INFLUENZA DELLA TORSIONE SUL MAGNETISMO DEL NICHEL.

Memoria del Dott. M. CANTONE.

Parte Seconda.

Influenza del carico tensore sui fenomeni magneto-elastici.

10. Avendo il sig. Nagaoka trovato una grande influenza del carico tensore sui fenomeni magneto-elastici ho voluto prendere in esame la questione per ricercare se con un procedimento più sistematico di quello seguito dal predetto fisico fosse possibile fare un passo avanti in quest'ordine di studi.

Esperienze estese vennero compiute in proposito coi fili Ni_{II} , Ni_{III} ed $Ni_{VIII}(3)$ durante il corso del lavoro. La variazione del carico tensore si produceva sopprimendo in alcuni casi un solo, in altri tutti e due gli anelli adattati sulla ruota: in tal guisa la tensione π per $cm.^2$ si riduceva rispettivamente da 370 a 234 e 98 kg.

Per queste diminuzioni, operate sempre quando il filo si trovava allo stato non deformato, l'ago del magnetometro deviava costantemente nel senso da indicare un aumento della intensità dovuta al campo terrestre, come avea trovato l'Ewing assoggettando i fili a soli sforzi di trazione.

Col passaggio da $\pi = 370$ a $\pi = 234$ non si ebbero effetti notevoli sui cicli magneto-elastici in ciascuno dei tre fili, solo nel caso di Ni_{II} non si ottenne per i fenomeni di accomodazione quella regolarità che non mancava mai col peso tensore primitivo; ad ogni modo si può accertare che in generale col lavoro tende ora a manifestarsi per il magnetismo corrispondente alle forze estreme nei due sensi una piccola dissimmetria.

La soppressione dei due anelli fu operata nei fili Ni_{II} ed $Ni_{VIII}(3)$, ma i risultati che si ebbero nei due casi furono notevolmente diversi. Nel primo il processo di accomodazione fu assai lungo e ridusse a ben piccola cosa l'effetto delle deformazioni sui valori di M , mentre nell'altro si raggiunse presto la chiusura dei cicli, ed i fenomeni magneto-elastici si rivelarono nelle condizioni finali poco attenuati rispetto a quelli avuti con un anello.

La ragione di questo diverso comportamento parmi sia da ricercare nel fatto che i fili in esame per i più piccoli valori di π più facilmente si mantengono diritti al crescere della plasticità della sostanza che li costituisce; e siccome il campione Nivm(3) per i tre ricuocimenti subiti era assai pastoso bisognava fare maggiore affidamento sui risultati ottenuti con esso.

Sarà bene pertanto riportare questi risultati, i quali d'altro canto si prestano meglio al nostro studio anche per la ragione che si riferiscono ad esperienze fatte nello stesso giorno usando il solo campo terrestre e cimentando il filo con ciascuno dei tre carichi tensori inclusivamente per ricerche di accomodazione fra gli stessi limiti di ampiezza.

Affinchè il confronto dei risultati sia reso più agevole ho voluto segnare nella tabella che segue i valori delle letture al magnetometro non quali si ebbero, ma quali si sarebbero avuti se la declinazione fosse rimasta costante, servendomi all'uopo delle letture fatte sulla scala della bussola, che poteva benissimo servire di controllo al magnetometro per esperienze di così breve durata. Nella tabella figurano i valori di M e T relativi ai punti estremi di ogni ciclo ed a $P = 0$, non essendo richiesto dall'indole dell'attuale studio un esame particolareggiato dei cicli che niente di nuovo ci fornirebbe.

TAB. VI (5 Giugno)

Nivm(3)

 $F = 0,34$

P	$\pi = 370$		$\pi = 234$		$\pi = 98$	
	M	T	M	T	M	T
0	- 5,2	48,56'	- 3,4	48,58'	- 0,8	49, 1'
-400	66,1	12,48	70,5	12,31	75,2	12,30
0	6,2	43,54	13,0	43,39	27,4	43,34
400	-75,8	85,57	-77,4	86,24	-69,0	86,12
0	-16,2	54,15	-20,2	54,26	-29,7	54,37
-400	66,5	12, 4	70,3	12, 3	76,4	12,23
0	5,6	43,38	12,5	43,28	27,9	43,32
400	-76,0	87,31	-77,2	86,24	-66,8	86, 9
0	-17,2	55,14	-20,6	54,32	-28,5	54,50
-400	66,7	12,48	70,0	12, 9	75,9	12,30
0					26,8	43,37
400					-66,3	86, 8
0					-27,8	54,40
-400					74,9	12,15
(0)	- 5,0	49, 3	- 4,2	48,58	2,8	49, 2

