

ATTI  
DELLA  
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCXCIII.

1896

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME V.

2° SEMESTRE



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1896

# RENDICONTI

DELLE SEDUTE

DELLA REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

**Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.**

MEMORIE E NOTE

DI SOCI O PRESENTATE DA SOCI

*pervenute all'Accademia prima del 20 settembre 1896.*

*Fisica. — Risultati delle misure fatte per la determinazione sperimentale della direzione di un campo magnetico uniforme dall'orientazione del magnetismo da esso indotto.* Nota del dott. G. FOLGHERAITER, presentata dal Socio BLASERNA.

In una Nota precedente <sup>(1)</sup> ho stabilito il metodo di misura della distribuzione del magnetismo libero in determinati oggetti, ed il modo di dedurre dalle misure l'orientazione del loro asse magnetico: espongo ora i risultati avuti.

1. Mi sono costruito una serie di cilindri cavi di diametro esterno e spessore eguali; le altezze rispettive variano tra mm. 22,7 e mm. 117, ciò che corrisponde da poco più di un terzo del diametro a circa il doppio, essendo esso eguale in media a mm. 58,8.

Tutti i cilindri furono disposti entro il forno in modo, che il loro asse durante la cottura rimanesse verticale; naturalmente le loro dimensioni furono prese dopo la cottura.

L'ago dell'intensimetro di forma anulare aveva il diametro di mm. 22, e la distanza del suo centro dal punto più avvicinato dell'oggetto, che si faceva poggiare contro la lastrina di ottone, come è stato esposto nella Nota citata, era costantemente eguale a mm. 25,5.

I risultati ottenuti sono riassunti nella tabella I, dove la 1<sup>a</sup> colonna dà il numero progressivo dei cilindri in ordine della loro altezza; la 2<sup>a</sup> colonna ne dà l'altezza relativa; la 3<sup>a</sup> l'inclinazione del loro asse magnetico

<sup>(1)</sup> Vedi questi Rendiconti, serie 5<sup>a</sup>, vol. V, 2<sup>o</sup> sem., 1896, pag. 127.

*calcolata* in base alla quantità di magnetismo libero trovato nei quattro punti della sezione normale; la 4<sup>a</sup> colonna dà l'inclinazione *ridotta*, coll'immaginare cioè riunito il magnetismo nei quattro punti della sezione normale e col togliere all'azione complessiva di ciascun cilindro, quando è avvicinato uno dei quattro punti, quella dovuta agli altri tre secondo la formola (1) della Nota già citata; la 5<sup>a</sup> colonna dà la differenza tra i valori della 4<sup>a</sup> e l'inclinazione del campo magnetico terrestre, che ha prodotto la magnetizzazione.

TABELLA I.

Oggetti	Altezza	Inclinazione dell'asse magnetico		Differenza tra l'inclinazione ridotta e quella del campo
		calcolata	ridotta	
1	mm. 22,7	62° 32'	73° 57'	+ 16° 17'
2	24,0	63 0	73 38	15 58
3	27,5	64 20	72 55	15 15
4	28,0	66 25	74 25	16 45
5	41,0	67 55	72 15	14 35
6	51,8	67 50	70 30	12 50
7	55,0	67 40	69 45	12 5
8	92,5	69 39	68 59	11 19
9	104,5	69 50	68 51	11 11
10	117,0	69 50	68 30	10 50

2. Mi sono costruito un'altra serie di cilindri cavi, tutti a press' a poco della stessa altezza e spessore ma di diametro esterno diverso. La cottura degli oggetti e le misure sulla distribuzione del magnetismo libero furono fatte nelle identiche condizioni di prima.

I risultati avuti sono raccolti nella seguente tabella:

TABELLA II.

