

RE  
A T T I  
DELLA  
REALE ACCADEMIA NAZIONALE  
DEI LINCEI

ANNO CCCXVII.  
1920

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XXIX.

2° SEMESTRE.



ROMA

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

1920

Fisica. — *La teoria elettronica della conducibilità dei metalli nel campo magnetico* <sup>(1)</sup>. Nota del Socio O. M. CORBINO <sup>2</sup>.

La spiegazione qualitativa di ognuno dei fatti fondamentali che caratterizzano la conduzione della elettricità e del calore dei metalli si ottiene, in generale, agevolmente con una qualsiasi delle tante forme assunte dalla teoria elettronica dei metalli. È solo la spiegazione quantitativa simultanea di tutti i fenomeni, con valori comuni delle costanti caratteristiche del metallo, che ha richiesto i perfezionamenti successivi della teoria, con le conseguenti complicazioni.

Una elaborazione ulteriore deve idealmente condurre, sia pure attraverso a uno svolgimento formale più difficile, all'eliminazione di quelle ipotesi che non si assestano bene nel quadro generale della fenomenologia fisica. E in tal senso è da considerare come un vero progresso ogni tentativo di spiegare con la presenza di elettroni di una sola specie, i negativi, quei fatti che sembrano richiedere l'esistenza postulata dal Drude, di due specie di centri mobili: i positivi e i negativi.

Un notevole passo in questa direzione è stato tentato recentemente dal prof. La Rosa <sup>(3)</sup>, il quale, mettendo a confronto le variazioni dell'effetto Peltier e quelle della resistenza elettrica nel bismute sotto l'azione del campo magnetico, le avrebbe riscontrate corrispondenti alle previsioni della teoria con la ipotesi semplice di elettroni di una sola specie. Le variazioni constatate dell'effetto Peltier denotano un mutamento nella concentrazione degli elettroni; e tale mutamento basterebbe a render conto delle variazioni della resistenza, qualora si tenga anche presente la modificazione della traiettoria degli elettroni fra due urti, non più rettilinea sotto l'azione del campo.

Precisamente la curvatura della traiettoria fra due urti condurrebbe, secondo il La Rosa, ad un aumento della conducibilità; la quale in definitiva diverrebbe minore per la constatata diminuzione della concentrazione elettronica. Interverrebbero cioè, come si vede dalla formola del La Rosa, due cause contrapposte negli effetti; una diminuzione della conducibilità  $\sigma$ , per effetto della diminuzione del numero di elettroni per centimetro cubo, e un aumento per l'aumentata lunghezza del cammino libero, con prevalenza della prima causa, e perciò col risultato finale di una diminuzione di  $\sigma$ .

<sup>(1)</sup> Lavoro eseguito nell'Istituto fisico della R. Università di Roma.

<sup>(2)</sup> Presentata nella seduta del 4 giugno 1920.

<sup>(3)</sup> La Rosa, N. Cimento, vol. XVIII, p. 26, an. 1919.

Se il La Rosa, anzichè ricorrere ad un metodo di verifica quantitativa molto indiretto, e che gli ha occultato la verità, avesse proceduto per la via più semplice del confronto diretto, avrebbe riconosciuto che non esiste affatto l'accordo trovato fra le variazioni della resistenza previste e quelle date dall'esperienza.

Invero, il valore noto dell'effetto Peltier a campo nullo dà la misura di  $\log \frac{n_{Cu}}{n_{Bi}}$ , dove  $n_{Cu}$  e  $n_{Bi}$  rappresentano i numeri di elettroni per centimetro cubo nel rame e nel bismuto; e dalle variazioni relative che esso subisce secondo le esperienze dello stesso La Rosa, si possono determinare senz'altro i rapporti  $\frac{n_0}{n_H}$  fra i numeri di elettroni a campo nullo e sotto il campo H.

