

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCCV.

1908

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XVII.

1° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1908

Alcune delle relazioni trovate per questo caso particolare valgono in generale e si hanno le seguenti proposizioni:

In un triangolo la deviazione del raggio per due riflessioni senza inversione è legata all'angolo traversato tra le due riflessioni dalla relazione

$$\cos \frac{D}{2} = \pm n \cos A_2 .$$

Perchè non si abbiano inversioni è necessario che sia

$$A_2 < 90$$

per la relazione

$$2r = A_1 + A_3 - A_2$$

che dà

$$r = 90 - A_2 .$$

La deviazione è uguale al supplemento dell'angolo di incidenza.

Si potrebbero dedurre altre conseguenze dalle formole date per i diversi casi particolari, analogamente al triangolo, e anche per il triangolo stesso, ma il farlo qui è inutile perchè si presenteranno pressochè spontanee nelle diverse applicazioni.

Fisica. — *Variatione di resistenza dei metalli nel campo magnetico* (¹). Nota del dott. NICOLA DAGOSTINO, presentata dal Corrispondente M. CANTONE.

Dietro le ricerche di Thomson, Beetz, De Lucchi, Goldhammer e Cantone sulla variazione di resistenza di fili o lamine di ferro o nichel, messi nel campo magnetico, sembrò quasi assodato, sebbene qualche altro sperimentatore dissentisse, che quando la corrente attraversa i fili o le lamine parallelamente alle linee di forza, la resistenza di essi aumenta, mentre diminuisce, quando l'attraversa normalmente.

Però i signori Leo Grunmach e Franz Weidert, che ultimamente hanno studiato il fenomeno, hanno trovato per i fili di ferro e nichel, messi in posizione trasversale, ossia normale alle linee di forza del campo magnetico, col crescere di esso campo, prima aumento di resistenza, che varia per i diversi fili da essi adoperati ed è grande per il ferro e minimo per il nichel, e poi diminuzione.

(¹) Lavoro eseguito nel Laboratorio di Fisica della R. Università di Napoli.

A questi rispose il prof. Cantone in una Nota presentata alla R. Accademia delle Scienze Fisiche e Matematiche di Napoli (1), con la quale provava l'impossibilità d'un tale comportamento, riferendosi agli studi da lui fatti su tali metalli (2); mentre io, per consiglio di lui, prendevo in esame il fenomeno solo per la posizione trasversale, circa la quale esisteva divergenza.

Per il campo magnetico mi avvalsi di un'elettrocalamita, che aveva due masse di ferro dolce del diametro di cm. 9,85, smussate agli estremi in modo che il diametro delle facce polari era ridotto a cm. 8,46. La distanza fra esse facce, rese perfettamente parallele, fu serbata costante nel corso delle ricerche, riducendola a mm. 8,0, il minimo possibile. L'intensità di detto campo si fece variare, facendo variare l'intensità della corrente magnetizzante, fornita da 10 accumulatori, da 0,1 a 12,0 Amper. Non volli usare una corrente più intensa, la quale avrebbe riscaldato sensibilmente i rocchetti dell'elettrocalamita, per evitare che il calore, propagandosi gradatamente al filo metallico in esame, ne aumentasse la resistenza. Anzi ad ovviare l'influenza del calore, che anche per le correnti usate si produceva in piccolissima quantità nell'elettrocalamita, facevo decorrere una decina di minuti fra una determinazione e l'altra.

L'intensità del campo magnetico si determinò col metodo dell'induttore terrestre, nel modo solito, in base alla formola:

$$H = h \frac{n' S'}{n S} \cdot \frac{d}{d'}$$

Dove h è la componente orizzontale del magnetismo terrestre; $n' S'$ rappresenta l'area totale dell'induttore terrestre; $n S$ l'area totale della bobina di riferimento, racchiusa nell'elettrocalamita; d' è la deviazione, osservata sulla scala del galvanometro balistico, quando si fa rotare di 180° l'induttore terrestre intorno ad un asse verticale, corretta per l'effetto dello smorzamento; e d la deviazione, ugualmente corretta, dovuta all'inversione rapida del campo.

