

4004

Fisica

SOPRA LA DISTRIBUZIONE DEL MAGNETISMO INDOTTO

Memoria di M. ASCOLI.

1. Mi propongo di raccogliere e riordinare alcune considerazioni ed esperienze, i cui risultati sono contenuti in una serie di note pubblicate durante lo scorso anno ¹⁾, aggiungendo qualche nuova esperienza (v. § 18 e seg.) e qualche nuova considerazione.

La prima di dette note fu inserita nel vol. 35° di questo periodico. Essa tratta del magnetismo dei cilindri pieni e cavi, a proposito di alcune nuove esperienze del sig. O. Grotrian ²⁾. Il sig. Du Bois ³⁾ fece considerazioni analoghe alle mie ed il sig. Ernst Schulz ⁴⁾ studiò la questione nei suoi rapporti colla teoria delle dinamo. Alle mie osservazioni come a quelle del sig. Du Bois il sig. O. Grotrian rispose di recente con una nota ⁵⁾, cui io ho brevemente replicato ⁶⁾. Questa polemica, che ormai io credo chiusa, mi ha offerto l'occasione di intraprendere uno studio sperimentale che mi pare contribuisca ad aumentare e precisare la conoscenza dello stato magnetico dei corpi. Tale studio forma oggetto della seconda parte della pre-

1) *Rend. della R. Acc. dei Lincei*, vol. III, I sem. pag. 176, 279, 314, 377; II sem. p. 157, 190.

2) *Wied. Ann.* 1893, vol. 50, p. 705.

3) *Wied. Ann.* 1894, vol. 51, p. 529.

4) *Elektrotechnische Zeitschrift*. 1894, p. 79.

5) *Wied. Ann.* 1894, vol. 52, p. 755.

6) *Wied. Ann.* 1894, vol. 53.

sente memoria. Nella prima parte è riassunta la detta discussione della quale mi sembrano poste in piena luce le cause dei fatti che le diedero origine.

PARTE PRIMA.

Magnetismo dei cilindri cavi e pieni.

2. Il fatto osservato dal Grotrian e dal Feilzsch era già stato notato dal Faraday ¹⁾ e risulta pure evidente da alcune delle mie esperienze. È il seguente: Si prenda un cilindro cavo di ferro, se ne misuri il momento o il flusso magnetico, si riempia di ferro la cavità e si ripeta la misura sul cilindro pieno così ottenuto; le due misure risulteranno uguali o poco diverse tra di loro, come se il ferro aggiunto non portasse sensibile contributo alla magnetizzazione del cilindro pieno, ossia come se la magnetizzazione di questo fosse localizzata in un sottile strato superficiale. Questa spiegazione del fatto certamente si presenta quasi spontanea, e riesce pur naturale cercarne la ragione in una speciale azione (Schirmwirkung) degli strati superficiali che impedisca la penetrazione del magnetismo nell'interno.

Il sig. Grotrian, nella sua ultima nota, ha creduto di dare una dimostrazione diretta di una simile azione ripetendo le esperienze di Faraday, cioè provando che nessuna azione magnetica è esercitata da un cilindro cavo sopra della polvere di ferro introdotta nella cavità, ma ciò prova solo la ben nota azione protettrice di uno strato di ferro sull'aria interna non sopra il nucleo magnetico di un cilindro compatto. Nel linguaggio dei circuiti magnetici si direbbe che le linee magnetiche passano quasi tutte pel ferro che ha resistenza migliaia di volte minore dell'aria. Quando invece il cilindro è pieno non vi è alcuna ragione di preferenza per una parte piuttosto che per l'altra. Anche la mancanza di attrazione sulla superficie interna di un tubo non prova altro che la piccolezza del magnetismo libero interno, cioè l'approssimato parallelismo della magnetizzazione coll'asse del cilindro. Le prove dirette di questa azione speciale mancano dunque completamente.

1) V. Kalischer. *Elektrotech. Zeitschrift*. 1894. p. 548.

