

Tale cosa è stata dimostrata anche dal Righi ¹⁾ il quale contemporaneamente a me faceva simile esperienza.

Istituto fisico della R. Università di Pisa,
Gennaio 1898

SULLA PENETRAZIONE DEL MAGNETISMO NEL FERRO,

di A. STEFANINI.

I. Alcune esperienze di O. Grotrian pubblicate nel 1893 ²⁾ facevano supporre che la magnetizzazione di grossi cilindri di ferro, prodotta da una spirale cilindrica percorsa da corrente elettrica, fosse più specialmente limitata alla superficie; perchè dalle misure da esso eseguite sopra cilindri pieni e sopra altri cilindri cavi, risultava che, a parità di lunghezza, il momento magnetico di questi ultimi era di ben poco inferiore a quello dei primi.

Per investigare più da vicino la distribuzione del magnetismo, ben s'intende che sarebbe stato conveniente poter determinare il flusso d'induzione che penetra a diverse profondità in un cilindro di ferro; e a tale scopo mi ero accinto ad eseguire una serie di esperienze, avvolgendo delle spiruline di filo di rame sottilissimo ($\frac{1}{10}$ mm.) su diverse porzioni via via più esterne di un fascio di fili di ferro: in modo che la prima spirale fosse avvolta su un filo solo, la seconda su 7 fili (il precedente e altri 6 disposti all'intorno), la terza su 19 e così via.

E oltre a questo metodo, che permetteva di studiare la distribuzione del magnetismo entro cilindri più o meno massicci, mi era proposto di ricercare anche la distribuzione entro un anello circolare di ferro, e ciò per ottenere direttamente la distribuzione cercata, senza dover introdurre dei termini di correzione che, nel caso dei cilindri, si rendono necessari per l'azione smagnetizzante delle estremità.

1) Rendiconti della R. Accademia dei Lincei, vol. 6, 2. sem, serie 5, fasc. 3.

2) Wied. Ann. 50, pag. 705.

Se non che, mentre le mie esperienze erano appena cominciate, il prof. M. Ascoli il 18 Febbraio 1894 presentò alla R. Accademia dei Lincei una Nota, nella quale erano esposti i risultati di esperienze eseguite su cilindri formati da fasci di fili di ferro, con metodo identico a quello che io pure aveva immaginato; e da esse si deduce che, tenendo conto della forza smagnetizzante delle estremità, la penetrazione del magnetismo in quei fasci è perfettamente uniforme. Per quanto sia del tutto inutile, posso notare che ad egual risultato portavano le esperienze che io, a quel tempo, aveva solamente cominciate, e che naturalmente abbandonai, perchè, dopo quelle dell'Ascoli, non presentavano più alcun interesse.

Il Grotrian però non si acquietò del tutto ai risultati dell'Ascoli, e in altre due Note pubblicate nel 1894 ¹⁾ e nel 1895 ²⁾ riferì di nuove esperienze eseguite in condizioni diverse, e le quali confermerebbero la distribuzione superficiale prima trovata.

Nella seconda delle due Note ora citate, il Grotrian dice che adoperando un circuito magnetico chiuso, non ha potuto decidere se vi sia una differenza essenziale nel flusso d'induzione sostituendo, in una porzione del circuito magnetico, a un cilindro pieno dei cilindri cavi di uguali dimensioni esterne. E quanto ai risultati diversi ottenuti dall'Ascoli, egli fa osservare che la divergenza può dipendere dal fatto, che i cilindri formati con fili di ferro favoriscono una distribuzione longitudinale delle linee d'induzione e contrariano quella distribuzione del magnetismo, normale all'asse del cilindro, che si trattava di determinare.

A risolvere il dubbio rimasto pei circuiti chiusi, mi parve opportuno l'uso delle spirali avvolte su porzioni diverse di una matassa di fili di ferro che formasse un anello, che io avevo già cominciato a studiare nel principio del 1894 e che, come sopra ho detto, dopo la pubblicazione dell'Ascoli aveva abbandonato. Per risolvere poi l'obiezione relativa all'impe-
dimento che i fasci fatti di fili di ferro potessero opporre alla distribuzione normale all'asse, mi parve opportuno eseguire

1) Wied. Ann. 52, pag. 735.

