

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

**Fisica.** — *Ancora sui risultati delle misure fatte per la determinazione sperimentale della direzione di un campo magnetico uniforme dall'orientazione del magnetismo da esso indotto* <sup>(1)</sup>.  
Nota del dott. G. FOLGHERAITER, presentata dal Socio BLASERNA.

Quando l'asse dei cilindri viene disposto durante la cottura in un'inclinazione diversa da  $0^\circ$  o  $90^\circ$ , varia colla sua posizione anche la distribuzione del magnetismo libero sulla periferia delle due basi. Al crescere dell'inclinazione, partendo da  $0^\circ$ , alla base inferiore cresce la polarità nord e diminuisce corrispondentemente la polarità sud; viceversa alla base superiore cresce la polarità sud e diminuisce quella nord: la linea neutra sulle due basi non è più un diametro, ma una corda, la quale conservandosi sempre perpendicolare alla sezione normale, va successivamente spostandosi verso nord alla base superiore e verso sud alla base inferiore, finchè diventa tangente alle due periferie. Si ha in quest'ultimo caso su ciascuna delle due basi unicamente una polarità magnetica, che parte dal valore minimo eguale a 0 fino ad un massimo, e il calcolo dà l'inclinazione dell'asse magnetico eguale a  $45^\circ$ . Aumentando ancora l'inclinazione dell'oggetto, il minimo va successivamente crescendo colla stessa polarità del massimo fino a che a  $90^\circ$ , come è stato già notato, si ha un'intensità uniforme, ma di segno contrario sulle due basi.

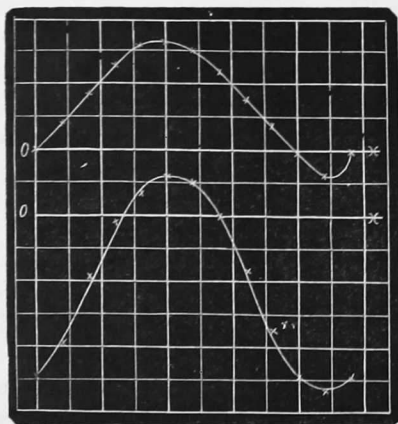


FIG. 3.

Porto sopra i qui uniti diagrammi i valori dell'intensità nei vari punti della periferia delle due basi, trovati per l'oggetto A. Essi corrispondono alle

<sup>(1)</sup> Vedi questi Rendiconti, serie 5<sup>a</sup>, vol. V, 2<sup>o</sup> sem., 1896, pag. 199.

inclinazioni dell'asse magnetico di  $33^\circ$  (fig. 3),  $51^\circ 20'$  (fig. 4) e  $69^\circ 50'$  (fig. 5). (L'inclinazione dell'asse geometrico durante la cottura era nei tre diversi casi di  $24^\circ$ ,  $39^\circ$  e  $57^\circ 40'$ : vedi tabella IV). Le curve sono tracciate colle norme date per i diagrammi antecedenti. Si vede, che nella fig. 3 esistono ancora su ciascuna base le due polarità sud e nord, ma d'intensità molto diversa: al massimo nord della base inferiore corrisponde il minimo nord della base superiore, ed al minimo sud della base inferiore corrisponde il massimo sud della base superiore; ma le linee neutre non si corrispondono più.

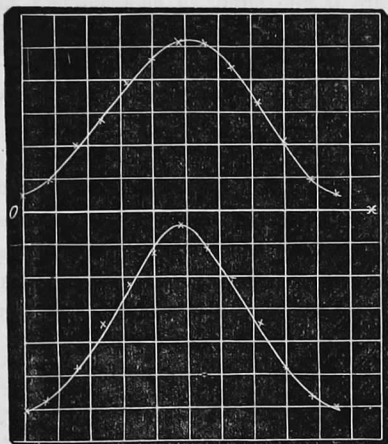


FIG. 4.