3. Nella prima delle mie note ho mostrato come la distribuzione superficiale non sia reale ma apparente e si spieghi colla reazione del magnetismo libero indotto sul campo induttore. La reazione cresce al crescer della sezione metallica del corpo e può ridur di tanto la forza magnetizzante risultante da compensare, o quasi, l'aumento che sarebbe dovuto all'aumentata massa metallica. Il flusso totale rimane quasi inalterato malgrado l'aggiunta del nucleo interno, ma ciò non ostante *potrebbe* restare uniformemente distribuito in tutta la sezione. A conferma di ciò ho mostrato, mediante dati sperimentali, come il confronto di cilindri pieni di diverso diametro e di ugual lunghezza porti ad un'apparenza opposta, cioè ad una apparente predominanza del magnetismo centrale sul superficiale.

Ellissoidi. La medesima apparente predominanza si riscontra nell'ellissoide di rotazione intorno ad un asse parallelo al campo, corpo che, come è noto, si magnetizza uniformemente. La forza magnetizzante, uguale in tutti i punti, è data dal prodotto dell'intensità magnetica I per un fattore N , legato all'eccentricità e dalla relazione

$$N = \left(\frac{1}{e^2} - 1 \right) \left(\frac{1}{2e} \log \frac{1+e}{1-e} - 1 \right)$$

$$e = \sqrt{1 - \left(\frac{d}{l} \right)^2}$$

dove l è l'asse maggiore d il minore. Se H' è l'intensità del campo primitivo, quello del risultante è

$$(1) \quad H = H' - NI$$

Si abbia una serie di ellissoidi tutti della medesima sostanza e col medesimo asse maggiore, ma con diverso asse minore. Si immerga ciascuno di essi successivamente nel medesimo campo di intensità $H' = 100$ c. g. s. L' I indotta sarà diversa in ciascuno perchè diverso è N , cioè H . Sia $I = f(H)$ l'equazione della curva magnetica del metallo di cui sono fatti gli ellissoidi. Questa equazione, insieme alla (1) dà per ogni corpo, cioè per ogni valore di N , quelli di I e di H . La riso-

luzione delle due equazioni è molto facile graficamente, i valori cercati essendo le coordinate del punto di incontro della curva $I = f(H)$, colla retta $NI = H' - H$. Per $H' = 100$, ad ogni valore di N , si ha una coppia di valori I ed H . Il momento magnetico del corpo è il prodotto di I pel volume cioè

$$M = \frac{1}{6} \pi d^2 l I$$

I calcoli, basati sopra una curva contenuta nel libro dell'Ewing *Magnetic Induction* etc. a pag. 53, sono riassunti nella Tabella I.

TABELLA I.

$\frac{l}{d}$	N	H		S	Mm
500	0,0000	100	1290	0,0003	2,70
200	0,0016	98,9	1290	0,0019	16,89
100	0,0051	95,5	1290	0,0078	67,51
50	0,0181	76,58	1285	0,0314	269,1
20	0,0842	6,88	1102	0,1961	1442
10	0,2611	2,98	371	0,7854	1913
6	0,5432	2,56	179	2,1871	2603
4	0,9467	2,20	100	4,9088	3272
3	1,3670	2,02	70	8,8378	4072

Fino a lunghezze non inferiori a 20 assi minori circa, il momento magnetico (Mm) cresce proporzionalmente alla sezione S ; ma, al di sotto di quel limite, l'aumento diventa lentissimo. Lo si mette in evidenza tracciando la linea che ha le sezioni S per ascisse e i momenti Mm per ordinate.

L'esempio dell'ellissoide dimostra possibile un'apparenza di non uniformità, malgrado l'ipotesi di uniformità perfetta dalla quale si parte. Sarebbe del resto molto strano che l'azione speciale degli strati superficiali fosse nulla nell'ellissoide ed avesse così forte effetto nel cilindro.

4. *Cilindri pieni.* Ciò non significa che in un cilindro la distribuzione sia uniforme, ma solo che potrebbe esserlo malgrado l'apparenza e che tanto questa, come la reale distribuzione è interamente dovuta alla reazione del magnetismo indotto, la quale è uniforme solo nell'ellissoide.

Ma in realtà è certo che la distribuzione si allontana dall'uniformità di gran lunga meno di quanto apparirebbe dal fatto in questione. Nella seconda parte sarà data di ciò la completa dimostrazione. Ma una prova se ne ha anche nella perfetta analogia tra l'andamento della forza magnetizzante vera o risultante H in ellissoidi di diversa eccentricità e in cilindri di diversa lunghezza relativa. Per i primi i valori di H sono contenuti nella Tabella I; con questi per ordinate e quelli di $l : d$ per ascisse è costruita la curva della figura 1, Tav. I. ($H' = 100$). Questa curva mostra anche quale errore si commetterebbe se si confondesse la forza risultante colla primitiva; p. e., quando $l = 3d$, questa è ridotta nella proporzione di 100 a 2.