Dalla ispezione dei valori di M si vede subito quanta piccola sia l'influenza del carico tensore sulla natura dei cicli magnetici dipendenti dalle torsioni, in ispecie quando si passa da $\pi = 370$ a $\pi = 234$, e come neanche per le deformazioni si abbiano effetti notevoli col variare di π . Bisogna però riconoscere che per $\pi = 98$ una dissimmetria apprezzabile si produce nell'andamento ciclico dei valori di M , poichè in rapporto alle letture fatte al magnetometro per $P = 0$, tanto in principio che alla fine della serie dopo le oscillazioni, risultano numericamente più grandi le M che corrispondono ai pesi torcenti iniziali.

Se per il senso ora rilevato della dissimmetria vi è accordo colle ricerche del Nagaoka, per la grandezza dell'effetto non può dirsi lo stesso, giacchè ora da aspettarsi in base a queste con un carico unitario di 98 kg. una curva trasportata tutta nel campo delle M positive.

Invero da noi non si operò per valori di π crescenti, come si era fatto da quel fisico, ma non essendosi oltrepassato per tali valori i 370 kg. non è da credere che si potessero avere condizioni elastiche diverse per un dato carico a seconda il senso del processo seguito per arrivarvi. È più probabile invece che le divergenze derivano dall'esserci nel nostro caso resi indipendenti dal magnetismo residuo, mentre nelle ricerche del Nagaoka questa causa disturbatrice senza dubbio esisteva, per cui non sarebbe azzardato l'asserire che ove nel nichel il peso tensore sia fatto variare quando il filo si trova privo di deformazioni l'influenza del carico sui fenomeni magneto-elastici, entro certi limiti, si rende assai piccola secondo attestano i risultati della tabella VI.

*Influenza delle forze magnetiche sui fenomeni
magneto-elastici.*

11. Molto laboriose furono le esperienze relative a questo capitolo, a causa delle complicazioni che porta l'uso di forze magnetiche piuttosto grandi, non solo per gli effetti temporari che ne risente il filo, ma anche, e forse di più, per quelli residui. Però dopo molti tentativi sono riuscito a persuadermi dell'ordine con cui dovea esser condotta la ricerca ed a riconoscere le leggi del fenomeno.

Comincio dall'intrattenermi dell'azione dei campi deboli. In tal caso per fili che avessero subito l'accomodazione l'influenza fu assai limitata qualunque fosse il senso della corrente magnetizzante, riducendoci ad avere una leggiera dissimmetria, non sempre apprezzabile, nell'andamento dei valori di M , come si può rilevare dall'annessa tabella portante in testa alle colonne che si riferiscono alle singole serie il valore Δ_B della deviazione prodotta dalla corrente nella bussola; osservando che per un campo d'intensità uguale alla componente verticale terrestre occorre che fosse $\Delta_B = 14,2$.

TAB. VII

Ni_{II}

$\pi = 370$ (20 Dic. 1895)					$\pi = 234$ (17 Aprile 1896)						
P	$\Delta_B = 0$	$\Delta_B = -19,2$	$\Delta_B = -26,2$	$\Delta_B = -125,0$	P	$\Delta_B = 0$	P	$\Delta_B = -43,0$	P	$\Delta_B = -43,0$	$\Delta_B = -42,4$
	M	M	M	M		M		M		M	M
0	0,0	1,2	- 1,1	- 11,2	0	10,5	0	12,2 ¹⁾	0	- 23,9	- 19,7
-100	-41,0	-38,4	-41,2	- 54,0	100	61,3	-100	- 38,3	100	24,7	37,3
-200	-72,0	-72,8	-74,8	- 83,3	200	102,8	-200	- 82,4	200	57,8	79,1
-300	-93,5	-93,1	-94,6	-104,0	300	127,0	-300	-110,6	300	83,6	110,3
-200	-84,8	-84,8	-85,8	- 95,8	400	138,4	-400	-126,8	400	99,0	127,0
-100	-62,7	-63,8	-64,6	- 77,7	300	135,2	-300	-123,8	300	96,0	123,6
0	-17,1	-20,5	-21,8	- 39,4	200	127,8	-200	-115,1	200	88,3	116,5
100	41,2	37,2	34,6	11,1	100	108,0	-100	- 95,8	100	72,0	99,5
200	77,3	74,4	72,2	52,9	0	54,2	0	- 49,2	0	30,2	58,0
300	96,1	93,2	92,6	78,0	-100	- 22,0	100	19,8	-100	- 47,7	- 3,6
200	86,8	83,6	83,3	68,6	-200	- 77,6	200	70,0	-200	-102,0	- 39,5
100	66,2	63,2	61,7	47,1	-300	-110,9	300	101,7	-300	-126,8	- 64,0
0	22,3	16,9	17,1	- 4,8	-400	-128,2	400	117,6	-400	-138,9	- 77,5
-100	-36,2	-37,4	-42,3	- 58,4	-300	-125,2	300	114,8	-300	-135,6	- 74,9
-200	-72,7	-75,0	-75,5	- 89,8	-200	-115,7	200	107,0	-200	-126,6	- 67,2
-300	-94,5	-94,5	-94,3	-106,0	-100	- 96,0	100	89,0	-100	-106,5	- 49,8
(0)	2,7	- 0,8	- 3,8	- 30,0	0	- 46,8	0	40,0	0	- 56,3	...
					100	41,8	-100	- 45,5	100	17,0	60,3
					200	99,8	-200	- 98,2	200	63,0	111,2
					300	128,0	-300	-125,2	300	93,1	132,8
					400	138,3	-400	-136,8	400	106,5	142,5
					0	54,2	0	- 56,9	0	30,6	65,4
					-400	-127,5	400	113,8	-400	-139,1	- 68,5
					0	- 44,2	0	37,0	0	- 58,8	- 8,3
					400	137,8	-400	-139,7	400	106,6	143,4
					(0)	9,8	0	- 23,9	(0)	- 25,0	41,7