Oggetti	Altezza	Diametro	Inclinazione dell'asse magnetico		Differenza tra l'inclinazione ridotta e quella del campo
			calcolata	ridotta	
A	mm. 104,5	mm. 57,4	69° 50'	68° 51'	+ 11° 11'
B	100,0	71,5	65 10	65 10	7 30
C	107,5	73,5	63 50	64 14	6 34
D	105,2	86,1	62 55	64 6	6 26
E	98,5	91,7	62 40	63 51	6 11
F	106,0	92,9	62 30	63 41	6 1
G	104,0	111,0	62 17	63 53	6 13

Dall'esame di queste due tabelle si deduce:

Che tanto l'inclinazione calcolata quanto quella ridotta risultano sempre più grandi dell'inclinazione del campo. In cilindri poco alti la differenza tra l'inclinazione calcolata e quella del campo sono relativamente piccole: invece le differenze tra l'inclinazione ridotta e quella del campo sono assai grandi. A seconda che cresce la lunghezza dei cilindri, rimanendo costante il loro diametro, i valori dell'inclinazione calcolata e ridotta si avvicinano e per una determinata lunghezza diventano eguali. Per lunghezze maggiori l'inclinazione ridotta risulta un po' minore di quella calcolata, e le sue differenze dall'inclinazione del campo variano pochissimo.

In cilindri sufficientemente lunghi rispetto alla distanza, a cui si colloca l'oggetto dall'ago ed alle dimensioni di questo, le differenze tra l'inclinazione ridotta e quella del campo vanno successivamente diminuendo al crescere del diametro, dapprima rapidamente ma poi molto lentamente <sup>(1)</sup>; sicchè sembra probabile, che in cilindri di dimensioni diverse, purchè sufficientemente lunghi e di diametro abbastanza grande, le differenze tra le due inclinazioni si conservino pressochè eguali, almeno entro i limiti degli errori possibili.

Questa conclusione è importante, perchè mostra, che con opportune correzioni si può con sufficiente approssimazione dedurre in base alla distribuzione apparente del magnetismo libero la direzione, in cui ha agito la forza magnetizzante; ma nel medesimo tempo le differenze assai marcate tra l'inclinazione del campo e quella del magnetismo indotto fanno vedere, che l'ipotesi stabilita per dedurre dalle misure la direzione dell'asse magnetico è sempre difettosa, si contemplino o no le azioni delle varie parti dei cilindri. Secondo quell'ipotesi si considerano i quattro punti della sezione normale come quattro poli, di cui i due massimi dovrebbero dare la somma di due magnetismi omonimi, ed i due minimi la somma di magnetismi opposti. Ora, mentre nelle calamite comuni le azioni del magnetismo libero dei vari punti influiscono per ragione di simmetria egualmente sui due estremi, che vengono considerati come poli, qui quando si avvicina all'intensimetro un massimo oltre la sua azione si misura quella dei punti prossimi, la cui intensità è minore, e va diminuendo colla loro distanza; invece quando all'intensimetro si avvicina un minimo alla propria azione si aggiunge quella dei punti prossimi, che è maggiore, e che va aumentando colla loro distanza. Per conseguenza il valore  $\varphi$  dei massimi non viene modificato, nello stesso rapporto che il valore  $\varphi'$  dei minimi, ma in rapporto minore, e quindi per

(1) Nelle mie ricerche non ho esaminato cilindri di diametro maggiore di 11 cm. per la ragione che i vasi antichi, nei quali dovrò studiare la distribuzione del magnetismo, non hanno basi di diametro di molto maggiore; e del resto oggetti più grandi non avrei potuto cuocerli nel mio forno che in posizione verticale, mentre che per compiere il mio studio era necessario disporli in diverse orientazioni, come verrà in seguito esposto.

la componente orizzontale si ha un valore  $g - g'$  diminuito, e per la componente verticale un valore  $g + g'$  aumentato, e l'inclinazione dell'asse magnetico dedotta dal rapporto  $\frac{v}{h}$ , secondo l'ipotesi fatta, riescirà tanto più grande dell'inclinazione del campo, quanto più sarà diverso il rapporto, nel quale il magnetismo libero dei vari punti influirà sul valore dei massimi e dei minimi, ossia quanto più rapidamente cresce o diminuisce l'intensità magnetica da punto a punto, o in altre parole quanto più piccolo è il diametro dei cilindri e quanto più grande è la differenza tra i valori dei massimi e dei minimi.