Pei cilindri, la f. m. vera non si calcola a priori; ma si determina sperimentalmente: Si tracci la curva magnetica (col metodo balistico di inversione) per un cilindro lunghissimo (4 o 500 diam.): la f. m. vera (ascissa) si confonde, in tal caso, colla primitiva. In un altro caso qualunque, per una f. m. primitiva H' , si sia trovato un certo valore I dell'intensità, l'ascissa che, nella detta curva, corrisponde a un'ordinata uguale ad I , è la f. m. vera H ; la differenza tra questa e la primitiva è la reazione.

Nelle esperienze riportate nella nota citata (vol. 35° p. 181) per la maggiore lunghezza raggiunta (103 diam.) la reazione non è nulla, ma, pel caso nostro, trascurabile; nell'ellissoide è del 4%, nei cilindri circa 3%¹⁾). La Tabella II contiene le f. m. primitive nella prima colonna ($\lambda = 103$); le colonne successive danno le f. m. vere al centro, per diversi valori di λ .

TABELLA II.

$\lambda = 103$	51,5	39,0	23,7	17,0	13,2	10,8	3
0,750	0,73	0,61	0,17	0,095	0,070	0,055	0,015
0,530	0,51	0,31	0,12	0,075	0,060	0,048	0,012
0,305	0,29	0,12	0,065	0,040	0,030	0,025	0,08
0,170	0,12	0,07	0,035	0,020	0,015	0,012	0,04
0,160	0,065	0,035	0,015	0,010	—	—	—

1) V. Du Bois, *Magnétique Kreise* pag. 45.

Le linee della fig. 2 hanno per ascisse λ e per ordinate H . La perfetta analogia non lascia dubbio che anche la distribuzione del magnetismo sia analoga nelle due famiglie di corpi.

5. *Cilindri cavi*. Nella nota sopra citata (v. § 3) ho mostrato come una serie di cilindri cavi si comporti in modo analogo ad una serie di cilindri pieni di ugual sezione. È prevedibile però che ci siano delle differenze, perché la f . smagn. dipende non solo dalla sezione, ma anche dalla forma. Ma, se le differenze si spiegano colla reazione, la loro importanza scemerà al diminuir di questa, ciò che si ottiene aumentando la lunghezza del corpo. Allo scopo di verificar ciò, ho eseguito una serie di esperienze nella quale ho confrontato cilindri pieni di ugual sezione e diversa lunghezza con altrettanti cilindri cavi della stessa lunghezza e della stessa sezione.

Ho composto i cilindri pieni e vuoti con fili sottili di ferro (diam. cm. 0,007) legati tra loro. Le differenze magnetiche ¹⁾ tra corpi così costituiti e corpi compatti sono trascurabili per simili ricerche. Per formare i tubi, sopra un cilindro di legno di diametro uguale all'interno del tubo da formare, infilavo due o più anelli di caoutchouc e sotto questi facevo passare i fili uno per volta fino a coprire tutta la superficie, sopra il primo strato ne collocavo un 2° un 3° un 4° a seconda dei casi. Ne risultava un bel tubo che avrebbe potuto essere sfilato dal cilindro di legno senza sfasciarsi. Si poteva così con tutta facilità scomporre e ricomporre collo stesso materiale cilindri vuoti e pieni; p. es. riunendo i fili formanti un tubo si ha un cilindro pieno dello stesso materiale e della stessa sezione. Questa inoltre si può, senza bisogno di misure, ritenere proporzionale al numero di fili.

Le misure sono fatte col metodo balistico, colle disposizioni indicate al § 2 della nota citata. La spirale magnetizzante, di 44 spire per cm. era lunga cm. 30,5. La spirale indotta di 32 spire, era per lo più avvolta direttamente al centro di ogni cilindro, talvolta sopra un tubo di vetro nel quale il cilindro era introdotto. La deviazione balistica si otteneva sempre mediante l'inversione della corrente primaria di 30 Daniell in

1) V. *L'Electricista*, 1893, pag. 261.

serie. Il risultato è la media delle due letture fatte colle due inversioni opposte e sempre concordanti, purchè, prima della lettura, si facciano numerose inversioni a vuoto. La resistenza delle spirali indotte era piccolissima (0,4) di fronte alla totale del circuito secondario (117), onde bastava che la lunghezza del filo ond'erano composte fosse sempre la stessa, per potere ritenere costante la resistenza totale. Per ridurre le deviazioni nei giusti limiti era spesso necessario introdurre resistenze nel secondario: i numeri dati in seguito sono ridotti alla resistenza minima.