1) Prima che passasse la corrente era $M = 15,2$.

Questi risultati tendono a provare che il nichel, quando abbia acquistato una notevole suscettibilità a polarizzarsi colla torsione, possiede in seguito all'apparente smagnetizzazione, ottenuta col metodo noto, un assetto delle particelle che non può essere modificato da forze magnetiche dello stesso ordine di grandezza di quelle che hanno determinato la primitiva polarità colla torsione iniziale del filo.

Ma vi ha qualche cosa di più. Difatti anche adoperando forze magnetiche di senso opposto al campo terrestre e d'intensità nove o dieci volte più grandi, partendo sempre dallo stato non deformato, non si riesce ad ottenere che coi primi pesi torcenti s'inverta la polarità del filo per passare dal senso dovuto alla componente verticale all'altro relativo alle nuove forze magnetiche. Coi successivi cicli elastici si manifesta nel filo una marcata dissimmetria per riguardo al comportamento magnetico, e smagnetizzando in seguito il corpo colle correnti alternate il magnetometro accusa sempre una polarità residua non piccola nel senso del campo preesistente; ma non mutano per questo le condizioni di struttura interna in modo definitivo, giacchè ritornando ai cicli ordinari di deformazione sotto l'influenza del solo campo terrestre ricompare la simmetria, nè si hanno, col pervenire allo stato non deformato, tracce nettamente apprezzabili di magnetismo residuo.

Le proprietà magnetiche del nichel col nostro metodo di ricerca cominciano a cambiare in modo sostanziale solo con forze che sieno maggiori del limite anzidetto, cioè quando nella curva che rappresenta l'andamento delle M in funzione di T o di P la dissimmetria è tanto cresciuta che la curva stessa si trova quasi tutta da una parte dell'asse delle ascisse. Allora colle prime torsioni si esalta lo stato magnetico dovuto alla corrente sia essa cospirante od in opposizione col campo terrestre, ed alla curva ad un cappio se ne sostituisce una a due cappi.

Questo fatto si può anche intravedere dalle ricerche del Nagaoka. Dico intravedere, poichè quantunque questo fisico abbia operato con varie forze magnetiche, pure siccome per ciascuna di esse compiva i cicli di torsione con carichi tensori crescenti, ed a misura che aumentava il campo partiva da

valori di π sempre più grandi, non si ha in quel lavoro materiale sufficiente per apprezzare a prima vista l'influenza delle forze magnetiche sulla legge con cui cambia la polarità del filo coi cicli di torsione; ciò non pertanto dalle prime due serie si può argomentare che con un carico di circa 400 kg. per cm.² quando si passa per la forza magnetica dal valore 0,34 ad 1,67 nei diagrammi si va dalle curve ad un cappio a quelle a due cappi.

Del resto, per quanto sia oscura la teoria dei fenomeni magneto-elastici, il fatto di cui ci occupiamo non può recar meraviglia, comprendendosi bene che al crescere delle forze magnetiche ha meno ragione d'essere l'anomalia del nichel, tuttora inesplicabile, dell'invertirsi della polarità col cambiare il senso delle deformazioni, ed anzi è da prevedere che andando a campi più intensi nei diagrammi delle M riferite alle T le curve devono tendere a divenire simmetriche rispetto all'asse delle M .