3. Ho studiato quale sia la precisione, colla quale si arriva a determinare la direzione del campo magnetico inducente dalla direzione del magnetismo indotto, quando i cilindri d'argilla vengano cotti in diverse orientazioni; a tale scopo li ho disposti entro il forno sopra un piano, che poteva essere tenuto a volontà più o meno inclinato per mezzo di piccoli cunei di argilla cotta.

Per poter mettere in relazione l'inclinazione del magnetismo indotto negli oggetti coll'inclinazione del loro asse geometrico rispetto alla direzione del campo magnetico terrestre, ho stabilito di esprimere l'inclinazione dei medesimi dall'angolo formato dal loro asse geometrico con un piano inclinato di  $32^{\circ}20'$  sull'orizzonte e disposto in modo, che la normale ad esso sia parallela alla direzione del campo magnetico terrestre: di più ho calcolato l'inclinazione dell'asse magnetico degli oggetti mediante i valori della componente verticale del magnetismo indotto presa nel senso dell'asse geometrico e della componente orizzontale presa in senso ad esso normale <sup>(1)</sup>. In tal modo l'orientazione degli oggetti e l'inclinazione della forza magnetizzante rispetto ai medesimi sono espresse dallo stesso angolo  $\alpha$  <sup>(2)</sup>, ed eguale a questo stesso angolo dovrebbe pure risultare l'inclinazione del magnetismo indotto, se questa potesse venir calcolata in base alla vera distribuzione del magnetismo.

Nelle seguenti due tabelle sono riuniti i risultati avuti dalle misure fatte su cilindri cavi di egual diametro ma di altezze diverse. I numeri della prima colonna corrispondono ad oggetti di già studiati nella tabella I: nelle altre colonne della tabella III è notata l'inclinazione *calcolata* del magnetismo indotto, quando l'asse geometrico dei cilindri aveva durante la cottura le

(1) Questa modificazione, a quanto fu esposto nella Nota antecedente per il calcolo dell'inclinazione dell'asse magnetico, non ne altera punto le conclusioni.

(2) Si ha un'inclinazione dell'oggetto  $= 0^{\circ}$ , quando esso poggia con una generatrice sul piano inclinato di  $32^{\circ}20'$ , ed il suo asse geometrico si trova nel piano del meridiano magnetico; l'inclinazione  $\alpha$  dell'oggetto è  $57^{\circ}40'$  se il suo asse è verticale,  $\alpha = 90^{\circ}$  se l'asse geometrico è normale al piano inclinato di  $32^{\circ}20'$  sull'orizzonte, e quindi sta nella direzione del campo magnetico terrestre. L'inclinazione della forza induttrice rispetto agli oggetti viene espressa dagli stessi angoli.

diverse inclinazioni  $\alpha$ ; nella tabella III *bis* si hanno le corrispondenti inclinazioni dell'asse geometrico *ridotte*.

TABELLA III.

Oggetti	Altezza	$\alpha = 0^\circ$	$\alpha = 23^\circ$	$\alpha = 40^\circ$	$\alpha = 57^\circ 40'$	$\alpha = 76^\circ$	$\alpha = 90^\circ$
5	mm. 41,0	1° 12'			67° 55'		91° 38'
6	51,8	1 12		51° 34'	67 50		91 20
7	55,0	1 48	30° 45'	51 25	67 40	78° 40'	90 0
8	92,5	- 0 21	31 0	52 15	69 39	79 0	88 56
10	117,0	- 1 26	32 0	53 20	69 50	79 45	89 2

