

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI
ANNO CCLXXXIX.
1892

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME I.

2° SEMESTRE



ROMA
TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1892

ed il teorema analogo a quello di Clebsch, ma più generale, a cui si arriva in questo caso, è il seguente:

* Le soluzioni più generali delle equazioni (19) sono date dalle espressioni:

$$\begin{aligned} u &= \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial U}{\partial z} - \frac{\partial W}{\partial y} \\ v &= \frac{\partial P}{\partial y} + \frac{\partial W}{\partial x} - \frac{\partial U}{\partial z} \\ w &= \frac{\partial P}{\partial z} + \frac{\partial U}{\partial y} - \frac{\partial W}{\partial x} \end{aligned}$$

dove P è una soluzione dell'equazione:

$$(D_t^2 - A^2 \mathcal{A}_2) P = 0$$

ed U, V, W sono soluzioni del sistema di equazioni:

$$(D_t^2 - a^2 \mathcal{A}_2) U + \frac{\partial S}{\partial x} = 0, (D_t^2 - b^2 \mathcal{A}_2) U + \frac{\partial S}{\partial y} = 0, (D_t^2 - c^2 \mathcal{A}_2) W + \frac{\partial S}{\partial z} = 0$$

ove si è posto:

$$S = \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} + \frac{\partial W}{\partial z}$$

* È assai facile vedere quale è in questo caso la determinazione delle P, U, V, W analoga a quella delle \bar{P} , \bar{U} , \bar{V} , \bar{W} del § 1.

* La decomponibilità di qualsiasi movimento oscillatorio di un mezzo di Green in due, l'uno trasversale e l'altro longitudinale, risulta immediatamente da questo teorema (1).

* Le equazioni a cui soddisfanno le U, V, W non coincidono in questo caso, come in quello dell'isotropia, con quelle degli spostamenti nel moto trasversale; abbiamo invece due sistemi di equazioni differenti, i quali però hanno la stessa equazione caratteristica, come è facile verificare *.

Fisica. — *Contributo allo studio delle variazioni di resistenza del nichel nel campo magnetico* (2). Nota del dott. MICHELE CANTONE, presentata dal Socio BLASERNA.

* In un precedente lavoro ho esposto i risultati di alcune ricerche relative alle *variazioni di resistenza del ferro e del nichel nel campo magnetico*; mi permetto ora di comunicare l'esito di ulteriori studi intrapresi allo scopo d'indagare la natura della legge di dipendenza fra le intensità magnetiche e le variazioni di resistenza.

(1) Una dimostrazione di tale decomponibilità si può vedere in fine della Memoria precedentemente citata, della Kowalevski.

(2) Lavoro eseguito nel Laboratorio di fisica della R. Università di Palermo.

- Ho creduto opportuno usare nelle attuali ricerche il campo fornito da un rocchetto, come quello che, nel mentre si presta bene per una misura dei momenti magnetici, non dà luogo all'inconveniente che presentano le elettrocalamite col loro magnetismo residuo a circuito aperto. Non potendosi nelle nuove condizioni arrivare a valori elevati del campo senza provocare sul rocchetto un forte riscaldamento che avevo tutto l'interesse di evitare, ho dovuto, lasciando da parte il ferro, limitarmi allo studio del nichel, per il quale, come è noto, si hanno variazioni di resistenza assai più grandi che per il primo.

- Vennero cimentati i due fili ed il nastro largo di nichel che furono adoperati nelle precedenti ricerche. Preso di ciascuno di questi conduttori un tratto avente la lunghezza di 2 metri, lo si divise in 8 parti uguali, che disposte a fascio furono mediante saldatura collegate in serie per modo da formarne un conduttore unico.

- Il rocchetto lungo $28^{\text{cm}},6$ e racchiudente 63, 65 giri per c.m. fu collocato col suo asse nella direzione perpendicolare al meridiano magnetico e di fronte all'ago di un magnetometro. La sua azione su quest'ago fu compensata mediante un secondo rocchetto di piccolo numero di spire opportunamente situato al di là del magnetometro.

- Nel circuito del rocchetto s'intercalarono una pila di tre elementi Bunsen, una bussola assoluta delle tangenti, un reocordo di sottili fili di pacfong ed un commutatore che fatto agire a mano poteva dare all'incirca 5 inversioni a secondo. Esso era destinato a riportare il nichel, già sottoposto all'azione del campo, allo stato neutro col processo di Ewing; e vi si riuscì sempre in modo soddisfacente.

