

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA NAZIONALE
DEI LINCEI

ANNO CCCXXI
1924

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XXXIII.

1° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI
PROPRIETÀ DEL DOTT. PIO BEFANI

1924

Fisica. *L'effetto Hall nel bismuto con campi deboli* ⁽¹⁾. Nota di EMILIO ADINOLFI, presentata dal Socio M. CANTONE.

1. Il coefficiente di Hall, dato dalla relazione $\Delta V = R \frac{Hi}{b}$, risulta, da tutti i lavori di carattere sperimentale eseguiti, dipendente dal campo magnetico, dalla temperatura e dallo stato fisico della sostanza. In una precedente Memoria ⁽²⁾ ho potuto assodare che:

1) Detto coefficiente per il Bi con spessori non estremamente sottili, in campi deboli, non varia con la rotazione della lamina nel suo piano; il che prova che gli assi dei cristalli nella solidificazione assumono tutte le orientazioni possibili, seguendo la legge dell'equidistribuzione.

2) L'incrudimento è accompagnato da una diminuzione dell'effetto, riducendosi il valore del coefficiente da $-9,34$ a $-7,74$.

3) L'azione dei raggi X durante la solidificazione del metallo porta come conseguenza una diminuzione del valore di R nel rapporto di 1 a $\frac{1}{2}$.

4) Negli strati sottili ottenuti per ionoplastica ⁽³⁾ il coefficiente di Hall assume valori compresi fra $-0,25$ e $-0,30$, si riduce cioè a $\frac{1}{35}$ del valore normale e aumenta, invece di diminuire, al crescere del campo magnetico.

Le ricerche, di cui fo cenno in questa Nota, hanno lo scopo di stabilire le modalità con cui R dipende dal campo, dalla temperatura e dalle condizioni fisiche del metallo, in condizioni tali da evitare l'influenza reciproca di questi fattori come pure quella degli altri effetti galvano-termomagnetici.

2. *Variazioni del coefficiente di Hall col campo magnetico.* — Il campo magnetico, anche in queste esperienze, è generato da un solenoide formato con 480 spire di filo di rame, del diametro di 2 mm., in 16 strati sovrapposti. Nell'interno del rocchetto un doppio cilindro di rame con intercapedine di 5 mm. fa da dispersore allo scopo di garantire la lamina di bismuto dalle variazioni di temperatura prodotte dall'effetto Joule della corrente magnetizzante; e inoltre, all'intento di realizzare in modo più che possibile perfetto il caso isotermico, la lamina stessa è immersa in un bagno

⁽¹⁾ Lavoro eseguito nell'Istituto Fisico della R. Università di Napoli.

⁽²⁾ E. Adinolfi, *Il fenomeno di Hall*, Unione tipografica combattenti, luglio 1923.

⁽³⁾ L'ordine di grandezza degli spessori è dei decimi di μ e la loro determinazione è stata fatta in base al computo della massa di metallo distribuita sul sostegno, assumendo per la densità il valore 9,8.

protetto da un vaso di Dewar. Il metallo cimentato (della casa Kahlbaum) è foggiato a forma di disco con diametro di 68 mm. e con spessore di 1,45 mm.; e, dei quattro elettrodi puntiformi applicati al contorno, uno è mobile per ottenere in modo perfetto la simmetrizzazione in assenza del campo.

Dalle numerose serie di misure eseguite alla temperatura di 20° risulta che la variazione del coefficiente di Hall col campo magnetico entro i limiti 0 — 1000 gauss è inapprezzabile con gli strumenti di misura adoperati che garantiscono i 5 millesimi del valore di R; in tali limiti quindi, per il bismuto ricotto, il coefficiente può ritenersi uguale a — 9,34.

Alla temperatura di 0°, per lo stesso valore del campo, R subisce una diminuzione apprezzabile poichè si ha, per $H = 0$, $R = -10,62$ e, per $H = 900$, $R = -9,90$.