12. Ciò è confermato dall'esperienza, e per vederlo basta passare in rassegna i risultati della tabella seguente che si riferisce a cicli di deformazione compiuti mentre nel rocchetto si avea una corrente che dava alla bussola una lettura di 408 div., ossia con una forza di circa 28 volte la componente verticale. Per i risultati che si riferiscono ad Ni_{II} si segnarono caso per caso i valori del peso tensore unitario π ; per gli altri non si trova nella tabella alcuna indicazione in proposito, occorrerà solo avvertire che si operò per essi col carico massimo eccetto che per $Ni_{VIII}(3)$, essendosi allora avuto $\pi = 98$. Per brevità si è anche omissso di notare il senso della corrente magnetizzante, potendosi questo desumere dal segno dei valori di M .

TAB. VIII

Ni_{II}

(Febbraio-Aprile)

P	$\pi = 370$			P	$\pi = 234$		P	$\pi = 98$
	$M_0=8.4$	$M_0=2.7$	$M_0=-3.2$		$M_0=15.3$	$M_0=13.1$		$M_0=9.8$
	M	M	M		M	M		M
0	41,0	- 29,3	- 34,3	0	56,9	- 26,8	0	56,2
-100	110,2	- 52,9	- 93,0	-100	64,2	- 16,7	100	143,7
-200	139,7	-127,5	-121,2	-200	146,4	-127,8	200	170,3
-300	160,5	-154,8	-161,9	-300	186,2	-178,8	300	194,2
-400	185,7	-175,3	-179,2	-400	205,6	-194,0	400	203,0
-300	181,0	-170,3	-173,0	-300	202,7	-191,0	300	202,6
-200	168,1	-158,0	-161,3	-200	193,0	-182,0	200	200,2
-100	142,5	-133,8	-136,0	-100	174,8	-164,8	100	195,0
0	90,9	- 87,2	- 88,4	0	138,0	-131,6	0	186,5
100	62,9	- 58,8	- 63,0	100	127,1	-123,5	-100	184,2
200	113,8	-107,2	-123,4	200	159,7	-161,8	-200	202,0
300	162,0	-152,7	-160,6	300	183,6	-191,3	-300	219,5
400	179,6	-186,0	-194,1	400	194,8	-212,5	-400	230,2
300	174,1	-182,8	-187,0	300	191,8	-208,8	-300	228,0
200	162,8	-170,8	-174,2	200	184,8	-199,2	-200	221,3
100	138,7	-146,2	-147,0	100	164,8	-178,5	-100	209,7
0	90,6	- 93,7	- 90,5	0	137,3	-138,0	0	191,8
-100	70,3	- 57,9	- 70,9	-100	134,3	-125,0	100	180,2
-200	122,4	-105,7	-116,9	-200	165,2	-154,5	200	194,0
-300	165,4	-155,6	-158,4	-300	194,7	-179,8	300	205,5
-400	188,3	-181,8	-182,8	-400	209,2	-197,8	400	212,0

Tab. VIII (cont.)