TABELLA III *bis*

Oggetti	Altezza	$\alpha = 0^\circ$	$\alpha = 23^\circ$	$\alpha = 40^\circ$	$\alpha = 57^\circ 40'$	$\alpha = 76^\circ$	$\alpha = 90^\circ$
5	mm. 41,0	1° 12'			72° 15'		91° 38'
6	51,8	1 12		55° 2'	70 30		91 20
7	55,0	1 48	33° 33'	54 24	69 45	79° 47'	90 0
8	92,5	- 0 21	30 7	51 16	68 59	78 37	88 56
10	117,0	- 1 26	30 14	51 24	68 30	79 2	89 2

Nelle seguenti due tabelle sono riuniti i risultati avuti operando su cilindri a press' a poco della stessa altezza ma di diametro diverso: le lettere della colonna 1<sup>a</sup> corrispondono ad oggetti già studiati nella tabella II. Nelle altre colonne della tabella IV è notata l'inclinazione *calcolata* dell'asse magnetico dei vari cilindri, quando questi erano stati posti col loro asse geometrico durante la cottura nelle diverse inclinazioni  $\alpha$ ; nella tabella IV *bis* poi sono date le corrispondenti inclinazioni dell'asse magnetico *ridotte*.

TABELLA IV.

Oggetti	Altezza	Diametro	$\alpha = 0^\circ$	$\alpha = 24^\circ$	$\alpha = 39^\circ$	$\alpha = 57^\circ 40'$	$\alpha = 76^\circ 30'$	$\alpha = 90^\circ$
A	mm. 104,5	mm. 57,4	- 0° 27'	33° 0'	51° 20'	69° 50'	79° 45'	89° 2'
C	107,5	73,5	+ 0 41	28 50	47 35	63 50	78 57	88 44
F	106,0	92,9	- 1 12	28 30	45 25	62 30	77 51	91 16
G	104,0	111,0	+ 0 55	26 10	42 40	62 17	77 7	91 18

TABELLA IV *bis*.

Oggetti	Altezza	Diametro	$\alpha = 0^\circ$	$\alpha = 24^\circ$	$\alpha = 39^\circ$	$\alpha = 57^\circ 40'$	$\alpha = 76^\circ 30'$	$\alpha = 90^\circ$
A	mm. 104,5	mm. 57,4	- 0° 27'	31° 12'	49° 22'	68° 51'	79° 2'	89° 2'
C	107,5	73,5	+ 0 41	30 6	48 5	64 14	79 8	88 44
F	106,0	92,9	- 1 12	29 46	46 54	63 41	78 26	91 16
G	104,0	111,0	+ 0 55	27 46	44 40	63 53	77 57	91 18

Dall'esame delle tabelle III e IV, risulta che le differenze tra il valore dell'inclinazione della forza induttrice e quello dell'asse magnetico degli oggetti, è molto piccola nei casi in cui l'inclinazione del campo è  $0^\circ$  o  $90^\circ$ : esse sono ora positive ora negative. Non posso qui riportare tutte le misure, che hanno servito per fare i calcoli; mi basta solo accennare, che nel caso in cui l'inclinazione del campo è  $0^\circ$  si hanno nei quattro punti della sezione normale quattro massimi, due massimi nord agli estremi della generatrice rivolta verso il basso, che poggiava cioè sul portaoggetti, e due massimi sud agli estremi dell'altra generatrice determinante la sezione normale. Tanto sulla base superiore che sull'inferiore perciò vi è un polo nord ed un polo sud, e la linea neutra non si discosta generalmente che di poco dal diametro perpendicolare alla sezione normale.

Per dare un esempio del modo come varia l'intensità magnetica sopra ciascuna delle due basi porto sopra un diagramma i valori ottenuti dall'esame dell'oggetto n. 10, dopochè era stato collocato entro il forno coll'inclinazione dell'asse geometrico eguale a zero. La prima curva si riferisce alla base inferiore, la seconda alla base superiore.