Ora, prima d'introdurmi nell'esame delle variazioni di resistenza dei fili nel campo magnetico, stimo opportuno esporre le condizioni, nelle quali ho fatto le mie ricerche, poichè ritengo che la disparità dei risultati, ottenuti dai diversi sperimentatori, è dovuta unicamente al fatto di essersi messi alla ricerca in condizioni più o meno vantaggiose.

Per la misura delle resistenze mi servii di un ponte a cassetta di Hartmann Braun; però per la misura delle variazioni di resistenza, dovute al

(1) Fascicolo 12°. Dicembre 1906.

(2) V. Rend. Acc. dei Lincei, vol. 1, 1° sem., pag. 424; e 2° sem. pag. 119 e pag. 227, anno 1892.

campo magnetico, non mi avvalsi dello stesso ponte per la ragione molto evidente che, essendo il lato in esame e quello di confronto di metalli differenti, si sarebbero ottenuti nei due lati, al passaggio della corrente, riscaldamenti disuguali e quindi delle variazioni di resistenza estranee all'effetto che importava mettere in rilievo.

Ad evitare questo inconveniente costruii una cassetta contenente due rocchetti perfettamente uguali in resistenza, i quali costituivano due lati contigui del ponte, e due altri rocchetti della resistenza di ohm 0,01 l'uno e di ohm 0,002 l'altro, i quali ordinariamente erano esclusi e servivano solo per apprezzare quantitativamente la variazione di resistenza del lato messo nel campo magnetico. Il lato da esaminare e quello di confronto, costruiti similmente e con metalli di identica natura, venivano attaccati ad appositi serrafili della cassetta. Poichè un piccolo tratto di filo in posizione longitudinale (parallela alle linee di forza) avrebbe mascherato in parte l'effetto del campo sui tratti in posizione trasversale, a causa della grande variazione di resistenza che produce un campo longitudinale rispetto a quello trasversale, si cercò di dare al filo preso in esame direzione perfettamente normale alle linee di forza. A tale scopo feci dei dischi di cartone del diametro stesso delle facce polari, e li passai nel bagno di paraffina fusa per renderli isolanti; su tali dischi, partendo dalla parte centrale, cucivo con filo di seta il filo metallico già piegato in due, avvolgendolo a spirale piana. Ebbi cura di cucire di tratto in tratto la spirale, perchè riuscisse perfettamente aderente al cartone senza presentare il minimo sollevamento, e la feci terminare alla distanza di circa un centimetro dall'orlo del disco, per ottenere che tutto quanto il filo di sostanza magnetica fosse in posizione trasversale e in un campo sensibilmente costante; alle due estremità saldai due fili di metallo non magnetico, generalmente rame, che andavano ai serrafili della cassetta.

Chiamo tali rocchetti *Spirali di filo* e li rappresento col simbolo *Sf*.

Similmente costruii le *Spirali di nastro*, *Sn*, per le quali invece di avvolgere a spirale il filo, avvolgevo un nastro metallico ottenuto da una lamina.

Costruii inoltre dei rocchetti che chiamo *Spirali piane di nastro*, *Spn*, mediante due lamine circolari intagliate a spirale, che erano addossate alle due facce del disco paraffinato, mantenute aderenti ad esso col solito sistema delle cuciture e unite metallicamente fra loro per mezzo di un pezzetto di filo di rame, che attraversava il disco di cartone nella parte centrale. Alle estremità libere, che restavano sempre a distanza di un centimetro dai bordi delle masse polari, si saldavano i due fili di rame, che andavano alla cassetta.

