre più direttamente derivanti dall'esperienza e ad esse proporzionali.

Siano queste

$$E' = k_1 \cdot E$$

$$R' = k_2 \cdot R$$

$$c' = k_3 \cdot c;$$

si dovrà avere

$$\frac{E'}{R' \cdot c'} = \text{costante}$$

per tutte le temperature e per tutti i valori del campo.

Tale verifica forma l'oggetto della presente ricerca.

Le lamine di bismuto che mi hanno servito alle misure erano state ottenute dalla medesima fusione, ed erano destinate una alla determinazione di c e di R , ed una alla determinazione di E , mediante la misura dell'effetto Corbino.

Le misure di c ed R sono state fatte con una lamina analoga a quella descritta nella Nota relativa alla « determinazione delle costanti elettroniche del bismuto »⁽¹⁾, alle temperature di $+20^\circ$ e di -70° , usando tutti gli accorgimenti descritti nella Nota sopra citata, allo scopo di evitare tutte le cause di errore che possono verificarsi in tali operazioni.

I valori trovati per R e c sono rappresentati nella fig. 2, nella quale le ascisse sono i valori del campo e le ordinate le varie grandezze considerate.

La lamina b di bismuto (fig. 1), che ha servito per la misura di E , era di forma circolare, del diametro di mm. 70 e dello spessore di mm. 2. Alla sua periferia era saldato un anello di ottone, P , la cui sezione era di circa mm² 25; nella parte centrale era ugualmente saldato un secondo elettrodo di ottone, Q , dello spessore di mm. 4 e del diametro di mm. 15. Un disco R , anch'esso di ottone, dello spessore di mm. 2, tornito in piano come l'anello sopra descritto e dello stesso diametro, era ad esso collegato lungo la sua periferia mediante numerose viti, che assicuravano un buon contatto elettrico. Al centro del disco di ottone era avvitata una canna di ottone, B , attraverso

(1) Trabacchi, Nuovo Cimento, vol. XVI, 1918, pag. 197.

la quale aveva passaggio, convenientemente isolato, un grosso filo A di rame, il cui estremo comunicava con l'elettrodo centrale del disco di bismuto; tra il disco di ottone e quello di bismuto intercedeva una distanza di mm. 0,5.

Tutto era fissato dentro una scatola di legno a pareti sottili, costituente, nella sua parte esterna, una bobina, nella quale erano avvolte circa 300 spire di filo di rame, disposte nello stesso piano della lamina. La scatola era a sua volta contenuta nell'interno di una cassetta XY di rame, foggiate in modo, come può rilevarsi dalla sezione rappresentata nella fig. 1, da poter

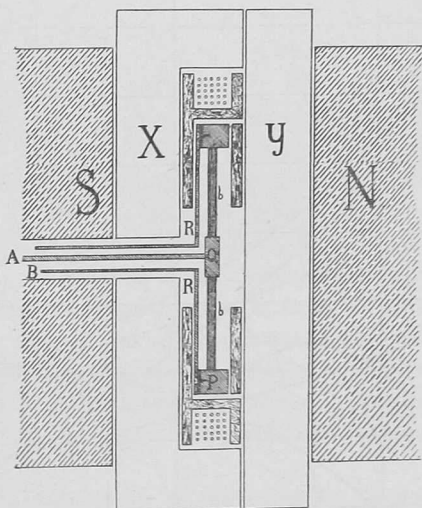


FIG. 1.

circondare l'apparecchio da tutte le parti, mediante una doppia parete nella cui intercapedine poteva mettersi acqua o una opportuna miscela frigorifera.

La cassetta di rame, come è indicato nella figura, era disposta fra le espansioni polari di una grande elettrocalamita di Weiss, aventi il diametro di cm. 10, e separate da una distanza di cm. 5. Date le dimensioni della lamina di bismuto, si poteva ritenere che il campo in tutta la sua estensione fosse sensibilmente costante; e tale infatti si rivelò in una misura esplorativa, che feci precedere alle determinazioni.

L'elettrocalamita era provveduta di raffreddamento a circolazione d'acqua, e la intensità della corrente magnetizzante non raggiungeva mai, nel corso delle esperienze, valori capaci di far variare la temperatura fra le espansioni polari di più di un decimo di grado, come era rivelato da un termometro opportunamente disposto.

Un amperometro permetteva di misurare accuratamente la intensità della corrente magnetizzante; a valori determinati di essa corrispondevano

valori noti del campo, essendone stata fatta la determinazione prima della introduzione della vaschetta.

Era in corrispondenza di tali valori che venivano fatte tutte le successive misure.