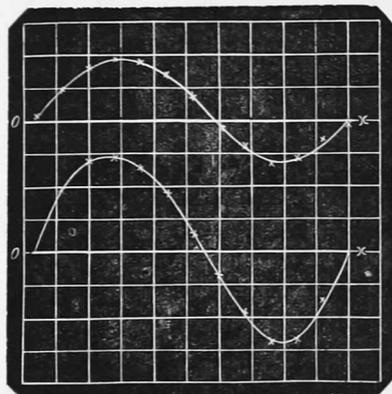


FIG. 1.

Le ordinate danno l'intensità magnetica dei vari punti; le positive indicano magnetismo nord, le negative magnetismo sud; le ascisse danno lo spostamento angolare dei vari punti partendo dalla linea neutra.

Nelle due curve le ordinate corrispondenti alla medesima ascissa danno i due valori dell'intensità ma-

gnetica agli estremi di una stessa generatrice.

Si vede che nei punti corrispondenti delle due basi si ha la stessa specie e, press' a poco, la stessa quantità di magnetismo, e che i punti massimi e minimi delle curve si corrispondono perfettamente. In ambedue i casi si ha un'area maggiore per il magnetismo nord che per quello sud, ed anche i quattro massimi non hanno intensità assolute eguali, ma, come nell'esempio riportato, quasi sempre i massimi nord sono più intensi dei massimi sud; ciò è con molta probabilità dovuto al magnetismo temporaneo indotto dalla Terra, che per la disposizione dell'oggetto rispetto all'ago durante la misura rinforza il magnetismo nord, ed agisce in senso contrario a quello sud. Ma nel calcolo delle componenti esso non porta alcuna influenza: di fatto la componente verticale è data dalla differenza dei due massimi nord o dei due massimi sud, e quella orizzontale dalla differenza tra un massimo nord ed uno sud; per cui sempre l'azione del magnetismo temporaneo viene eliminata.

È evidente anche, che i 4 punti della sezione normale per ragione di simmetria dovrebbero essere influenzati a press' a poco nello stesso rapporto dall'azione del magnetismo libero dei punti a loro vicini; per cui non esistono in questo caso, o sono assai piccoli gli errori dipendenti dalle azioni di questi, ed il valore delle componenti del magnetismo indotto è indipendente dall'inesattezza del metodo che dà i valori di  $\varphi$  e  $\varphi'$ . Esclusa tale causa d'errore, le differenze dal valore  $0^\circ$  dipendono dalle irregolarità nella forma degli oggetti, dall'incertezza nel collocarli nella dovuta posizione per la cottura e avanti all'intensimetro, e dagli errori di lettura. Ci possiamo così pure formare un criterio dell'errore, che nelle diverse orientazioni dei vari oggetti è dovuto esclusivamente al metodo adoperato per la determinazione del magnetismo libero, errore che, come risulta dalle tabelle, è considerevolmente più grande di quello dovuto alle altre cause sommate assieme, specialmente quando l'inclinazione è molto diversa da  $0^\circ$  o  $90^\circ$ .

Anche quando l'asse dei cilindri è parallelo alla direzione del campo, e l'inclinazione perciò è  $90^\circ$ , i quattro punti della sezione normale vengono influenzati dai punti vicini a press' a poco nello stesso modo: di fatto studiando gli oggetti all'intensimetro si trova in questo caso un polo unico per base, e la quantità di magnetismo libero nei vari punti della periferia è a press' a poco quasi sempre eguale, sicchè si può immaginare, che il cilindro sia costituito da una serie di calamite disposte una vicina all'altra coi loro assi paralleli e coi poli d'intensità eguale. Se in questo caso quindi si riportano sopra un diagramma i valori dell'intensità ottenuti nei diversi punti delle due basi, si hanno due linee parallele, o quasi, all'asse delle ascisse, (fig. 2) una colle ordinate positive, corrispondente alla polarità nord della base inferiore, l'altra colle ordinate negative corrispondente alla polarità sud della base superiore. Il diagramma qui unito dà la distribuzione del magnetismo libero sopra le due basi del cilindro n. 7, quando esso è stato collocato durante la cottura col proprio asse nella direzione del campo magnetico terrestre.