Correzioni. La deviazione balistica misura il flusso totale passante attraverso l'elica indotta cioè $BS+H(S-S')$, essendo B il valor medio dell'*induzione*, H quello del campo, S la sezione dell'elica secondaria S' quella del nucleo; la stessa quantità può ricevere l'espressione $4\pi IS+HS$. Dalla quantità misurata si deve dunque sottrarre $H(S-S')$ se si vogliono numeri proporzionali a B , HS se proporzionali ad I . Ma in ogni caso H deve essere la f. m. risultante media non la primitiva cioè quella che si avrebbe senza nucleo. Quindi, se dai numeri ottenuti si sottraessero quelli dati dall'elica indotta senza nucleo, come fecero diversi autori, si commetterebbe un errore, che, per cilindri corti, potrebbe essere gravissimo.

Nel caso dei cilindri pieni la f. m. vera si può dedurre dalla Tabella II. In quello dei tubi, che danno, come vedremo, una reazione minore, la si determina sperimentalmente. Cito il seguente esempio. Prima di costruire il tubo nel modo sopradetto, sul cilindro di legno ho avvolto un'elica secondaria uguale, per numero di spire, a quella che serviva nelle misure. Sopra di questa ho formato il tubo. La deviazione balistica, per l'inversione della corrente di amp. 1,10 fu, col tubo di 4 strati, di parti 1,4 con quello di uno strato, di parti 4,5. La medesima elica nel campo senza nucleo dava 22,1 e 39,4. Si vede come, da questi valori considerevolissimi, la correzione sia diventata quasi insensibile e tale da non aver effetto alcuno sui risultati. Poi cilindri pieni essa è ancor più piccola. Tuttavia nei dati che seguono ne è tenuto conto.

Ho esaminato 4 tubi di un solo strato e composto di 67 fili lunghi 6,5, 10, 20, 30 cm. Dopo eseguita la misura su ciascun

tubo, riunivo i 67 fili in un fascio cilindrico che sottoponevo a misura con un'elica indotta uguale. Il diam. dei cilindri risultava di cm. 0,80, la loro lunghezza relativa di 8.1, 12.5, 25.0, 37.5 diam. Su ciascun corpo ho sperimentato con 5 correnti diverse, ottenute variando la resistenza del circuito primario.

I risultati sono raccolti nella Tabella III.

TABELLA III.

i	$l = 6,5$					$l = 10$				
	T	C	T'	C'	$\frac{T'}{C'}$	T	C	T'	C'	$\frac{T'}{C'}$
0,010	37,1	23,2	36,0	22,5	1,60	56,7	37,5	55,5	36,7	1,51
0,025	100,9	60,1	99,3	59,2	1,68	165,1	101,8	163,3	100,7	1,62
0,050	217,3	124,4	215,0	213,7	1,75	368,8	219,0	366,3	364,8	1,68
0,080	357,7	202,9	354,2	352,2	1,76	601,4	361,3	597,8	595,6	1,66
0,110	496,9	281,4	492,4	489,9	1,77	831,0	506,0	829,5	826,7	1,65
i	$l = 20$					$l = 30$				
	T	C	T'	C'	$\frac{T'}{C'}$	T	C	T'	C'	$\frac{T'}{C'}$
0,010	109,1	75,8	101,0	70,4	1,47	222,6	165,8	204,4	151,8	1,34
0,025	372,0	—	360,0	—	—	752,3	542,5	729,3	522,5	1,39
0,050	842,3	576,8	837,2	832,1	1,46	1326,0	1133,0	1292,4	1105,0	1,17
0,080	1330,0	—	1312,0	—	—	1440,0	1410,0	1402,5	1376,0	1,02
0,110	1480,0	1273,5	1458,4	1255,5	1,16	1496,0	1484,0	1456,0	1416,0	1,02