Il metodo seguito nelle ricerche fu il seguente: Racchiudevo la spirale da esaminare fra le facce polari dell'elettrocalamita, nella parte media, e, alquanto lontano dall'elettrocalamita, situavo fra due blocchi di ferro l'altra spirale di confronto. Uguagliavo quindi i due lati in modo da non avere

nessuna deviazione nel galvanometro al passaggio della corrente nel ponte, e poi procedevo così: Chiudevo il circuito della pila e facevo una prima lettura, *a*, sulla scala, aprivo detto circuito, eccitavo il campo e lo chiudevo di nuovo, facendo una seconda lettura, *b*, infine aprivo il circuito della pila, escludevo il campo e tornavo a chiuderlo, facendo una terza lettura, *c*. Di *a* e *c*, che mi davano la posizione del galvanometro senza del campo allo inizio e alla fine della determinazione, e che generalmente differivano di pochi decimi di divisione, prendevo la media. La differenza fra *b* e la detta media dava la deviazione dovuta al campo, la quale, a secondo del senso, esprimeva aumento o diminuzione di resistenza.

Di tanto in tanto poi per essere sicuro che non vi fossero irregolarità nelle condizioni sperimentali, invertivo per una sola determinazione la corrente della pila ed altre volte il campo.

Conosciuta la deviazione dovuta al campo e quella dovuta ai 0,002 o al 0,01 di ohm, era facile calcolare la variazione di resistenza del filo o nastro metallico per effetto del campo magnetico, e quindi determinare il rapporto fra tale variazione e la resistenza totale del rocchetto, rapporto che indico con δ . Per comodità di scrittura esprimo le δ in milionesimi; esse sono precedute dal segno + o — a seconda che denotino aumento o diminuzione di resistenza.

In questo primo quadro riporto le resistenze ρ dei diversi rocchetti di ferro e nichel cimentati, notando nel tempo stesso il diametro *d* dei fili, come la larghezza *l* e lo spessore *s* dei nastri.

	NICHEL						FERRO	
	Sf N. 1	Sf N. 2	Sn N. 1	Sn N. 2	Sn N. 3	Spn	Sn N. 1	Sn N. 2
ρ in ohm	0,539	2,248	0,941	1,474	0,543	0,467	1,070	0,991
<i>d</i> in mm.	1,0	0,5	—	—	—	—	—	—
<i>l</i> in "	—	—	4,2	2,1	2,2	2,8	3,4	3,25
<i>s</i> in "	—	—	0,1	0,1	0,35	0,1	0,19	0,22

Passo ai valori delle δ .

H	$\delta \times 10^6$ ⁽¹⁾							
	NICHEL						FERRO	
	Sf N. 1	Sf N. 2	Sn N. 1	Sn N. 2	Sn N. 3	Spn	Sn N. 1	Sn N. 2
110	— 19	— 20	— 430	— 140	— 62	—	— 1,3	— 1,1
230	— 53	— 59	— 1100	— 360	— 130	—	— 3,2	— 3,0
400	— 101	— 160	— 3080	— 1060	— 250	—	— 5,7	— 5,6
580	— 170	— 280	— 6140	— 2630	— 530	— 69	— 9,4	— 9,2
900	— 310	— 510	— 8590	— 5060	— 1470	—	— 20	— 13
1200	— 490	— 740	— 9610	— 8420	— 2960	— 280	— 35	— 17
1790	— 1050	— 1340	— 10140	— 10110	— 6550	— 730	— 100	— 35
2400	— 2200	— 2680	— 10430	— 10680	— 10020	— 1740	— 190	— 100
3230	— 4000	— 4650	— 10580	— 10860	— 11220	— 2730	— 350	— 220
3690	— 5500	— 6240	—	—	— 11580	— 3440	— 520	— 330
4120	— 7480	— 7710	— 10730	— 11010	— 11740	— 4180	— 680	— 450
4500	— 8790	— 8880	—	—	— 11870	— 4750	— 780	— 560
4840	— 10010	— 9730	— 10800	— 11110	—	— 5180	— 870	— 670
5210	— 10940	— 10230	—	—	— 12000	— 5740	— 920	— 770
5540	— 11860	— 10600	—	—	—	—	— 960	— 820
5870	— 12400	— 10930	— 10900	— 11170	—	— 6670	— 1000	— 840
6510	—	— 11210	—	—	— 12200	—	—	—