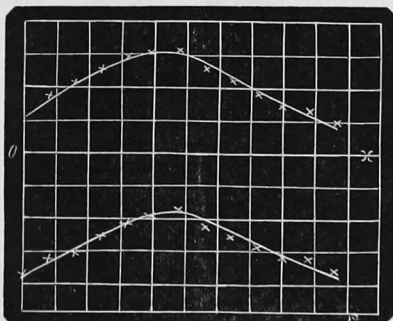


FIG. 5.

Nella fig. 4 alla base inferiore è sparita completamente la polarità sud, ed alla base superiore è sparita la polarità nord; nella fig. 5 le curve sono molto meno pronunciate, perchè la distribuzione del magnetismo è già più uniforme; ma anche nelle fig. 4 e 5 si vede ancora chiaramente, come al massimo e minimo di una base corrispondano il minimo e massimo dell'altra.

Per completare l'esame delle tabelle III e IV, faccio osservare, che al crescere dell'inclinazione degli oggetti va pure successivamente crescendo la differenza tra l'inclinazione del campo e quella dell'asse magnetico; si ha un massimo a  $45^\circ$ , e poi la differenza diminuisce fino a  $90^\circ$ , ed ho di già fatto notare, come queste differenze siano dovute in grandissima parte all'azione dei punti prossimi ai massimi ed ai minimi, che ne alterano in rapporto

diverso la misura dell'intensità. Qualunque sia del resto l'orientazione, nella quale sono stati calamitati durante la cottura tanto gli oggetti di eguale diametro ma di altezze diverse, quanto gli oggetti di eguale altezza, ma di diametro diverso, valgono le stesse considerazioni, che sono state dedotte dall'esame delle tabelle I e II.

Le tabelle III bis e IV bis danno l'inclinazione *ridotta* corrispondente all'inclinazione *calcolata* delle rispettive tabelle III e IV: si scorge che il calcolo dell'inclinazione ridotta porta a dei risultati poco diversi, quando si

tratta di oggetti di dimensioni abbastanza grandi rispetto alla distanza a cui vengono posti dall'ago e alla grandezza di questo. E ciò è anche naturale per la legge secondo la quale il magnetismo agisce colla distanza. I valori poi corrispondenti ad  $\alpha=0^\circ$  e  $\alpha=90^\circ$  non sono stati neppure ridotti per le considerazioni più sopra esposte.

4. Ho fatto con dell'argilla dei doppi coni cavi riuniti per i loro vertici, li ho cotti colle dovute precauzioni entro il mio forno, ed ho esaminato la distribuzione del magnetismo indotto per potere stabilire, se anche in oggetti di tale forma sia possibile dedurre la direzione del campo, che li ha magnetizzati, e per potere studiare l'influenza, che sui risultati esercitano l'altezza e l'apertura angolare dei coni.

Nella seguente tabella sono raccolti i risultati avuti dall'esame di doppi coni di quasi eguale altezza, ma di apertura angolare diversa, che furono collocati nel forno col loro asse geometrico verticale: nelle prime colonne sono date le dimensioni degli oggetti, nella 5<sup>a</sup> colonna è data l'inclinazione dell'asse magnetico *calcolata*, nella 6<sup>a</sup> l'inclinazione *ridotta*; nell'ultima colonna le differenze tra l'inclinazione ridotta e quella del campo magnetico inducente ( $57^\circ 40'$ ).

TABELLA VI.

Oggetti	Diametro medio delle basi	Altezza	Apertura media	Inclinazione		Differenza fra l'inclinazione ridotta e quella del campo
				calcolata	ridotta	
<i>a</i>	mm. 71,5	mm. 143,0	28° 38'	60° 55'	60° 17'	+ 2° 37'
<i>b</i>	104,0	154,0	45 46	53 57	54 25	— 3 15
<i>c</i>	119,0	153,0	50 10	51 30	52 27	— 5 13
<i>d</i>	107,6	128,5	55 20	52 8	53 5	— 4 35
<i>e</i>	114,0	138,0	61 5	49 50	50 48	— 6 52
<i>f</i>	131,0	130,0	70 0	43 11	44 39	— 13 1