• Coefficienti di riduzione in misura assoluta: per le f. m. 58,3 per il flusso 3,86.

i sono le correnti in unità assol. c. g. s., T e C i numeri, osservati nei tubi e nei cilindri. T' e C' gli stessi corretti come ora s'è detto. Per tutte le intensità i rapporti T' : C' tendono manifestamente e rapidamente verso l'unità, come era previsto. Se, specie per le minori i , anche per $l : d = 37,5$, il rapporto differisce ancora notevolmente da uno, ciò è dovuto alla grande reazione che ancora sussiste nei cilindri; infatti per $\lambda = 37,5$ le linee della fig. 2 dicono che, colle i minori, la f. magn. è ridotta nel rapporto di 1 a 0,3, colle maggiori di 1 a 0,8 circa.

Inoltre lo spessore della parete del tubo (1 mm.) era molto piccolo rispetto al diametro del cilindro (8 mm.). È naturale che per maggiori spessori il rapporto $T' : C'$ sarebbe risultato più vicino all'unità, come si vede nella Tabella IV.

Questa contiene i risultati di una serie di esperienze sopra 4 tubi di 1, 2, 3, 4 strati e sopra un cilindro pieno, tutti uguali in lunghezza (10 cm.) e in diametro esterno (cm. 2,24). Queste esperienze che ripetono, sotto altra forma, quelle del Grotrian, confermano la mia interpretazione. I dati della Tabella IV sono le medie di più misure. L'esattezza di queste è mostrata dai numeri seguenti ottenuti in due esperienze sopra un tubo di 4 strati (230 fili).

$i =$	0,110	0,080	0,050	0,025	0,010
	871,0	626,0	385,0	185,7	71,2
	879,0	629,0	386,0	185,7	71,2

La concordanza è perfetta, quando si consideri che tra un'esperienza e l'altra il tubo fu sfasciato e rifatto.

TABELLA IV.

<i>Cilindri cari.</i>						
s	f	0,010	0,025	0,050	0,080	0,110
1	66	55,7	163,1	361,5	591	824
2	127	64,1	176,7	377,8	618	860
3	185	68,2	181,3	383,1	626	870
4	230	70,8	185,1	384,8	627	874
pieno	377	73,6	187,3	382,5	619	855
<i>Cilindri pieni.</i>						
	66	37,0	102,3	219,2	358,5	497,9
	127	47,4	125,5	262,2	428,7	592,5
	185	52,9	141,1	293,2	478,5	664,9
	230	59,9	155,9	320,3	519,6	724,3
	377	73,6	187,3	382,5	619,5	855,0

Coefficiente di riduzione in misura assoluta: per le f . m
58,3 per il flusso 3,86.

La prima parte della tabella mostra in modo evidente il fenomeno di Grotrian; la sezione varia quasi nel rapporto di 1 a 6, mentre il flusso varia al più da 1 a 1,3 e, nella maggior parte dei casi, quasi insensibilmente. L'aggiunta di strati interni non ha dunque effetto sul flusso. Ma la seconda parte mostra il fenomeno inverso, sebbene meno spiccatamente: poichè, variando la sezione nel medesimo rapporto, il flusso non giunge a variare da 1 a 2; si direbbe dunque che gli strati esterni hanno poco effetto sul flusso. I rapporti tra i numeri della 1^a parte e i corrispondenti della 2^a tendono evidentemente alla unità al crescere dello spessore della parete.

Ma, data la nostra interpretazione, l'apparenza di distribuzione superficiale, o di altra non uniforme, deve scomparire, insieme a quella tra tubo e cilindro, al crescer della lunghezza. Per verificarlo, feci alcune misure sopra un cilindro vuoto e uno pieno lunghi cm. 30,2, di ugual diam. esterno (cm. 1,21), composto il 1^o di 42 fili, il 2^o di 153. Tale cilindro era lungo circa 25 diam., mentre i precedenti non lo erano che 5.

Nella Tabella V, T e C sono le misure sul tubo e sul cilindro. Qui si vede che l'aggiunta del nucleo interno produce un grandissimo aumento del flusso, sebbene non ancora proporzionale alla sezione, l'apparente distribuzione superficiale è dunque molto diminuita. Non si vedrebbe ragione perchè nei cilindri lunghi la speciale azione degli strati superficiali non si faccia sentire come nei corti.