2) Wied. Ann. 54, pag. 452.

delle esperienze sulla penetrazione del magnetismo entro cilindri ed anelli riempiti di limatura di ferro.

2. Per formare l'anello con una matassa di fili di ferro, ho costruito da prima un rocchetto di legno colla gola di sezione quadrata, delle dimensioni di cm. 1,2, \times 1,2 e formante un anello che ha il diametro interno di 11 cm.

Con filo di ferro ben ricotto, del diametro di cm. 0,05 ho preparato un fascio di 6 fili che avvolsi provvisoriamente su un cilindro di legno. Disposto poi l'anello anzidetto sul tornio, cominciai ad avvolgere nella gola dell'anello il fascio dei 6 fili, al modo che si tiene per formare, ad es., i rocchetti dei galvanometri, e, avanti che fosse compiuta la prima spira, su questo fascio di 6 fili di ferro avvolsi una spirulina di filo di rame, di $\frac{1}{10}$ di mm., coperto di seta, e formante 100 spire. I capi di questa spirulina li condussi, attraverso fori praticati nelle sponde del rocchetto, al di fuori, e vi attaccai dei cartellini sui quali era scritto: 1° strato, 1ª spira. Continuando ad avvolgere il fascio dei 6 fili, formai su di esso, in un'altra porzione opportunamente scelta, un'altra spirulina di 100 spire, che si adagiò presso la prima, anch'essa sul primo strato del rocchetto in formazione, ma sul 2° giro. Procedendo nell'avvolgimento del fascio, e avvolgendo via via su di esso nuove spiruline di 100 spire ciascuna, completai il rocchetto, che formò un anello di fili di ferro, in diverse porzioni del quale, cioè tanto nella porzione periferica, quanto in quella centrale, sono avvolte delle spiruline, tutte identiche fra loro, e comprendenti la stessa massa di ferro (almeno per quanto permette di supporlo la sufficiente uniformità del diametro dei singoli fili formanti il fascio, come riscontrai con diverse misure al microscopio).

Ogni spirulina è formata con una stessa lunghezza di filo di rame, e presenta perciò la stessa resistenza elettrica, ed ha i suoi capi contrassegnati analogamente a quelli della prima.

Preparato in tal modo l'anello di fili di ferro, ho avvolto su di esso un solenoide neutro, con un filo di rame di $\frac{1}{10}$ di mm. distribuito il più uniformemente possibile, e formante un

circuito magnetizzante. Esso, lungo la circonferenza media dell'anello, ha 7,9 spire per centimetro.

Nelle esperienze che feci con questo anello, la corrente magnetizzante era fornita da una batteria di pile al bicromato, a vasi porosi, che forniva una corrente assai costante. L'intensità della corrente magnetizzante era misurata da un amperometro Carpentier, a cui adattai uno specchietto, per apprezzare con un cannocchiale le frazioni di ampère. Con una scala distante m. 1,10 dallo specchietto, la deviazione corrispondente a 1 ampère era di cm. 140 della scala. Una graduazione preliminare mi aveva mostrato che, entro i limiti delle deviazioni che adoperavo, le letture sulla scala, fatte col cannocchiale, sono proporzionali all'intensità della corrente. Nel circuito magnetizzante era incluso un reostato di Wheatstone col quale potevo mantener la corrente ad un'intensità costante.

La corrente indotta la misuravo con un galvanometro del tipo Du Bois e Rubens, a due coppie di rocchetti circolari, di piccola resistenza, da me appositamente costruito. La sensibilità di questo galvanometro, determinata mediante un piccolo induttore terrestre, è tale che la deviazione di 1 mm. letta su una scala distante m. 2,30 corrisponde a $0,9 \times 10^{-9}$ ampère. La durata di un'oscillazione completa del sistema astatico, formato da 2 serie di 5 piccoli aghi portati da una sottil listerella di mica, è di 12 secondi.

La determinazione del flusso d'induzione era fatta invertendo la corrente magnetizzante.