L'esame di questa tabella mostra un fatto abbastanza interessante, che si sarebbe potuto forse prevedere: *a seconda che cresce l'apertura dei coni, il valore dell'inclinazione dell'asse magnetico risulta successivamente minore, pur essendo identica in tutti gli oggetti la loro disposizione rispetto alla direzione della forza magnetizzante.* Nelle condizioni in cui furono esaminati i miei oggetti per il doppio cono *a*, che ha un'apertura relativamente piccola, si è trovata un'inclinazione dell'asse magnetico di  $2^\circ 37'$  maggiore di quella del campo, mentre che nell'oggetto *f*, che ha un'apertura di  $70^\circ$ , quella è circa  $13^\circ$  minore di questa.

L'apertura angolare, come si vede, ha una grande influenza sulla distribuzione del magnetismo libero alla periferia delle due basi (<sup>1</sup>), ma l'effetto che essa produce, appare ancora più rimarchevole, se si considera che anche nel caso dei doppi con i valori dei massimi e dei minimi verranno influenzati dai punti a loro vicini probabilmente in modo simile a quello, che avviene nei cilindri, e che la loro azione, facendo comparire l'inclinazione dell'asse magnetico più grande della vera, maschera in tutto od in parte l'effetto dell'apertura angolare. Noi constatiamo perciò solo la differenza delle due azioni, e a seconda che prevale o l'una o l'altra, le misure daranno un valore per l'inclinazione dell'asse magnetico, o più piccolo o più grande di quello del campo inducente.

Che realmente le due azioni esistano assieme, e che agiscano in senso opposto, è messo in evidenza dalla seguente tabella, nella quale sono raccolti i risultati avuti dall'esame di doppi con i (cotti tutti col loro asse verticale) di quasi eguale apertura, ma di diversa altezza e quindi di diametro alle basi diverso.

(<sup>1</sup>) Si potrebbe spiegare tale influenza ammettendo, che i doppi con agiscano come un sistema di due calamite separate e disposte secondo le generatrici della sezione normale del doppio cono, in modo da incrociarsi nelle loro linee neutre. Supponiamo di avere due cilindri d'argilla: se durante la cottura vengono disposti col loro asse verticale, la distribuzione del magnetismo sarà eguale sulle basi di ambedue; ma se si mettono a croce, rimanendo coi loro assi nel piano del meridiano magnetico, quello che s'inclina verso la direzione del campo magnetico terrestre acquisterà nei vari punti delle basi una polarità più uniforme, mentre nell'altro la differenza tra i massimi ed i minimi si accentuerà tanto, che questi ultimi possono diventare zero e cambiare anche polarità. Ora se si calcola l'inclinazione dell'asse magnetico del sistema per mezzo dei massimi del 1° cilindro e dei minimi del 2°, il suo valore evidentemente deve diminuire al crescere dello spostamento dei cilindri dalla posizione verticale; nel caso in cui il minimo del 2° cilindro sia zero, l'inclinazione dell'asse magnetico risulta = 45°, e questa sarà ancora minore, se il minimo cambia polarità. Nel calcolo dell'inclinazione dell'asse magnetico nei doppi con i ha luogo qualche cosa di analogo: i valori agli estremi della generatrice, che s'inclina verso la direzione del

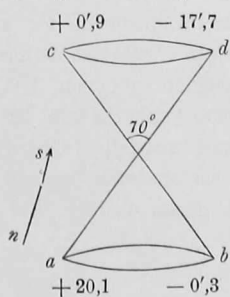


FIG. 6.

campo, corrispondono in certo modo ai massimi del 1° cilindro, ed i valori agli estremi dell'altra generatrice, che determina la sezione normale, corrispondono ai minimi del 2° cilindro; e di fatto anche qui al crescere dell'apertura si hanno agli estremi di questa ultima generatrice valori piccoli, nulli o anche di polarità rovesciata, come è il caso del doppio cono *f* della tabella VI che ha un'apertura di 70°: si vede dall'unita figura, che rappresenta la sua sezione normale, che agli estremi della generatrice *ad* posta quasi nella direzione del campo magnetico terrestre (segnata dalla freccia) si hanno due massimi; in *a* il massimo nord, in *d* il massimo sud; l'altra generatrice *bc* ha i poli rovesciati rispetto alla prima, quantunque l'oggetto sia stato collocato nel forno coll'asse verticale, ed i punti *b* e *c* hanno la minima intensità magnetica.