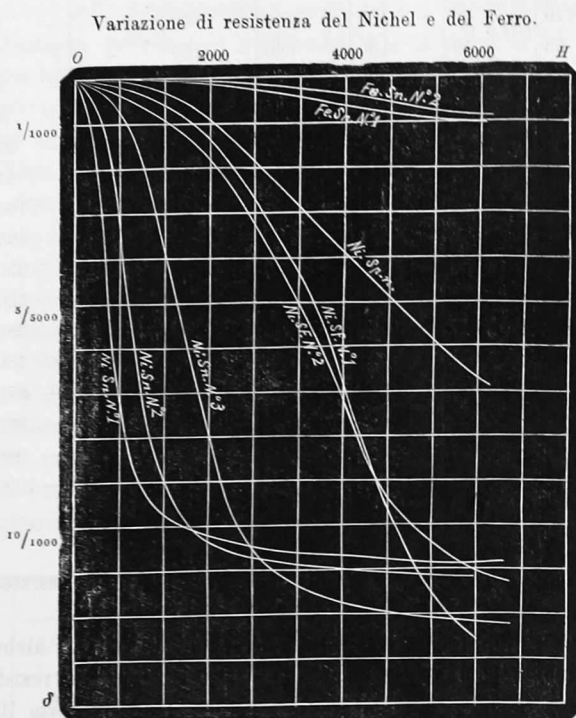
Di qui le curve rappresentatrici delle variazioni di resistenza, come dall'annessa figura si vede.

Dai risultati sopra esposti risulta evidentemente, che il nichel come il ferro presentano in campo trasverso sempre diminuzione di resistenza, che cresce col crescere del campo magnetico, però fino ad un certo limite, raggiunto il quale la diminuzione di resistenza si conserva quasi costante. Sicchè il fatto osservato da Grunmach e Weidert per alcune spirali di filo di nichel e ferro, di aversi cioè aumento di resistenza con campi deboli, non s'è verificato nelle condizioni di grande sensibilità realizzate in generale in queste ricerche; e si noti che io son partito da campi di 100 Gauss, che sono molto più deboli di quelli, dai quali partirono i suddetti sperimentatori.

Per il ferro, oltre alle due spirali di nastro sopra citate, cimentai anche alcune spirali di filo di diverso spessore ed alcune spirali piane di nastro. Le prime non dettero alcuna variazione di resistenza sino ai campi di 6000 Gauss da me adoperati; e la ragione si rende manifesta osservando che, pur con campi così intensi, non si raggiungeva nel filo una intensità magnetica

⁽¹⁾ I valori di δ sono dati coll'approssimazione, che si può garantire dipendentemente dalle condizioni di sensibilità, che si avevano caso per caso.

dell'ordine di grandezza di quella dei nastri dello stesso metallo all'inizio delle variazioni; e noi possiamo ritenere, sicuri di non commettere grave errore, che almeno all'inizio le variazioni siano dipendenti dall'intensità magnetica del campione in esame. Infatti riferiamoci al nichel, sul quale abbiamo potuto fare uno studio più vasto. Si sa che per un ellissoide di suscettibilità k , collocato in un campo uniforme con uno degli assi nella



direzione delle linee di forza, l'intensità magnetica è data dall'espressione $\frac{k H}{1 + \gamma k}$ (α), dove γ prende valori differenti a seconda dell'asse, al quale ci riferiamo. Se facciamo uno degli assi infinitamente grande e degli altri due, uno assai piccolo, ci riduciamo al caso del nastro, per il quale $\gamma = \frac{4 \pi s}{l + s}$ (¹) se la faccia larga è parallela alla direzione del campo, dove s è lo spessore del nastro ed l la larghezza; oppure $\gamma = \frac{4 \pi l}{l + s}$ se è normale. Nel caso dei fili $l = s$ e quindi $\gamma = 2 \pi$. L'espressione (α) si semplifica di molto, quando k

(¹) V. Thomson and Tait-Nat. Phil. art. 494, p.