- La misura delle resistenze si fece come nelle precedenti esperienze servendosi di un ponte a cassetta di Carpentier, nelle cui diagonali si aveano rispettivamente due coppie Bunsen ed un galvanometro Deprez-d'Arsouval.

- Siccome la corrente magnetizzante si mantenne sempre inferiore ad un ampère ed il filo del rocchetto era molto grosso, il riscaldamento di questo apparecchio era tale da avere piccolissima influenza sullo stato termico dei conduttori sottoposti all'induzione: si vide infatti che le variazioni di resistenza prodotte dal magnetismo rimanevano inalterate se il passaggio della corrente per il rocchetto si protraeva per parecchi minuti. Ciò non pertanto si limitò questo passaggio al tempo necessario per fare le letture sulla scala del galvanometro, eccetto che nelle ricerche sui cicli, in cui dovea tenersi chiuso il circuito per circa 10'.

- Le prime esperienze ebbero per iscopo di valutare le intensità magnetiche e le corrispondenti variazioni di resistenza per forze magnetizzanti crescenti. Il campo si faceva variare spostando il cassetto a mercurio che limitava la resistenza del reocordo, e volta per volta si misurava la deviazione sulla scala del galvanometro del ponte. Compiute tre o quattro di queste serie

si smagnetizzava il corpo, ricorrendo al commutatore, e si ripetevano le serie di magnetizzazioni per fare le letture sulle scale del magnetometro e della bussola. Siccome si avea cura in ciascuna serie di portare il cassetto del recordo nelle stesse posizioni precedentemente segnate, e poichè l'intensità della corrente a pari resistenza esterna si conservava presso a poco costante, si riusciva a ricavare con sufficiente approssimazione dalle misure delle ultime serie le intensità e le forze magnetiche relative alle variazioni di resistenza prima ottenute.

* Riporto i dati numerici forniti dalle esperienze. Con a_1, a_2, a_3 , indico le letture fatte al galvanometro Deprez prima, durante e dopo il passaggio della corrente nel rocchetto, con \mathcal{A} le differenze fra a_2 ed $\frac{a_1 + a_3}{2}$, con \mathcal{A}_1 i valori di $b_2 - b_1$, (essendo b_1 e b_2 le deviazioni ottenute al magnetometro in corrispondenza ad a_1 ed a_2), e con \mathcal{A}_2 le differenze fra le b_2 ed il primo valore di b_1 nella prima serie.

Filo sottile						Filo medio						Nastro					
a_1	a_2	a_3	\mathcal{A}	\mathcal{A}_1	\mathcal{A}_2	a_1	a_2	a_3	\mathcal{A}	\mathcal{A}_1	\mathcal{A}_2	a_1	a_2	a_3	\mathcal{A}	\mathcal{A}_1	\mathcal{A}_2
2,00	2,10	2,10	0,05	1,75	1,75	2,30	2,25	2,20	0,00	21,1	21,1	-3,80	-3,80	-3,95	0,07	11,4	11,4
2,05	2,80	2,15	0,70	8,6	8,7	2,20	2,73	2,15	0,56	35,1	51,0	-4,00	-3,30	-4,00	0,70	28,7	34,6
2,00	5,85	2,80	3,45	11,0	16,3	2,18	3,75	2,22	1,55	34,2	76,2	-4,00	-1,75	-3,80	2,15	31,8	56,0
2,40	10,15	3,30	7,30	9,3	21,3	2,25	5,20	2,25	2,95	33,0	94,1	-3,80	0,80	-3,72	4,56	31,6	71,8
3,00	12,75	3,30	9,60	8,95	23,75	2,30	6,30	2,20	4,05	32,5	103,0	-3,50	1,70	-3,80	5,35	27,7	77,0
3,00	4,28	3,15	1,21	1,5	18,0	2,20	2,80	2,14	0,63	4,8	77,4	-4,00	-3,40	-4,20	0,70	5,0	55
3,00	5,72	3,18	2,13	2,3	18,7	2,20	3,10	2,12	0,94	7,9	80,9	-4,08	-2,90	-4,30	1,29	8,0	58,1
3,00	7,00	3,20	3,90	3,5	20,0	2,30	3,95	2,20	1,70	13,3	86,2	-4,20	-2,00	-4,60	2,40	13,5	63,6
3,00	9,98	3,22	6,87	5,8	22,1	2,30	5,18	2,18	2,94	22,9	95,4	-4,20	-0,20	-4,70	2,25	22,8	72,4
3,00	12,25	3,20	9,15	7,5	23,7	2,30	6,30	2,20	4,05	29,5	102,0	-4,70	0,70	-4,70	5,20	26,2	76,3
3,00	4,30	3,15	1,23	1,5	18,0	2,30	2,82	2,18	0,58	4,8	77,8	-4,30	-3,75	-4,70	0,75	4,9	55,1
3,00	5,20	3,20	2,10	2,3	18,7	2,25	3,15	2,17	0,94	7,8	80,9	-4,30	-3,15	-4,70	1,35	8,0	58,1
3,00	7,00	3,20	3,90	3,5	20,0	2,22	3,88	2,04	1,75	13,4	86,8	-4,30	-2,15	-4,75	2,37	13,4	63,5
3,08	10,05	3,22	6,90	5,8	22,1	2,20	5,10	2,10	2,95	22,6	95,6	-4,40	-0,40	-4,80	4,20	22,1	72,0
3,00	12,25	3,22	9,14	7,5	23,7	2,20	6,15	2,00	4,05	29,2	102,2	-4,70	-0,35	-4,80	5,10	26,4	76,3