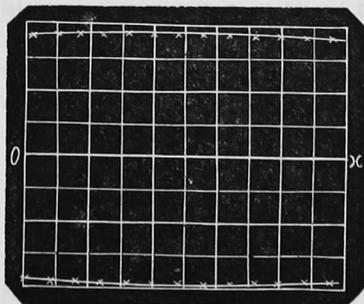


FIG. 2.

Il valore della componente orizzontale del magnetismo indotto dato da  $\varphi - \varphi'$  è naturalmente zero o assai vicino a zero. Talvolta però si verificano dei casi, in cui la quantità di magnetismo libero non è costante nei diversi punti della periferia delle due basi, e apparentemente sembra, che la componente orizzontale abbia un valore abbastanza grande: ma in questi casi i massimi sono disposti agli estremi di una generatrice ed i minimi agli estremi dell'altra generatrice, che determinano la sezione normale, ed i cilindri si

comportano, come se fossero costituiti da calamite perfette, una vicina all'altra, tutte coi loro assi paralleli, ma coi poli d'intensità, che varia regolarmente, seguendo il cammino della periferia, da un massimo ad un minimo e viceversa: sicchè se la componente orizzontale si deduce dalla media dei due valori di  $\varphi - \varphi'$  ottenuti sulle due basi, il valore suo diventa assai piccolo, e l'inclinazione dell'asse magnetico risulta circa  $90^\circ$ .

Riporto come esempio le misure sulla distribuzione del magnetismo libero avute esaminando il cilindro G della tabella IV, dopochè fu cotto coll'asse geometrico nella direzione del campo magnetico terrestre. I numeri della 1<sup>a</sup> riga danno le intensità alla base superiore partendo da un punto della sezione normale: quelli della 2<sup>a</sup> riga danno le intensità alla base inferiore partendo dallo stesso punto, sicchè i numeri corrispondenti delle due righe danno l'intensità agli estremi di una stessa generatrice.

TABELLA V.

Sud	— 17,0	16,6	16,6	16,1	14,2	12,2	10,3	10,5	11,9	14,0	15,7	16,6
Nord	+ 15,5	15,4	15,0	14,0	12,0	11,0	10,0	10,5	11,0	11,2	12,0	14,0

Si vede bene come la differenza d'intensità nei vari punti di ciascuna periferia è molto marcata, ma che agli estremi di ogni generatrice l'intensità varia a press'a poco nel medesimo modo, e se si calcola l'inclinazione dell'asse magnetico determinando il valore delle componenti dalla media dei valori di  $\varphi$  e  $\varphi'$  ottenuti sulle due basi si ha  $91^\circ 18'$ , giacchè la

$$\text{Componente orizzontale} = \frac{15,5 - 10,0 + (-17,0) - (-10,3)}{2} = -0,6$$

$$\text{Componente verticale} = \frac{15,5 - (-17,0) + 10,0 - (-10,3)}{2} = +26,4$$

Ma se per la forma speciale di un oggetto non si potessero avere le misure sulla distribuzione del magnetismo libero su ambedue le basi, e si dovesse calcolare l'inclinazione magnetica colle misure fatte sopra una sola di esse, evidentemente si correrebbe il rischio di ottenere per l'inclinazione dell'asse magnetico un risultato assai diverso dal vero. Di fatto supponendo date della tabella V, solamente o le misure sul polo nord o quelle sul polo sud, si ricaverebbero rispettivamente come valori dell'inclinazione dell'asse magnetico

$$\text{arc tang} \frac{15,5 + 10,0}{15,5 - 10,0} = 77^\circ 50' \quad \text{e} \quad \text{arc tang} \frac{17,0 + 10,3}{17,0 - 10,3} = 76^\circ 13'$$

Questo esempio mostra, quanto poco si possa fidarsi delle misure fatte su di una sola base dei cilindri per calcolare l'inclinazione del loro asse magnetico.

Il seguito verrà esposto in un'altra Nota.