Basta porre nella formola

$$P = \frac{2}{3} \frac{\alpha}{e} \log \frac{n_{Cu}}{n_{Bi}}$$

i valori sperimentali conosciuti:

$$P = \frac{77 \times 10^{-6}}{300}, \text{ e } \frac{\alpha}{e} = 4,27 \times 10^{-7}.$$

Si ottiene così, fuori del campo magnetico:

$$\frac{n_{Cu}}{n_{Bi}} = 2,44.$$

Il rapporto  $\frac{n_0}{n_H}$  fra i numeri di elettroni nel bismuto a campo zero e sotto il campo H si otterrà osservando che, detto  $P_H$  il valore dell'effetto Peltier nel campo H, si ha:

$$P_H : P = \log \frac{n_{Cu}}{n_H} : \log \frac{n_{Cu}}{n_0} = \log \frac{n_{Cu}}{n_H} : 2,44;$$

cioè:

$$\log \frac{n_{Cu}}{n_H} = 2,44 \frac{P_H}{P}.$$

I rapporti  $\frac{P_H}{P}$  possono ottenersi dalle esperienze del La Rosa: dedotti così, per i diversi valori di H, i rapporti  $\frac{n_{Cu}}{n_H}$ , si potrà calcolare il rapporto

$$\frac{n_0}{n_H} = \frac{n_0}{n_{Cu}} : \frac{n_H}{n_{Cu}}.$$

Se si tracciano in un diagramma i valori così ottenuti di  $\frac{n_0}{n_H}$  per i diversi valori di H, e i corrispondenti valori di  $\frac{\sigma_0}{\sigma_H}$  dedotti dalle stesse espe-

rienze del La Rosa, si trova che le due curve (fig. 1) presentano un andamento completamente diverso. Si riscontra cioè che la resistenza del bismuto cresce nei campi forti molto più rapidamente di quel che non diminuisca  $n$ . E poichè il fattore dipendente dalla curvatura della traiettoria dovrebbe intervenire, secondo il La Rosa, attenuando le variazioni di conducibilità dovute alla semplice diminuzione di  $n$ , e tale attenuazione dovrebbe anzi

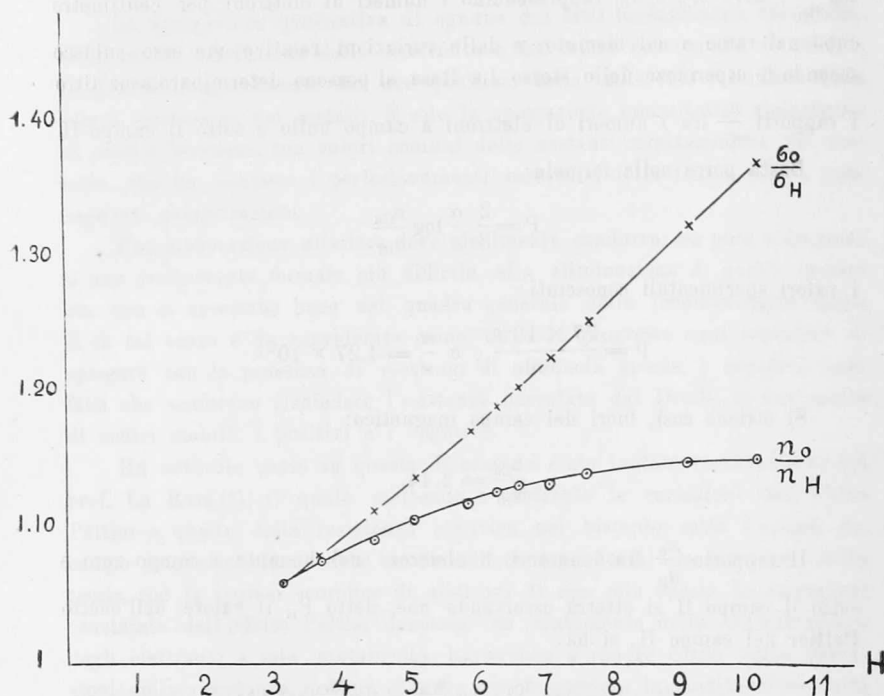


FIG. 1.

essere più forte nei campi più intensi, si riconosce che fra le previsioni e l'esperienza si ha una contraddizione che può dirsi di natura qualitativa più che quantitativa.