TABELLA VII.

Oggetti	Diametro medio delle basi	Altezza	Apertura	Inclinazione		Differenza tra l'inclinazione ridotta e quella del campo
				calcolata	ridotta	
<i>g</i>	mm. 78,5	mm. 98,5	57° 55'	56° 5'	57° 0'	— 0° 40'
<i>h</i>	97,5	104,4	57 42	53 0	54 53	— 2 47
<i>i</i>	99,0	109,0	60 4	50 50	52 57	— 4 43
<i>l</i>	114,0	138,0	61 5	49 50	50 48	— 6 52

Da questa si scorge chiaramente, come al crescere del diametro delle basi, pur rimanendo pressochè costante l'apertura dei coni, diminuisce nettamente il valore dell'inclinazione dell'asse magnetico. È vero che qui varia anche l'altezza degli oggetti, ma è già stato notato, che quando questa è sufficientemente grande, le sue variazioni poco influiscono sul valore dell'inclinazione dell'asse magnetico nei cilindri, e non credo che vi sia una ragione, perchè nei doppi coni debba aver luogo un'azione diversa.

Se i due coni di un oggetto non hanno altezza od angolo di apertura eguali, si modifica un po' il valore dell'inclinazione dell'asse magnetico; nel 1° caso esso cambia probabilmente solo in quantochè avendo le due basi diametro diverso, i rispettivi massimi e minimi vengono influenzati in modo diverso dal magnetismo dei punti vicini: nel 2° caso il suo valore risulta intermedio fra quelli corrispondenti ai due angoli d'apertura. Non ha influenza alcuna invece, almeno entro i limiti degli errori, se gli oggetti vengono collocati entro il forno colla base più larga al di sotto od al rovescio, purchè non sia diversa la direzione del loro asse geometrico.

A queste conclusioni arrivai facendo delle misure sopra due oggetti diversi: uno era costituito per metà da un cono semplice di dimensioni eguali a quelle dell'oggetto *a* della tabella VI, e per metà da un altro cono semplice eguale a quelli dell'oggetto *g* della tabella VII; l'inclinazione del suo asse magnetico risultò 58°, intermedia, come si vede, tra quelle di *a* e *g*. L'altro oggetto era un doppio cono di apertura eguale sopra e sotto, ma da una parte era stato accorciato. Il diametro della base maggiore era mm. 104, della base minore mm. 95, nel mezzo mm. 30; l'altezza totale era mm. 108 e l'apertura 65°30'; determinai l'inclinazione del suo asse magnetico dopo di averlo collocato durante la cottura coll'asse verticale, ma ora colla base minore in basso, ora rovesciato, ora colla sezione normale girata di 180°. Ebbi i tre seguenti risultati

$$49^{\circ} 17', \quad 48^{\circ} 23', \quad 48^{\circ} 51'.$$

Come si vede gli scartamenti dal medio = 48°50' non escono dai limiti degli errori.

Quest'ultimo oggetto mi servì pure per istudiare, in che modo varia

l'inclinazione dell'asse magnetico variando l'inclinazione  $\alpha$  del suo asse geometrico durante la cottura. I risultati ottenuti sono i seguenti:

TABELLA VIII.

$\alpha$	Inclinazione		Differenza tra l'inclinazione ridotta e quella del campo
	calcolata	ridotta	
0°	0° 40'	0° 40'	+ 0° 40'
19	13 30	14 11	— 4 49
38	29 15	30 32	— 7 28
57 40'	48 50	50 18	— 7 22
77 30'	72 12	73 3	— 4 27
90	91 49	91 49	+ 1 49

Si scorge anche qui l'identico andamento dei valori dell'inclinazione dell'asse magnetico quando varia l'orientazione dell'oggetto, come è stato trovato per i cilindri; soltanto le differenze sono in meno. Di più si vede, che quando l'oggetto è collocato durante la cottura o coll'asse geometrico nella direzione del campo o in direzione ad essa perpendicolare, l'influenza della forma sparisce, e rimangono unicamente gli errori dovuti alle dissimmetrie ed alle cause accidentali.