La tabella seguente riassume i risultati ottenuti in una delle molte esperienze da me eseguite, che riusciron sempre concordanti, sia che prima di cominciare una serie di esperienze l'anello fosse stato sottoposto a una forza magnetizzante, sia che venisse preventivamente smagnetizzato col metodo delle successive inversioni per correnti sempre più deboli. Cioè: sui risultati che si riferiscono alla penetrazione, almeno per intensità del campo magnetico inferiori a 8 unità C. G. S., non ha influenza la storia magnetica precedente dell'anello.

Dalla tabella che riassume i risultati sperimentali ottenuti, si vede che l'induzione che si ha nelle 15 spirali per una

corrente magnetizzante di 6,35 unità (C. G. S.) fu misurata in media da una deviazione di 339 divisioni della scala galvanometrica; la massima deviazione fu di 360 divisioni (per due spirali che sono situate una nella porzione periferica e l'altra centrale); e la minima fu di 318 divisioni (per una delle spirali più esterne).

SPIRALE INDOTTA	Corrente magnetizzante in unità C. G. S.	Corrente indotta in mm. della scala	SPIRALE INDOTTA	Corrente magnetizzante in unità C. G. S.	Corrente indotta in mm. della scala	SPIRALE INDOTTA	Corrente magnetizzante in unità C. G. S.	Corrente indotta in mm. della scala
1. ^o str. 1. ^o giro	6,35	330	4. ^o str. 1. ^o giro	6,35	360	8. ^o str. 1. ^o giro	6,43	365
1. " 2. "	6,74	335	4. " 4. "	6,35	325	9. " 2. "	6,35	345
1. " 3. "	6,74	350	6. " 1. "	6,35	318	10. " 3. "	6,35	345
2. " 1. "	6,54	345	6. " 3. "	6,14	346	11. " 1. "	6,35	321
2. " 2. "	6,43	338	7. " 3. "	6,35	353	11. " 4. "	6,35	338

L'induzione è stata quindi la stessa in ogni spirulina; perchè le lievi differenze osservate, che non hanno carattere sistematico, sono certamente imputabili a piccole differenze d'omogeneità nei fili di ferro formanti l'anello.

Si può dunque concludere che anche nei circuiti magnetici chiusi, la penetrazione del magnetismo è uniforme.

3. L'anello destinato a contenere la limatura ha la gola quadrata della sezione di $2,5 \times 2,5$ cm. e il diametro interno di 9 cm. È chiaro che per poterlo riempire di limatura, non si poteva adoprare la stessa forma di quello che servì per contenere il fascio di fili; perciò è fatto in modo che, quando è posato su un piano orizzontale, quest'anello rappresenta un canale circolare a sponde verticali concentriche.

In questo anello ho situato 4 spirali, fatte con 50 spire del solito filo di $\frac{1}{10}$ di mm., ma di sezioni diverse.

Ogni spirale è stata formata avvolgendo il filo su un cilindro di vetro del diametro voluto, e dopo l'avvolgimento il filo è stato spalmato esternamente con una soluzione assai densa di gomma. Dopo che lo strato di gomma è seccato, la

spirale, che si mantiene di forma invariabile, è stata tolta di sul tubo e poi riempita di limatura di ferro, e posta nell'anello in modo che l'asse della spirale fosse situato lungo la circonferenza media del canale circolare. Le 4 spirali furon disposte agli estremi di due diametri ortogonali dell'anello, dopo di che si finì di riempire l'anello con la limatura. Inutile dire che furon prese tutte le precauzioni necessarie ad assicurare un riempimento uniforme, tanto delle singole spirali, quanto di tutto l'anello.

La limatura era stata passata per due stacci a maglie poco diverse l'uno dall'altro, per averne i granelli più uniformi che fosse possibile; non fu però sottoposta a nessun rincuocimento.

Dopo averlo riempito di limatura, l'anello fu chiuso con una sottil corona circolare di legno, incollata sulle sponde verticali del canale, e poi fu avvolto su di esso il circuito magnetizzante, rappresentato da un solenoide neutro che, lungo la circonferenza media dell'anello, ha 6,63 spire per centimetro.

Le spiraline hanno tutte la medesima lunghezza di filo; la porzione che avanza dalle minori è avvolta in doppio al di fuori dell'anello, in modo che non si abbiano su tali porzioni di filo ad esercitare azioni perturbatrici.