Non appare pertanto giustificata l'affermazione del La Rosa, che cioè la verifica indiretta da lui eseguita si possa annoverare fra le migliori che la teoria elettronica vanta fino ad oggi.

Che la concentrazione degli elettroni muti col campo non è del resto escluso dalle altre teorie che sono state svolte dal punto di vista del Drude. Così il Trabacchi <sup>(1)</sup>, che ne fece una verifica quantitativa, osservò che, mentre

<sup>(1)</sup> Corbino, N. Cimento, vol. XVI, pag. 185, an. 1918; Trabacchi, idem., vol. XVI, pag. 197, an. 1918.

le variazioni col campo della costante di Hall e della resistenza specifica dovrebbero seguire, secondo la teoria, la legge del quadrato, in realtà se ne discostano alquanto; ciò significa, egli aggiunge, che la parte principale dei mutamenti di resistenza e delle variazioni del coefficiente di Hall è quella voluta dalla teoria, ma che interviene in più un mutamento delle costanti elettroniche al crescere del campo.

E bisogna notare che le previsioni della teoria dualistica e il confronto con l'esperienza hanno avuto il merito di rilegare quantitativamente le variazioni di resistenza e i mutamenti del coefficiente di Hall, i quali ultimi non sono spiegabili con la teoria monistica. Inoltre i valori delle costanti elettroniche, che così si deducono, spiegano quantitativamente e con grande esattezza le deviazioni della legge di Wiedemann e Franz.

Ho detto che i mutamenti del coefficiente di Hall non sono spiegabili con la teoria che ammette una sola specie di elettroni. Infatti le esperienze del La Rosa sull'effetto Peltier provano che il numero di elettroni decresce col campo; ma la teoria monistica dà al coefficiente  $R$  del fenomeno di Hall il valore

$$R = \frac{1}{ne},$$

dove  $e$  rappresenta la carica dell'elettrone; ne risulta che, se  $n$  diminuisce col campo,  $R$  dovrebbe crescere, ciò che è contrario a tutte le esperienze note. Anche in questo si riscontra una contraddizione insanabile.

Di non minore gravità è un'altra contraddizione fra i valori prevedibili e quelli reali del coefficiente di Hall. Se questo, come vuole la teoria monistica, è misurato dall'inverso della carica globale  $ne$  degli elettroni liberi, ed è perciò inversamente proporzionale ad  $n$ , e se, come risulta dal valore dell'effetto Peltier fra rame e bismuto, il numero degli elettroni nel rame è appena due volte e mezzo quello degli elettroni nel bismuto, si dovrebbe avere nel bismuto un effetto Hall solo due volte e mezza maggiore che nel rame. Invece si sa che il rapporto fra i due coefficienti di Hall è superiore a diecimila.

È appunto nella spiegazione dei fenomeni cui dà luogo il passaggio del calore e della elettricità nei metalli sotto l'azione del campo magnetico che si rivela la insufficienza della teoria degli elettroni di una sola specie. E in tutto questo campo di fenomeni la teoria dualistica non ha soltanto la funzione di rendere più stretta la corrispondenza numerica fra le previsioni e la realtà (ciò che costituirebbe, in alcuni casi, un merito piuttosto apparente, avendosi a disposizione un maggior numero di costanti); ma serve ad eliminare le contraddizioni categoriche cui dà luogo la teoria monistica. Si deve quindi concludere che, se degli elettroni positivi *liberi* non si è potuta finora dimostrare l'esistenza, essi costituiscono provvisoriamente un elemento indispensabile per render conto del complesso dei fenomeni della conduzione metallica e degli effetti del campo magnetico.