* Dall'esame delle colonne relative alle a_i si constata che le prime magnetizzazioni, le quali, giusta quanto risulta dal confronto delle \mathcal{A}_1 e \mathcal{A}_2 , lasciano nei tre corpi cimentati una polarità residua che arriva circa ai $\frac{2}{3}$ di quella generata dall'induzione del campo, portano variazioni di resistenza permanenti

poco pronunziate e forse anche nulle, giacchè nelle prime serie solo per il filo sottile si ha un aumento graduale delle a_1 sino ad $\frac{1}{10}$ del valore massimo di \mathcal{A} ; mentre per il filo medio e per il nastro si producono variazioni ancora più piccole ed in vario senso. Vi sono, è vero, differenze fra le a_1 e le corrispondenti a_3 , ma esse accennano ad influenze in gran parte temporarie, sicchè è da argomentare sieno dovute o agli effetti termici della corrente che attraversa il conduttore in esame, o con maggiore probabilità, trattandosi in alcuni casi di aumento in altri di diminuzione di resistenza, alle variazioni di temperatura provocate dai moti dell'aria. Per la considerazione ora esposta e per essere le differenze $a_1 - a_3$ di piccola entità rispetto alle $a_2 - a_1$ si è creduto opportuno nel valutare le \mathcal{A} di prendere come posizione di riposo a circuito magnetizzante aperto quella data dalla media di a_1 ed a_2 .

• Un particolare che non può sfuggire all'attenzione di chi esamini le \mathcal{A} delle diverse serie per ogni tabella è l'aumento che presentano le variazioni di resistenza passando dalla 1^a alla 2^a serie, aumento che risulta in rapporto al valore primitivo tanto più grande quanto più piccola è forza magnetizzante; ed il fatto si rende ancora più notevole per questo che le \mathcal{A}_1 , proporzionali alle variazioni dell'intensità magnetica, sono maggiori nelle prime serie. Sinora si è stati indotti ad ammettere che fossero le variazioni di resistenza dipendenti dalla intensità magnetica soltanto, e si è cercata una relazione fra questi due elementi senza preoccuparsi della influenza che esercita sul fenomeno lo stato magnetico iniziale del conduttore; ma le circostanze ora rilevate mostrano che si possono avere per uno stesso corpo risultati notevolmente diversi a seconda che questo sia allo stato neutro o dotato di magnetismo residuo, e che perciò una legge generale del fenomeno non si può facilmente dedurre.

• A rendere più completo l'esame della questione che ho impreso a trattare mi è parso utile studiare le variazioni di resistenza nel caso che si faccia subire alla forza magnetizzante una serie di cicli. Il sig. Garbasso avea già visto che facendo variare l'intensità del campo in un senso e poi nell'altro si trovava *isteresi* nelle variazioni di resistenza. Nelle mie esperienze essendo i limiti del campo uguali e di segno opposto si rivela più nettamente la natura del fenomeno.