È stata misurata la sezione interna di ogni spiralina, deducendola dalla circonferenza del tubo su cui fu formata, ed è stata pesata la limatura che ciascuna può contenere. Poichè le spiraline non hanno tutte la medesima altezza (le differenze sono di 0,4 mm. al più), i pesi della limatura debbon esser proporzionali ai volumi delle loro cavità. Ciò si trova infatti abbastanza bene verificato, prendendo la media dei pesi di limatura che si trovano riempiendo più volte la medesima spirale ¹⁾. Le pesate furon fatte con una bilancia a sostituzione della Casa Riemann, che dà direttamente i milligrammi.

1) Si omettono i dati relativi alla spirale più piccola, che ha una sezione circa 19 volte minore della spirale più grande; perchè per le correnti magnetizzanti adoperate non si ebbe con essa un'induzione apprezzabile con sicurezza, nè quando era nella limatura, nè quando era sul rocchetto cilindrico senza limatura, di cui sarà detto in seguito.

Si sono così ottenuti i risultati seguenti:

Rapporti per le spirali I e II:

fra le sezioni: 4,14; fra i volumi: 4,21; fra i pesi ridotti ad altezze uguali: 4,52.

Rapporti per le spirali I e III:

fra le sezioni: 7,33; fra i volumi: 7,56; fra i pesi ridotti ad altezze uguali: 7,70.

L'induzione magnetica, determinata con l'inversione della corrente magnetizzante, se la penetrazione del magnetismo è uniforme, deve in ciascuna spirulina esser proporzionale alla sua sezione. Ciò risulta infatti dalla seguente tabella, che riassume una delle molte esperienze eseguite, che riuscirono tutte fra loro concordanti.

SPIRALE		Corrente magnetizzante in unità C. G. S	Corrente indotta in mm. della scala	RAPPORTI	
Numero d'ordine	Sezione in mm ²			fra le sezioni delle spirali	fra le induzioni corrispondenti
I	153,94	11,247	103	—	—
II	37,17	11,247	25	4,14	4,10
III	20,99	11,247	13	7,33	7,9

I valori segnati nelle colonne 3 e 4 furon determinati con gli stessi apparecchi che servirono per le esperienze sull'anello di fili (pag. 173).

Per maggior controllo, disfatto l'anello ne tolsi le spiruline, e levatane la limatura, le introdussi successivamente nella porzione centrale di un rocchetto cilindrico, lungo cm. 27,5, avvolto su un tubo di vetro, la cui spirale magnetizzante forma due strati, avvolti con la massima cura, ed ha 16 spire per centimetro. Le induzioni misurate nelle tre spiruline sono state le seguenti:

S P I R A L E		Corrente magnetizzante in C. G. S.	Corrente indotta in mm della scala	Rapporti fra le induzioni
Numero	Sezione in mm ²			
I	153,94	65,71	144	—
II	37,17	65,71	34	4,22
III	20,99	65,71	18	8,0

Come si vede, i rapporti che si hanno fra le induzioni nelle spirali vuote, sono molto prossimamente uguali a quelli che furono ottenuti quando le spirali stesse erano piene di limatura nell'anello anzidetto.

Tutto ciò conferma dunque i risultati trovati con i fili di ferro, disposti sia ad anello, sia in fasci cilindrici, e si può concludere che, almeno per le forze magnetizzanti usate in queste ricerche, entro le masse di ferro la distribuzione del magnetismo è uniforme.

Pisa, Febbraio 1898.

SULLA VELOCITÀ MOLECOLARE DEI LIQUIDI, E SULLE SUE VARIAZIONI PER EFFETTO DELLA PRESSIONE.

di G. GUGLIELMO.

(R. Accad. dei Lincei, Serie V. vol. VI, fasc. 9, 2° semestre 1897)

L' A. si propone di determinare come varino le proprietà dei liquidi quando varia la velocità delle molecole mentre rimane costante la distanza e la distribuzione di esse. Tale velocità l' A. ha cercato di dedurla da fenomeni diversi, di qualcuno dei quali ha dato così una spiegazione nuova, confermata dai risultati.

Si ammette universalmente che i corpi solidi e liquidi sono costituiti di molecole dotate di grandissima velocità, e poichè queste molecole trovandosi o giungendo nello strato superficiale non l' oltrepassano (eccetto alcune che passano allo