è grande, come nel caso del ferro e del nichel per forze che non siano molto grandi; allora si può togliere l'unità al denominatore ed eliminare k al numeratore e al denominatore. Calcolando quindi con una certa approssimazione, in base a tale formula, l'intensità I dei vari rocchetti di nichel, si ha:

Sf N. 1 e N. 2	$I = 0,15 \times H$
Sn N. 1	$I = 3,4 \times H$
Sn N. 2	$I = 1,7 \times H$
Sn N. 3	$I = 0,58 \times H$
Spn	$I = 0,08 \times H$

da cui si vede che i coefficienti procedono appunto come i valori delle variazioni δ , che si hanno dalla tabella precedente, per una determinata forza magnetizzante, fino a che questa si mantiene piuttosto debole. Si è quindi indotti a ritenere che le variazioni dipendano in certo modo, per un dato metallo, dalle intensità magnetiche. Da tutto ciò si deduce che, se la Spirale di nastro di ferro N. 1 per es. ha incominciato a dare variazioni apprezzabili di resistenza solo con campo di 1000 Gauss, ossia con una intensità magnetica $I = 1,5 \times 1000 = 1500$, per avere una diminuzione di resistenza apprezzabile con i fili, bisognerebbe portarli press' a poco a campo di Gauss $\frac{15000}{0,15} = 10000$ (essendo per i fili $I = 0,15 \times H$), campo che non m'è stato possibile raggiungere.

Le spirali piane poi hanno dato un piccolo aumento di resistenza, il cui valore massimo è di qualche centomillesimo, quantità non trascurabile certamente, se si tengono presenti i valori di δ della tabella precedente, ma abbastanza piccola tenuto conto della piccola resistenza dei rocchetti, la quale non raggiungeva quella di ohm 0,4. Però sono dell'opinione che siano da scartarsi questi ultimi risultati per la circostanza che, facendo considerazioni analoghe a quelle esposte sulle spirali di filo, si deduce che con una spirale piana di nastro, larga mm. 3,0 e spessa mm. 0,22, per la quale $I = 0,08 \times H$, una diminuzione di resistenza apprezzabile si otterrebbe solo con campo di circa 18000 Gauss. Quindi quei piccoli aumenti ottenuti ritengo che siano dovuti, piuttosto che a campo trasverso, a piccoli tratti messi in posizione longitudinale. Sebbene questi nastri, dopo tagliati, venissero appianati nel miglior modo possibile, pure non è escluso perfettamente il dubbio, che le deformazioni generate dal taglio fossero eliminate.

II.

All'esame del nichel e del ferro feci seguire quello di parecchi altri metalli, come l'*Invar*, la *Manganina*, il *Platino*, l'*Argentana*, il *Bismuto*, il *Cadmio*, l'*Oro*, lo *Zinco*, il *Magnesio*, il *Palladio*, il *Rame*, l'*Argento*, l'*Alluminio*.

Le disposizioni sperimentali furono quelle stesse tenute per il nichel e il ferro, non esclusa quella di usare, come lato di confronto a quello in esame, una spirale costruita similmente e con metallo di identica natura.

Ecco i risultati:

	Invar Sf	Manganina Sf	Platino Sf	Argentana Sf	Bismuto Sf	Cadmio Sn	Oro Sf	Zinco Sn	Magnesio Sn	Palladio Sn
ρ in ohm	5,048	346,5	13,48	23,4	23,09	0,804	4,974	0,298	0,984	5,643
d in mm.	0,5	0,1	0,15	0,5	0,2	—	0,1	—	—	—
l " "	—	—	—	—	—	2,3	—	2,3	2,5	1,5
s " "	—	—	—	—	—	0,3	—	0,2	0,1	0,1