Altre serie di misure sono state eseguite alla temperatura dell'aria liquida ed è risultato un andamento rigorosamente lineare nella variazione di R entro i già notati limiti del campo paragonabile, anche per la entità della diminuzione, a quello che Zahn trova fra 2000 e 11000 gauss alla temperatura ordinaria (fig. 1). La legge del fenomeno può esprimersi, nel mio caso,

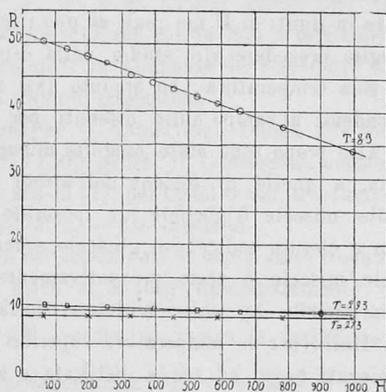


Fig. 1

con la relazione $R_{H-83} = R_{0-83} - 0,01733 H$, dove $R_{0-83} = 51,50$ rappresenta il valore assoluto del coefficiente a campo nullo e alla temperatura di 83 K. L'accordo fra i risultati ottenuti dalle misure dirette e quelli calcolati a mezzo della relazione lineare soprascritta rientra nei limiti dell'approssimazione prevista. Che se alcuni sperimentatori trovano andamento non lineare nella legge di dipendenza fra H e R, ciò potrebbe dipendere dalla difficoltà di separare l'effetto studiato da quello termo-magnetico trasversale e da quello longitudinale i quali variano col quadrato di H, quando si faccia uso delle ordinarie elettrocalamite che utilizzano l'elevata suscet-

tività magnetica del ferro e che non consentono di poter annullare il campo in seguito a ogni determinazione.

Alla temperatura di ebollizione dell'aria liquida, con campo di 1000 gauss, R subisce una diminuzione uguale a circa $\frac{1}{3}$ del valore corrispondente a campo nullo, mentre alla temperatura di 18° centigradi tale riduzione si ottiene con un valore del campo di 11000 gauss nelle già accennate misure dello Zahn (1). Ciò prova che l'effetto del campo, per ciò che riguarda la variazione di R, aumenta col diminuire della temperatura, analogamente a quanto avviene per il paramagnetismo alle basse temperature studiato dal Kamerlingh Onnes (2); e l'accordo, quantunque trattisi di fenomeni diversi, è anche quantitativo poichè, mentre Kamerlingh Onnes trova alla temperatura dell'idrogeno liquido una intensificazione dell'effetto del campo da 15 a 20 volte, nel caso in esame, alla temperatura di 83 K, $\frac{\Delta R}{\Delta H}$ è 11 volte

maggiore, e ciò porta a supporre che anche nell'effetto Hall ci si debba riferire al cosiddetto campo effettivo introdotto dal citato fisico.

Variatione del coefficiente di Hall con la temperatura. — Poichè la influenza del campo magnetico è diversa alle diverse temperature, allo scopo di potere sperimentalmente separare le variabili H e T da cui dipende R, mi è parso opportuno operare in limiti di H nei quali si può ritenere trascurabile la sua influenza per meglio procedere allo studio della dipendenza del coefficiente di Hall dalla sola temperatura; ho creduto anzi necessario riferirmi ai valori R_{0T} corrispondenti al campo nullo ottenuti per estrapolazione alle diverse temperature. Allo scopo sono state eseguite misure alla temperatura di ebollizione dell'aria, a quelle di fusione dell'alcool etilico solidificato nell'aria liquida, delle miscele frigorifere di iposolfito sodico cristallizzato, cloruro di calcio e cloruro sodico con ghiaccio e del ghiaccio fondente. Il disco immerso nelle miscele è stato preventivamente paraffinato e parimenti assicurato l'isolamento dei reofori adduttori della corrente primaria e della secondaria di Hall; per le temperature superiori a quella dell'ambiente sono stati impiegati bagni ad acqua distillata e ad olio di vasellina. Un termometro a etere di petrolio, immerso nel bagno, è servito per la indicazione delle basse temperature; e un ordinario termometro a mercurio mi ha fornito i valori di T superiori a quello dell'ambiente, essendosi estese le determinazioni fino a 393 K.

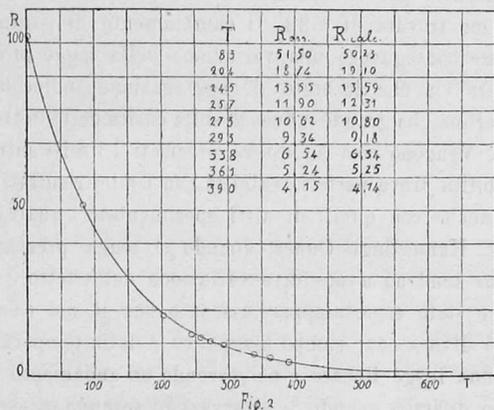
Il grafico della fig. 2 dà la legge di variazione di R in funzione di T per H tendente a zero; essa risponde alla relazione esponenziale

$$(1) \quad R_{T0} = R_{00} e^{-hT},$$

(1) Annalen der Physik, vol. 14, an. 1903, pag. 886.