• Il metodo che si teneva nelle nuove ricerche era il seguente. Ridotto il corpo in esame allo stato neutro lo si assoggettava all'azione di forze magnetiche F crescenti sino ad un massimo, ed in seguito gli si facevano compiere tre cicli senza aprire il circuito del rocchetto se non nel caso in cui si dovesse passare per il valore *zero* di F . In questa serie si misuravano per le diverse posizioni del cassetto nel recordo le deviazioni al galvanometro del ponte. Alla misura dei campi F e delle intensità magnetiche I serviva una seconda serie prodotta nelle identiche condizioni della prima. Si ebbero così

i risultati che trovansi nelle seguenti tabelle, dove con a si indicano le letture fatte sulla scala del galvanometro, con A le differenze fra ciascuna di queste lettere e quella fatta in principio a circuito magnetizzante aperto, e con δ i rapporti fra le variazioni di resistenza e le resistenze totali.

* Le F e le I sono espresse in unità assolute (C. G. S.); le δ in centomillesimi.

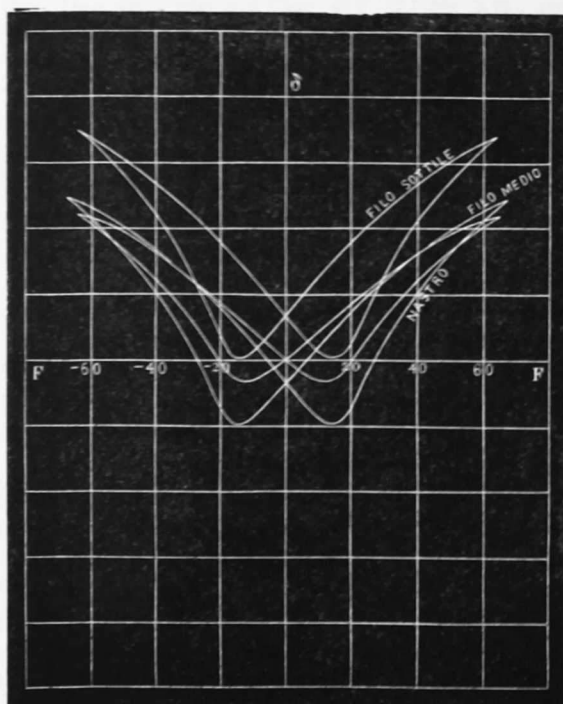
Filo sottile					Filo medio					Nastro				
F	J	a	A	δ	F	J	a	A	δ	F	J	a	A	δ
0,0	0	5,00	—	—	0,0	0	5,15	—	—	0,0	0	-6,25	—	—
10,7	65	5,05	0,08	3	10,7	62	5,15	0,00	0	11,9	30	-6,25	0,00	0
17,3	177	6,00	1,00	60	17,3	162	5,28	0,13	18	19,4	111	-5,75	0,50	54
28,6	308	9,20	4,20	254	28,7	273	6,26	1,11	157	32,6	193	-4,90	1,35	147
47,4	398	13,74	8,74	528	47,6	335	7,78	2,63	372	55,0	283	-2,70	3,55	387
63,3	441	16,30	11,30	683	64,0	343	8,78	3,63	514	67,2	272	-0,40	5,85	637
47,4	422	14,75	9,75	590	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
28,6	387	12,12	7,12	431	64,0	343	8,24	3,09	437	67,2	272	-1,70	4,55	495
17,3	361	10,30	5,30	321	47,6	327	7,75	2,60	368	55,0	262	-2,30	3,95	430
10,7	342	9,20	4,20	284	28,7	301	6,77	1,62	229	32,6	237	-3,90	2,35	256
0,0	305	7,25	2,25	136	17,3	383	6,08	0,93	132	19,4	218	-4,90	1,35	147
-10,7	224	5,25	0,25	15	10,7	270	5,80	0,65	92	11,9	204	-5,75	0,50	54
-17,3	-14	5,22	0,22	13	0,9	244	5,15	0,00	0	0,0	174	-6,90	-0,65	-70
-28,6	-280	9,05	4,05	245	-10,7	149	4,70	-0,45	-64	-11,9	107	-8,00	1,75	-191
-47,4	-392	13,75	8,75	529	-17,3	-55	4,80	-0,35	-49	-19,4	-69	-7,77	-1,52	-165
-63,3	-441	16,40	11,40	688	-28,7	-221	5,92	0,77	110	-32,6	-199	-5,25	1,00	109
-47,4	-422	14,70	9,70	587	-47,6	-309	7,30	2,15	305	-55,0	-264	-2,75	3,50	381
-28,6	-387	12,10	7,10	429	-64,0	-343	8,25	3,10	438	-67,2	-272	-1,75	4,50	490
-17,3	-361	10,25	5,25	318	-47,6	-327	7,78	2,63	372	-55,0	-262	-2,30	3,95	430
-10,7	-342	9,20	4,20	254	-28,7	-301	6,82	1,67	236	-32,6	-237	-3,90	2,35	256
0,0	-305	7,22	2,22	134	-17,3	-383	6,17	1,02	144	-19,4	-218	-4,95	1,30	142
10,7	-224	5,22	0,22	13	-10,7	-270	5,82	0,67	94	-11,9	-204	-5,78	0,47	51
17,3	14	5,20	0,20	12	0,0	-244	5,15	0,00	0	0,0	-174	-6,85	-0,60	-65
28,6	280	9,00	4,00	242	10,7	-149	4,70	-0,45	-64	11,9	-107	-8,05	-1,80	-196
47,4	392	13,65	8,65	523	17,3	55	4,82	-0,33	-47	19,4	69	-7,77	-1,52	-165
63,3	441	16,28	11,28	682	28,7	221	6,00	0,85	120	32,6	199	-5,30	0,95	104
—	—	—	—	—	47,6	309	7,38	2,23	315	55,0	264	-2,75	3,50	381
—	—	—	—	—	64,0	343	8,35	3,10	438	67,2	272	-1,72	4,53	493