H	$\delta \times 10^6$									
	Invar Sf	Manganina Sf	Platino Sf	Argentana Sf	Bismuto Sf	Cadmio Sn	Oro Sf	Zinco Sn	Magnesio Sn	Palladio Sn
110	— 1,1	—	—	—	+ 390	—	—	—	—	—
230	— 2,3	—	—	—	+ 860	—	—	—	—	—
400	— 3,1	—	—	—	+ 2300	—	—	—	—	—
580	— 5,7	— 4,0	—	— 0,5	+ 4800	—	—	—	—	—
900	— 11	—	—	—	+ 10330	—	—	—	—	—
1200	— 17	— 9,8	—	— 1,4	+ 17110	—	+ 1,6	—	—	+ 3,2
1790	— 38	—	—	—	+ 32400	—	—	—	—	+ 7,0
2400	— 70	— 20	— 2,5	— 3,0	+ 51600	+ 30	+ 7,2	—	+ 18	+ 11
3230	— 110	— 24	—	— 4,0	+ 70430	—	+ 10	—	—	—
3690	— 145	— 30	— 6,1	— 5,1	+ 84180	+ 60	+ 12	+ 24	+ 42	+ 24
4120	— 190	— 31	—	— 5,5	— ⁽¹⁾	—	+ 14	—	—	—
4500	— 220	— 32	—	— 6,0	—	—	—	—	—	—
4840	— 260	— 32	— 11	— 6,3	—	+ 89	+ 17	+ 40	+ 75	—
5210	— 300	— 33	—	— 6,7	—	—	—	—	—	+ 41
5540	— 340	— 33	—	—	—	—	—	—	—	—
5870	— 390	— 34	—	— 7,2	—	+ 110	+ 20	—	+ 97	—
6510	—	—	— 20	—	—	—	—	+ 65	—	+ 62

Di qui si vede che hanno lo stesso comportamento del ferro e del nichel, cioè danno diminuzione di resistenza in campo trasverso, l'invar, la manganina, il platino, l'argentana. Il bismuto, il cadmio, l'oro, lo zinco, il magnesio, il palladio danno aumento di resistenza.

(¹) Non continua perchè, per la grande variazione di resistenza, le deviazioni al galvanometro uscivano dal campo della scala.

Nessuna variazione ho ottenuta per alcune spirali di filo di rame, argento e alluminio.

Dalla serie dei metalli esaminati sembra potersi dedurre che l'ipotesi del Goldhammer (¹), fondata sull'esame del nichel, ferro, cobalto, bismuto, antimonio e tellurio, che i metalli paramagnetici diano diminuzione di resistenza ed i diamagnetici aumento, non è stata da me pienamente verificata a causa del palladio e del magnesio, i quali sebbene paramagnetici, come è riportato da diversi autori, e come è risultato dalla prova sperimentale da me fatta, hanno dato aumento di resistenza. Nè si può ammettere poi con Grunmach e Weidert che, all'infuori dei metalli ferromagnetici, tutti i metalli diano aumento di resistenza.

Quale legge governi queste variazioni di resistenza nei diversi metalli, non è facile dire; uno sguardo generale sui risultati ottenuti ce ne convince. Possiamo però ammettere, giusta quanto abbiamo osservato a proposito del nichel e del ferro, che per uno stesso metallo dette variazioni sono dipendenti dalla intensità magnetica di esso.

Rendo vive grazie al prof. Cantone per l'assistenza ed i consigli, dei quali mi è stato largo nel corso di questo lavoro.

Fisica. — Il fenomeno Zeemann e il secondo principio della Termodinamica. Nota di O. M. CORBINO, presentata dal Corrispondente D. MACALUSO.

Fisica. — Potere emissivo e illuminazione del selenio cristallino. Nota di LAVORO AMADUZZI, presentata dal Socio A. RIGHI.

Queste Note saranno pubblicate nel prossimo fascicolo.

(¹) Wied. Ann. 31, p. 360; e 36, pag. 804.