5. Ho preso quattro vasi da fiori di forma conica, il più che era possibile regolari ed eguali tra loro, e mediante la raspa e carta vetrata ho cercato di rendere la base e la bocca parallele tra loro, perpendicolari all'asse di simmetria e liscie. Le dimensioni medie erano: diametro della base mm. 100; diametro della bocca mm. 160, altezza mm. 145, apertura angolare 23°20'. Li ho cotti facendoli poggiare sul portaoggetti una volta colla base, un'altra volta colla bocca, ma in ambedue i casi coll'asse geometrico verticale.

L'inclinazione dell'asse magnetico *calcolata* ha variato negli otto casi da 61°24' a 64°55', ma non è risultato, che porti influenza sul suo valore l'essere cotti i vasi dritti o rovesciati. La media degli otto valori risultò 63°3', e la corrispondente inclinazione *ridotta* è 63°38'. Da ciò si deve concludere, che coni semplici abbastanza grandi si comportano come cilindri sia per quanto riguarda il senso, che la grandezza della correzione da applicarsi per dedurre dall'inclinazione del loro asse magnetico la direzione della forza, che li ha magnetizzati.

6. Per completare questo studio ho determinato la direzione dell'asse magnetico in recipienti a forma sferoidale, come boccali a becco e manico, boccali a doppio manico e bocca rotonda, boccali senza manico e bocca rotonda ecc., dopo di averli cotti in posizione verticale. Riassumo brevemente i risultati:

Oggetti a forma sferoidale privi di appendici, provveduti di base e bocca abbastanza grandi si comportano in generale come cilindri. L'inclinazione

dell'asse magnetico dedotto da misure fatte su tre vasi a press'a poco eguali, che avevano in media mm. 89 di diametro alla base, mm. 105 alla bocca, mm. 162 nel ventre e mm. 166 di altezza, ha variato tra  $61^{\circ}45'$  e  $65^{\circ}30'$ .

La presenza di appendici alla periferia della bocca come manichi, orecchie ecc., od anche la sola deformazione di essa prodotta per esempio dal becco ecc., hanno tale influenza sulla distribuzione del magnetismo su quella periferia, che dalle misure è impossibile farsi un concetto del modo in cui ha agito la forza magnetizzante: con tutto ciò la distribuzione del magnetismo alla base, se questa è circolare e priva di appendici ha luogo in generale regolarmente da un massimo ad un minimo e questi due valori si trovano al solito sul diametro diretto nel meridiano magnetico. Quantunque abbia di già fatto notare in un'altra Nota (vedi questo volume pag. 206) che non si può fidarsi del valore dell'inclinazione dell'asse magnetico dedotto dalle misure fatte sopra una sola base, pure riporto qui alcuni risultati ottenuti esaminando recipienti a press'a poco delle dimensioni degli antecedenti: in un boccale da vino, di quelli che ancor si usano in qualche osteria di Trastevere, trovai  $64^{\circ}15'$ ; l'ho ricotto ed ebbi  $61^{\circ}52'$ . In un salvadanaio l'inclinazione dell'asse magnetico risultò  $59^{\circ}32'$  ed in un vaso a due manichi  $68^{\circ}40'$ . Tutte le altre misure fatte su oggetti simili mi diedero risultati compresi fra questi due ultimi valori.

Da ciò si vede con quanta minore precisione si può stabilire la direzione della forza magnetizzante da misure fatte solo alla base di questi oggetti, ma contemporaneamente dall'assieme dei valori ottenuti si è indotti a credere, che la media di molte misure darebbe risultati poco diversi da quelli avuti per cilindri di dimensioni abbastanza grandi.