* Le linee punteggiate che si trovano nelle tabelle del filo medio e del nastro accennano alla soppressione dei risultati relativi al primo ciclo, nei

quali apparivano valori di δ maggiori di quelli avuti nei cicli successivi per le F corrispondenti ad uguali fasi del ciclo. La cagione del fatto parmi sia da attribuire alle variazioni di temperatura che doveano aversi in questo caso per la frequente chiusura del circuito nel ponte, poichè ho visto con esperienze apposite prodursi in condizioni analoghe un lento spostamento nel galvanometro del ponte a circuito magnetizzante aperto fino a che non fosse raggiunto il regime permanente. Ad un tale regime si perveniva di certo nelle attuali esperienze, come attesta la regolarità dei risultati ottenuti col filo medio e col nastro a cominciare dal secondo ciclo, regolarità che permette lo studio del fenomeno basandosi sulle variazioni di δ .

• Ad eliminare del tutto l'influenza dell'azione disturbatrice avanti rilevata dovrebbero essere probabilmente i valori di δ relativi alla seconda e terza tabella dopo la linea punteggiata accresciuti in ciascun caso della differenza fra le δ che corrispondono al principio del 1° e del 2° ciclo. Con questa correzione, concordemente a quanto si ha per il filo sottile, non solo vengono a sparire quasi completamente i valori negativi di δ , ma risultano altresì vicinissime a zero le variazioni di resistenza quando T si annulla.

• Prescindendo però da ogni termine di correzione, la legge del fenomeno può dedursi dalle curve della figura qui contro segnata, le quali sono tracciate



prendendo su due assi ortogonali lunghezze proporzionali rispettivamente alle F ed alle δ . Apparece dai diagrammi riportati che nel fenomeno delle variazioni di resistenza si presenta isteresi, avendosi per le due metà di ciascun ciclo linee distinte. È poi da notare che, mentre i valori di I per punti del ciclo che differiscono di mezzo periodo sono uguali e di segno opposto, quelli corrispondenti di δ sono uguali e dello stesso segno,

donde la simmetria delle curve tracciate rispetto all'asse delle variazioni di resistenza (1).

* Che vi sia una stretta dipendenza fra le δ e le I nel fenomeno ora studiato si argomenta da ciò che per i medesimi valori di F si produce l'annullamento di I ed il minimo di δ , e che per i valori limiti di F si trovano uguali i valori assoluti di I ed uguali le corrispondenti δ . Però le variazioni di resistenza dipendono in generale oltre che dalla intensità magnetica dal senso secondo cui varia la forza, poichè il diagramma delle δ rispetto alle I presenta sempre due curve distinte, quantunque assai vicine fra loro, per le due metà del ciclo.