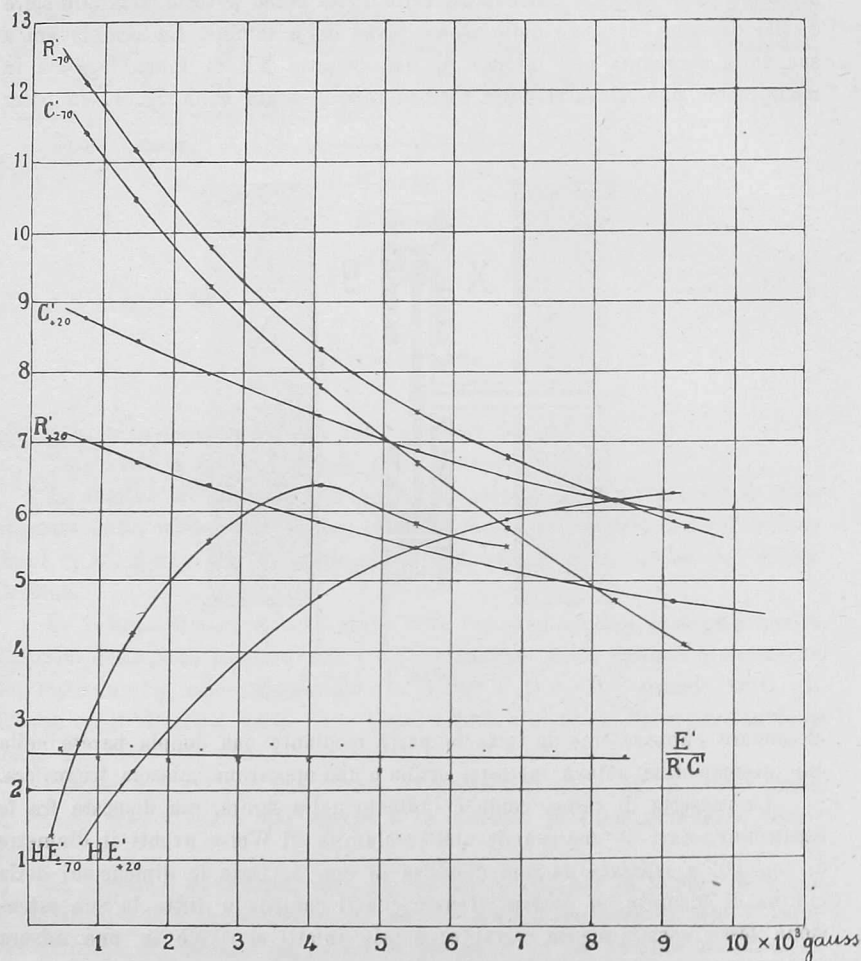


FIG. 2.

Il flusso radiale di corrente, destinato a produrre (sotto l'azione del campo) l'effetto induttivo sulla bobinetta che circondava il disco, era ottenuto collegando i conduttori A e B con una batteria di accumulatori, indipendenti da quelli che alimentavano la elettrocalamita; un amperometro permetteva di assicurarsi che in tutte le esperienze la corrente avesse la stessa intensità. La bobina avvolgente la periferia del disco era, come si è

detto, solidamente fissata tra le espansioni polari della elettrocalamita, in modo che non potessero verificarsi movimenti capaci di generare effetti induttivi perturbatori; così pure fu provveduto ad ottenere l'assoluta costanza della corrente magnetizzante anche nei casi di notevoli intensità, senza di che il galvanometro collegato con la bobina sarebbe stato in continua agitazione.

Ogni misura veniva ripetuta con campo invertito, in modo da poter eliminare ogni possibile azione induttiva di tipo ordinario; si prendeva infatti la media dei due valori, che del resto risultavano sempre assai poco differenti.

Le misure alla temperatura dell'ambiente (20°) venivano fatte riempiendo la vaschetta di acqua: quelle alla temperatura bassa (— 70°) erano ottenute riempiendo la vaschetta di una miscela di anidride carbonica solida e benzina. Tale bassa temperatura si conservava facilmente per tutto il corso di una serie, tanto più che la vaschetta era completamente circondata da un involucro di feltro, che non è stato rappresentato in figura per semplicità.

Per correggere gli effetti del ferro della elettrocalamita, effetti messi in evidenza a suo tempo dal prof. Corbino⁽¹⁾, tutte le misure venivano corrette prendendo, per il valore di $E' \cdot H$ cercato, quello della intensità di una corrente che, percorrendo una spira avente lo stesso diametro del disco, e sostituita al suo posto, produceva un effetto induttivo uguale, nelle stesse condizioni di campo e di temperatura. Per rendere paragonabili i valori trovati alle due temperature, veniva compensata con un reostato la diminuzione di resistenza della bobina alla temperatura di — 70°, onde non venisse alterata la sensibilità del sistema.

I valori di $E' \cdot H$, trovati in tal modo alle due temperature considerate, sono rappresentati nella fig. 2; da essi si sono dedotti i valori di E' nei vari casi, in modo che, dividendo tali valori per i singoli prodotti $R' \cdot c'$ corrispondenti (alla stessa temperatura), ho ottenuto i punti segnati lungo la retta orizzontale corrispondente al loro valore medio; essi non si allontanano molto da questo, autorizzandoci a ritenere che possa, nel limite degli errori inevitabili, considerarsi costante il valore di $\frac{E'}{R' \cdot c'}$, come ci eravamo proposti di dimostrare; mentre variano entro limiti notevolmente ampi il campo e la temperatura, in modo da determinare forti variazioni della conducibilità e delle costanti dell'effetto Hall e dell'effetto Corbino.

(1) Corbino, Nuovo Cimento, serie VI, vol. I, 1911.