(2) Atomes et électrons, « Rapp. du Conseil de Physique » (1921).

e la tabella annessa mostra il buon accordo fra i valori direttamente ottenuti dall'esperienza e quelli calcolati con la formola indicata (fig. 2).



La costante R_{00} rappresenta il coefficiente di Hall allo zero assoluto e a campo nullo. Esso è stato ottenuto per estrapolazione ed è numericamente uguale a 101.2; ma è da notarsi subito che non si può *a priori* ritenere che la relazione (1) sia valida fino a tale limite, tenuto conto della discontinuità dei fenomeni in vicinanza del cosiddetto valore soglia, sia della temperatura sia del campo magnetico.

Va intanto notato che il Kamerlingh Onnes, alla temperatura di 4.25 K, trova, con campo di 11300 gauss, il valore 85.7, naturalmente più piccolo di quello che si ottiene con la (1), per l'effetto non trascurabile, e già dimostrato, del campo magnetico di notevole intensità.

Quanto al valore del coefficiente k , esso è stato trovato uguale a 0,008193, e il suo significato fisico si deduce immediatamente differenziando la (1) che dà: $\frac{dR}{R} = -k dT$, sicchè k indica la variazione relativa del coefficiente di Hall in corrispondenza alla variazione di un grado di temperatura.

Dalla stessa relazione si rileva inoltre che R_{T_0} si annulla per $T = \infty$ e che quindi la curva è asintotica rispetto all'asse delle temperature; ma anche in tal caso è da aspettarsi nel punto di fusione una brusca variazione dell'andamento della curva, per le diverse condizioni fisiche del metallo imposte dal passaggio di stato. E ne danno conferma le esperienze di Rausch von Traubenberg (1) dalle quali si rileva che, a partire dalla temperatura di 265° centigradi, il valore di R diminuisce con maggiore rapidità con l'aumentare della temperatura; e in corrispondenza del punto di fusione, nel metallo ancora allo stato solido, la curva figurativa della variazione

(1) Annalen der Phys., 17, an. 1905, pag. 78.

di R con T assume andamento normale all'asse delle temperature. Per $T = 538$, nel punto cioè dove le curve del Traubenberg subiscono l'accennata brusca inflessione, si riscontra per R un valore molto prossimo a uno e la relazione esponenziale da me trovata di 1.22. Il cambiamento di stato del metallo porta quindi come conseguenza una variazione della legge in oggetto; e ciò conferma per altra via che lo stato di aggregazione molecolare, e quindi la struttura cristallina, ha grande influenza sulla entità dell'effetto galvano-magnetico studiato. Vengono così ad essere precisati i limiti entro cui la legge esponenziale stabilita trova perfetta validità con i miei risultati sperimentali e buon accordo anche con quelli di altri sperimentatori quali Zahn, Rausch von Traubenberg, Kamerlingh Onnes, quando si tenga presente l'azione di tutti i fattori che tendono a produrre variazione dell'effetto.

Da quanto è stato esposto appare assodato che R, nel caso del bismuto, dipenda in modo diverso dal campo magnetico e dalla temperatura, avendosi nel primo caso una legge lineare e nel secondo un andamento esponenziale; non sarà compito difficile, quando le osservazioni saranno estese entro più vasti limiti del campo e saranno noti i rapporti costanti $\frac{dR}{dH}$ per diversi valori della temperatura, raccogliere i risultati in un'unica legge di dipendenza di cui si dovrebbe tenere stretto conto nella trattazione teorica del fenomeno in base alla teoria elettronica.

Fisica. — *Sullo studio dei sistemi ottici col biprisma e gli specchi di Fresnel.* Nota di VASCO RONCHI, presentata dal Socio A. GARBASSO.

Com'è noto, se una sorgente puntiforme P di luce di lunghezza d'onda λ si trova alla distanza y dalla retta AB di intersezione di una coppia di specchi di Fresnel, facenti fra loro un angolo θ , i raggi, dopo la riflessione, proseguono come provenienti da due sorgenti P' e P'', pure distanti di y da AB, e distanti tra loro di un tratto

$$d = 2(\pi - \theta)y,$$

dando, sopra un piano γ , parallelo ad \overline{AB} e a $\overline{P'P''}$, delle frangie d'interferenza parallele ed equidistanti, di frequenza

$$M = \frac{d}{\lambda x} = \frac{2(\pi - \theta)}{\lambda x} y,$$

dove x è la distanza comune di P' e P'' da γ . Conteremo y a partire da AB, col senso positivo concorde con quello di propagazione della luce.