TABELLA V.

$i =$	0,010	0,025	0,050	0,080	0,110
T	38,6	109,5	183,2	200,8	208,8
C	52,2	150,6	304,7	482,6	629,4
$\frac{C}{T}$	1,35	1,38	1,60	2,40	3,01

$$153 : 42 = 3,64$$

A un'altra osservazione si prestano le Tabelle IV e V. Le f. m. mie sono molto minori di quelle del sig. Grotrian. Nei limiti delle mie, l'apparente distribuzione superficiale nei cilindri corti (Tab. V) è più sensibile per le maggiori che per le minori f. m. Il contrario accadeva al sig. Grotrian.

Le mie f. m. primitive variavano da 5 a 60 c. g. s. circa, le vere (dedotte dalle curve della fig. 2 per $\lambda = 5$) da 0,3 a 3 c. g. s. Le primitive del Grotrian eran comprese tra 100 e 500 circa, le vere tra 2 e 10 circa ($\lambda = 3$). Ciò posto è facile vedere che il disaccordo non è che apparente. Infatti la curva magnetica è composta di 3 parti. Nella 1^a, la magnetizzazione è poco sensibile alle variazioni della f. m. nella 2^a molto, nella 3^a di nuovo poco (fig. 3). Le mie f. m. vere stanno tra A e B, e quindi la reazione o f. smagnetiz. ha più effetto sulle maggiori f. m. che sulle minori. I minimi valori del Grotrian sono invece compresi tra A e B e i massimi sono nella terza parte (BC); perciò i minori sentono la reazione più dei maggiori.

Senza variare le f. m. primitive (λ) le vere aumentano all'aumentar della lunghezza: perciò se la precedente spiegazione è buona, colle stesse correnti dovremo ritrovare nei cilindri lunghi, l'andamento dato dal Grotrian. I numeri C:T della Tabella VI confermano pienamente anche questa previsione. Il rapporto C:T si scosta da quello delle sezioni (3,64) tanto meno quanto maggiore è la forza magnetizzante. Pel cilindro cui si riferisce la Tab. V, il valore della f. m. vera massima è circa 15 c. g. s., che è appunto compreso nel 3^o tratto della linea. La differenza tra i valori di C:T e il numero 3,64 mostra che l'apparente distribuzione superficiale ancora sussiste sebbene molto diminuita. Vedremo però nella seconda parte che la distribuzione reale è quasi perfettamente uniforme.

6. Una così completa verifica di tutte le conseguenze che si deducono della nostra interpretazione, pone fuor di dubbio la sufficienza di questa, e fa prevedere, senza bisogno di altre esperienze, che le medesime apparenze, in misura forse diversa, si avranno per tutti i corpi magnetici ¹⁾.

1) È per questa ragione che nel titolo della Memoria ho ommesso l'indicazione del metallo su cui son fatte le esperienze.

Nello stesso tempo resta provato che l'apparente distribuzione superficiale si ha solo nei cilindri corti e va scomparendo al crescer della lunghezza. Sulla *reale* distribuzione le precedenti considerazioni non danno alcuna luce; solo si può asserire che per lunghezze sufficienti essa è uniforme. Il problema, trattato nella seconda parte.

Nel linguaggio sintetico dei circuiti magnetici, la poca differenza tra cilindri cavi e pieni fu spiegata qualitativamente da S. Thompson osservando che la resistenza magnetica dell'aria è molto approssimativamente la medesima per le due forme. Si può completare tale interpretazione tenendo conto del fatto che il fenomeno si verifica solo nei cilindri corti. La resistenza magnetica totale del circuito magnetico di un cilindro cresce al diminuire della lunghezza di questo; infatti, a parità di forza magnetomotrice il flusso diminuisce. Per lunghezze molto piccole la resistenza del cilindro è una piccolissima parte della totale e quindi non è sensibile la variazione prodotta da una cavità praticata nel cilindro. Lo stesso avverrebbe se nel circuito di una corrente elettrica di grande resistenza si sostituisse ad un cilindro un tubo di rame.

7. *Considerazioni sulle dinamo.* L'effetto stesso dell'aumento di lunghezza si ottiene con ogni altro mezzo che serva a diminuir la reazione, come accostando tra loro le estremità del corpo in modo da formarne un circuito chiuso o quasi chiuso nel ferro. È questo appunto il caso delle dinamo. Era dunque facile a prevedersi il risultato ottenuto dallo Schulz nel lavoro citato in principio, cioè la proporzionalità approssimata tra il flusso e la sezione del metallo.