7. Mi resta ancora da richiamare l'attenzione sopra un fatto molto importante per il mio problema. Talvolta si riscontrano nella distribuzione del magnetismo delle anomalie affatto inesplicabili: ora le due curve, che danno l'intensità magnetica nei vari punti delle due basi, hanno forma diversa; per esempio mentre una ha il massimo ed il minimo molto marcati, l'altra si avvicina ad una linea retta; ora i massimi ed i minimi delle due curve non si corrispondono, in modo che non rimangono tutti nel piano della sezione normale; ora l'andamento di una curva è irregolare, tanto che si possono avere da punto a punto delle polarità diverse. In tutti questi casi il calcolo dà per inclinazione dell'asse magnetico dei valori i più strani ed affatto conciliabili colla direzione della forza magnetizzante.

È chiaro, che quando si tratta di oggetti da noi collocati per la cottura in una voluta posizione, riesce facile constatare la presenza di tali anomalie, perchè o si manifestano per mezzo delle irregolarità sopra esposte, se la forma degli oggetti permette di determinare la distribuzione del magnetismo su ambedue le basi, oppure se ne deduce la presenza dal valore, che si ottiene per l'inclinazione dell'asse magnetico, se le misure sono eseguibili solo ad una base. Quando invece ci venga proposto di esaminare un oggetto di



già cotto, come sarà il caso dei vasi etruschi, si possono constatare le anomalie unicamente se le misure sono effettuabili su ambedue le basi, ed allora ci troviamo ancora in condizioni di sapere se si debba o no prestare fede ai risultati ottenuti; ma non si può avere alcun controllo sull'attendibilità di questi, qualora per la forma degli oggetti si facciano le misure solo ad una periferia, a meno che non si abbia a propria disposizione un numero grande di oggetti cotti tutti nella stessa orientazione.

Nello studio da me fatto, e che verrà in seguito esposto, per stabilire il valore dell'inclinazione magnetica all'epoca etrusca, mi sono quasi sempre trovato nelle peggiori condizioni, perchè i vasi etruschi per lo più a forma sferoidale non si possono studiare che alla base. Mi venne allora l'idea di provare se in casi simili sia di aiuto l'esame della distribuzione del magnetismo attorno alla zona di massimo diametro dell'oggetto (ben inteso quando questa fosse affatto priva di appendici): collocai a tal uopo alcuni boccali da me cotti col loro asse verticale all'altezza conveniente affinchè il loro ventre corrispondesse all'ago dell'intensimetro, e feci le misure girandoli attorno al loro asse successivamente di  $30^\circ$ , fino a che aveva compiuta la rotazione. La prova diede risultati sodisfacenti. Per maggior chiarezza suppongo che la fig. 7 rappresenti la sezione normale

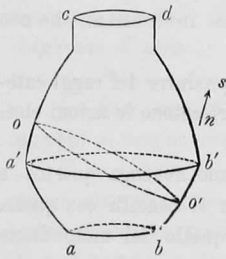


FIG. 7.

la proiezione del piano, che divide nell'oggetto il magnetismo libero nord da quello sud. Ora nei casi in cui non si verificano anomalie ho sempre trovato in *a'*, punto che appartiene alla sezione normale un massimo nord, ma d'intensità molto minore di quella in *a*, ed in *b'*, pure punto della sezione normale, un massimo sud: nei punti intermedi della zona *a'b'* l'intensità magnetica andava variando regolarmente da un limite all'altro.

Nei casi invece in cui l'inclinazione dell'asse magnetico mi risultava eccezionalmente diversa da quella che doveva essere, ho trovato il massimo o il minimo od anche ambidue non in *a'* e *b'* ma spostati perfino di  $60^\circ$ . Da ciò si comprende, che anche in oggetti di già cotti, e per i quali non si conosce la direzione in cui ha agito su essi il campo magnetizzante, si può giudicare se esistano o no delle anomalie nella distribuzione del magnetismo usando di quest'artificio ora esposto, ed io l'ho utilizzato, come vedremo, quasi sempre nello studio dei vasi etruschi.