* Ciò non ostante la formula suggerita dal Goldhammer

$$\delta = AI^2 \quad (1)$$

si presta ad individuare grossolanamente la legge del fenomeno; ed a prova di ciò riporto nella seguente tabella; valori di A ricavati in base ai risultati avanti esposti, osservando che ad evitare le incertezze relative ai valori assoluti di δ ho dedotto la costante A dalla relazione

$$\delta' - \delta = A(I'^2 - I^2),$$

dove δ' ed I' indicano i valori della variazione di resistenza e della intensità relativi al principio del ciclo. I calcoli sono limitati alla prima metà del ciclo; sarebbe stato superfluo estenderli alla rimanente parte, tenuto conto che le I^2 e le δ assumono gli stessi valori per forze magnetiche corrispondenti alla medesima frazione del mezzo periodo.

Filo sottile		Filo medio		Nastro	
F	A	F	A	F	A
63,3	—	64,0	—	67,2	—
47,4	0,000.000.058	47,6	0,000.000.062	55,0	0,000.000.118
28,6	57	28,7	76	32,6	77
17,3	57	17,3	79	19,4	132
10,7	55	10,7	77	11,9	136
0,0	54	0,0	75	0,0	128
-10,7	47	-10,7	52	-11,9	109
-17,3	35	-17,3	42	-19,4	95
-28,6	38	-28,7	47	-32,6	111
-47,4	39	-47,6	57	-55,0	261
-63,3	—	-64,0	—	-67,2	—

(1) È notevole la grande simmetria di ciascuno dei diagrammi segnati con quello ottenuto dal Nagaoka, (Phil. Mag. 1889), per l'intensità magnetica di un filo di nichel sottoposto ad un ciclo di torsioni sotto l'azione di un peso tensore e di un campo costante; se non che mentre il senso secondo cui risultano tracciate le mie curve è quello caratteristico dei fenomeni d'isteresi, nell'altro caso si ha comportamento opposto.

• I risultati relativi al nastro di discostano molto da quelli ottenuti per i due fili. La ragione del disaccordo potrebbe ritrovarsi sul fatto che il nastro, quantunque ottenuto da un filo di nichel grosso ritirato dalla stessa casa che fornì gli altri due, per il processo di lavorazione al laminatoio cui fu sottoposto può aver subito modificazioni di struttura, per le quali si comporterebbe nel fenomeno che si studia come formato di sostanza differente.

• Faccio notare altresì che la (1) applicata ai risultati che si ebbero per le seconde e terze serie nelle prime ricerche, quando cioè i pezzi di nichel aveano a circuito magnetizzante aperto magnetismo residuo quasi costante, fornisce valori di A accennanti in certo modo ad un accordo con quelli della precedente tabella, non ostante che ci trovassimo allora in condizioni sperimentali differenti che operando coi cicli. Nell'annesso quadro sono segnate le A e le F che vi corrispondono.

Filo sottile		Filo medio		Nastro	
F	A	F	A	F	A
10,7	0,000.000.046	11,5	0,000.000.087	11,9	0,000.000.125
17,2	53	18,7	84	19,4	130
28,4	60	31,4	84	32,4	131
47,0	60	52,6	81	54,8	131
62,6	59	69,7	84	67,0	132

• Ho provato infine a calcolare colla (1) le esperienze del nichel preso allo stato neutro servendomi dei valori dati nelle tabelle dell'isteresi per le prime serie di forze crescenti, ma son venuto, come potea prevedersi, a valori di A tanto discordanti per un medesimo corpo da mostrare che la relazione del Goldhammer non sia valida in quest'ultimo caso.

• Sembra dunque che con certa approssimazione la legge di proporzionalità fra le variazioni di resistenza ed i quadrati delle intensità magnetiche possa sussistere, ma solo allorchè il corpo in esame sia inizialmente dotato di magnetismo residuo. Quando si parta dallo stato neutro la legge che regola l'andamento del fenomeno è diversa, forse perchè è allora più complicato il processo di orientazione delle molecole, dal quale probabilmente dipende la variazione di resistenza sul campo magnetico.