La spiegazione di tale risultato non si deve dunque cercare in uno speciale comportamento dei nuclei molto corti, come suppone lo Schulz e come il Grotrian crede di confermare nella sua ultima nota. I nuclei delle dinamo, sebbene corti, equivalgono, quanto alla reazione, a cilindri molto più lunghi. Ho studiato il fatto quantitativamente sopra un piccolo modello di dinamo, tipo Edison.

I nuclei, alti 4, e del diam. di 2 cm., portano 245 spire ciascuno sopra 6 strati. Sul centro di uno di essi è avvolta una spirale di 18 spire comunicante col galvanometro balistico. I

pezzi polari comprendono una cavità cilindrica del diametro di 2 cm. L'armatura è rappresentata da un cilindro di ferro lungo 2 cm. e di diam. minore di 2 cm. Ho sperimentato sopra 3 armature A.B.C, la 1ª lascia un intraferro di 3 mm., la 2ª di 2, la 3ª di 1. Ho eseguito le misure costituendo il circuito magnetico nei diversi modi seguenti:

- I. Un solo elettromagnete
- II. Due elettrom. senza pezzo di congiunzione
- III. » » con pezzo di congiunz. di ferro
- IV. » » coi pezzi polari
- V. » » » » e coll'armatura A
- VI. » » » » » B
- VII. » » » » » C.

Su ciascuno sistema ho provato 5 correnti (*i*) diverse. La seguente Tabella dà il flusso totale espresso in mm. della scala.

TABELLA VI.

<i>i</i> amp.	I	II	III	IV	V	VI	VII
0,100	2,6	3,1	6,8	19,6	23,7	27,9	35,6
0,500	13,6	15,7	35,4	112,9	138,8	164,0	214,1
1,000	27,0	31,4	70,3	226,0	278,5	328,5	423,4
1,425	38,5	44,8	100,1	327,6	394,3	465,2	589,5
2,802	62,1	71,4	159,6	518,9	622,6	699,9	786,0

Il confronto dei 7 circuiti con altrettanti cilindri, di diverse lunghezze relative, si fa mediante le curve aventi le lunghezze relative (λ) per ascisse e il flusso totale al centro per ordinate, supposta costante la f. m. primitiva. Per ogni f. m. occorre una curva.

Alcune di tali curve sono riportate in un mio articolo pubblicato nell' « Eletttricista » (vol II, pag. 133); la loro forma è molto analoga a quella della curva magnetica normale (ascisse H ordinate I).

Per esempio: nella linea per $\lambda = 0,100$, all'ascissa 2 (cilindro lungo 2 diam. come quello dell'esperienza prima) corrisponda l'ordinata M. Nell'esperienza IV, p. e., il flusso, per la stessa λ , sta a quello della I^a come 8,3 a 1; l'ascissa che, nella detta linea, corrisponde all'ordinata 8,3. M dà la lunghezza cercata di un cilindro nel quale la stessa f. m. dà un flusso uguale a quello del circuito IV. Le lunghezze così calcolate, per 3 f. m. diverse ($u\lambda$), sono raccolte nella Tabella VII.

TABELLA VII.

$u\lambda$	I	II	III	IV	V	VI	VII
6	2	3	5,4	16	18	19	21
18	2	?	6	14	17	19	22
15	2	4	5,4	11	13	15	17
medie	2	3,5	5,6	14	16	18	21

I numeri qui dati non possono esser molto precisi perchè le linee non erano state determinate sul medesimo ferro della dinamo. Ad ogni modo appare chiaro che il nucleo della dinamo non va considerato come un cilindro di 2 diam., ma piuttosto come uno lungo da 18 a 20 diam. Per tali lunghezze il flusso, quando la f. m. non sia piccolissima, cresce in proporzione della sezione, come è detto alla fine del § 5 e come sarà meglio chiarito nella 2^a parte.

INFLUENZA DEI PROCESSI DI DEFORMAZIONE SULLE PROPRIETÀ ELASTICHE DEI CORPI

(Largo sunto della nota pubblicata dal dott. M. CANTONE nei *rendiconti della R. Acc. dei Lincei*, vol. III, 1.^o sem., fasc. 1.^o, 1894).

PARTE TERZA.

Scosse. — Noi già sappiamo come cambiando il senso di variazione della forza, muti la legge che segue il corpo nel

deformarsi; da ciò si può dedurre fino ad un certo punto che l'influenza delle scosse debba essere nello stesso senso dell'accomodazione. L'esperienza conferma la previsione, rivelando del pari che se si opera con forze crescenti con continuità, si ha per effetto delle scosse un aumento di cedevolezza in una lastra presa allo stato iniziale.

Il processo seguito dall'A. era questo: giunto per forze decrescenti, ad esempio, ad un valore p del peso flettente e notata l'altezza della mira, produceva coi pesi p le alternazioni $[(P - 3p). P. (p + 2)]$, $[(p + P). P. (P - p)]$, $[(P - p). P]$, e faceva la nuova lettura col catetometro. Anche invertendo l'ordine, per realizzare scosse meccaniche in senso opposto a quello ora descritto, non si alterava la natura del fenomeno: soltanto l'effetto era minore.

Colla 0_0 *ricolta*, pare che scosse ripetute a brevi intervalli di tempo non debbano produrre in seguito al primo spostamento effetti ulteriori notevoli.

Mentre ogni scossa tende a diminuire l'area d'isteresi, questa risulta invece accresciuta, per l'influenza delle oscillazioni intorno ai punti estremi del ciclo, che ne fanno aumentare l'ampiezza; ma se si impiegano scosse non alteranti l'ampiezza del ciclo, anche l'esperienza mostra una diminuzione dell'energia dissipata.

L'A. ritiene che le esperienze riportate bastano a fare ascrivere in massima parte gli effetti delle scosse alla legge di deformazione del corpo, pure ammettendo un'influenza dei moti vibratori sulle azioni elastiche susseguenti, influenza mediante la quale il Wiedemann si spiega le azioni dovute alle scosse.

Il processo delle *alternazioni decrescenti* non è che un caso particolare di scosse applicato alla saetta residua.

Elasticità susseguente. — Con diverse lastre prese allo stato iniziale, l'A. cercò valutare gli spostamenti della mira dall'applicazione del carico fino allo stabilirsi dell'equilibrio definitivo, pur sapendo che le azioni elastiche susseguenti nei corpi poco plastici non son così grandi da alterare notevolmente la natura delle leggi di deformazione. Indicando con Δ le variazioni delle saette dovute all'elasticità susseguente, l'A.

Per esempio: nella linea per $\lambda = 0,100$, all'ascissa 2 (cilindro lungo 2 diam. come quello dell'esperienza prima) corrisponda l'ordinata M. Nell'esperienza IV, p. e., il flusso, per la stessa λ , sta a quello della I^a come 8,3 a 1: l'ascissa che, nella detta linea, corrisponde all'ordinata 8,3. M dà la lunghezza cercata di un cilindro nel quale la stessa f. m. dà un flusso uguale a quello del circuito IV. Le lunghezze così calcolate, per 3 f. m. diverse (μi), sono raccolte nella Tabella VII.

TABELLA VII.

μi	I	II	III	IV	V	VI	VII
6	2	3	5,4	16	18	19	21
18	2	4	6	14	17	19	22
15	2	4	5,4	11	13	15	17
medie	2	3,5	5,6	14	16	18	21

I numeri qui dati non possono esser molto precisi perchè le linee non erano state determinate sul medesimo ferro della dinamo. Ad ogni modo appare chiaro che il nucleo della dinamo non va considerato come un cilindro di 2 diam., ma piuttosto come uno lungo da 18 a 20 diam. Per tali lunghezze il flusso, quando la f. m. non sia piccolissima, cresce in proporzione della sezione, come è detto alla fine del § 5 e come sarà meglio chiarito nella 2^a parte.

INFLUENZA DEI PROCESSI DI DEFORMAZIONE SULLE PROPRIETÀ ELASTICHE DEI CORPI

(Largo sunto della nota pubblicata dal dott. M. CANTONE nei *rendiconti della R. Acc. dei Lincei*, vol. III, 1.^o sem., fasc. 1.^o, 1894).

PARTE TERZA.

Scosse. — Noi già sappiamo come cambiando il senso di variazione della forza, muti la legge che segue il corpo nel