Ni _{III} (30 aprile)				Ni _{III} (?) (4 maggio)				Ni _{IV} (11 mag)				Ni _V (13 mag)				Ni _{III} (?) (10 giugno)			
P	M ₀ = -1,6		M	P	M ₀ = -2,5		M	P	M ₀ = -4,2		M	P	M ₀ = -4,2		M	P	M ₀ = -7,9		
	M ₀ = -4,5				M ₀ = -4,2				M ₀ = -4,2										
0	30,5	-27,2	0	0	-26,0	0	0	0	-33,0	0	0	0	-36,0	0	0	0	69,6		
-100	52,4	5,8	-100	-100	8,0	-100	-100	-100	-16,7	-100	-100	-100	-76,0	-100	-100	-100	132,0		
-200	123,1	-78,9	-200	-200	-101,2	-200	-200	-200	-106,4	-200	-200	-200	-120,2	-200	-200	-200	185,6		
-300	163,1	-163,6	-300	-300	-163,8	-300	-300	-300	-168,0	-300	-300	-300	-160,6	-300	-300	-300	214,9		
-400	187,5	-192,2	-400	-400	-197,0	-400	-400	-400	-201,5	-400	-400	-400	-194,5	-400	-400	-400	227,0		
-300	180,9	-181,3	-300	300	-180,2	-300	-300	-300	-192,4	-300	-185,9	-300	-187,9	-300	-300	-300	224,0		
-200	165,4	-169,3	-200	200	-171,5	-200	-200	-200	-173,6	-200	-170,4	-200	-170,4	-200	-200	-200	216,0		
-100	135,4	-137,0	-100	100	-136,0	-100	-100	-100	-138,9	-100	-130,7	-100	-130,7	-100	-100	-100	198,5		
0	83,9	-63,7	0	0	-81,0	0	0	0	-78,9	0	-84,4	0	-84,4	0	0	0	165,3		
100	65,2	-60,5	100	100	-61,2	100	100	100	-40,2	100	-46,3	100	-46,3	100	100	100	154,7		
200	115,3	-112,6	200	200	-104,0	200	200	200	-82,8	200	-95,7	200	-95,7	200	200	200	197,7		
300	162,1	-165,1	300	300	-169,2	300	300	300	-162,8	300	-167,2	300	-167,2	300	300	300	215,7		
400	187,2	-189,2	400	400	-202,2	400	400	400	-199,0	400	-198,2	400	-198,2	400	400	400	229,0		
300	181,3	-183,7	300	300	-194,1	300	300	300	-190,2	300	-191,2	300	-191,2	300	300	300	220,0		
200	167,0	-168,2	200	200	-175,0	200	200	200	-171,8	200	-173,3	200	-173,3	200	200	200	213,2		
100	137,0	-139,3	100	100	-138,5	100	100	100	-136,3	100	-137,8	100	-137,8	100	100	100	198,2		
0	83,6	-84,1	0	0	-83,9	0	0	0	-79,7	0	-87,8	0	-87,8	0	0	0	166,8		
-100	64,8	-63,5	-100	-100	-65,0	-100	-100	-100	-43,6	-100	-53,0	-100	-53,0	-100	-100	-100	157,6		
-200	119,3	-117,0	-200	-200	-111,4	-200	-200	-200	-83,8	-200	-76,5	-200	-76,5	-200	-200	-200	201,7		
-300	168,7	-175,5	-300	-300	-166,3	-300	-300	-300	-168,0	-300	-161,5	-300	-161,5	-300	-300	-300	220,9		
-400	190,0	-197,5	-400	-400	-200,1	-400	-400	-400	-203,0	-400	-193,7	-400	-193,7	-400	-400	-400	229,3		

Non può sfuggire al nostro esame il fatto che restando costante il peso tensore i vari fili si comportano presso a poco allo stesso modo per i cicli magneto-elastici eseguiti in un campo magnetico piuttosto intenso, mentre questo non accadeva quando agiva la componente verticale, per come si è detto al parag. 6. Si vede da ciò che a misura diventano più grandi le forze magnetiche esse hanno il predominio sull'orientamento delle particelle o sullo stato di tensione del mezzo che si polarizza, e che di conseguenza le perturbazioni casuali che si manifestano così spesso coi campi deboli più facilmente col crescere del campo vengono meno.

Si rivela inoltre nelle serie riportate in modo notevole l'influenza del carico tensore nel senso di aversi una minore suscettibilità alle variazioni di M per i valori più piccoli di π , concordemente a quanto si era visto dal Nagaoka.

Molto interessante è poi il modo di comportarsi del nichel per gli effetti residui dei campi intensi che abbiano agito sopra di esso. Se a partire dalle condizioni caratterizzate dai valori dell'ultimo rigo per ciascuna serie nella precedente tabella vien ridotto il filo allo stato non deformato e poi si procede alla smagnetizzazione colle correnti alternate, resta nel filo una polarità residua nel senso della forza magnetica avanti usata, ma coi successivi cicli ricomincia l'accomodazione ordinaria che porta presto nei diagrammi alle curve ad un cappio simmetriche rispetto all'origine, e ciò qualunque sia il senso della torsione dalla quale ora si parte. Messo il corpo ad oscillare di nuovo non si hanno tracce notevoli di magnetismo residuo, e con ulteriori cicli l'andamento del fenomeno non cambia di fronte alle condizioni raggiunte alla fine della serie precedente.

Questo farebbe credere a prima vista che nel filo non fossero rimasti effetti ulteriori della intensità generata dal campo preesistente, invece non è difficile accertare che le cose procedono in modo diverso, poichè da tutte le esperienze da me eseguite in proposito risulta che nelle ultime serie il senso della magnetizzazione per i primi valori di P non è più quello relativo al campo terrestre, l'unico che rimanga ad agire, bensì quello che corrisponde alla forza magnetizzante per cui

si erano avute le curve a due cappi senza inversione di polarità.

Non si può quindi dire che per un filo già sottoposto a campi magnetici intensi si riesca coi processi di riduzione a *zero* elastico e magnetico ad ottenere uno stato del tutto normale, giacchè se apparentemente con una breve accomodazione e facendolo poi oscillare una seconda volta si toglie al filo la polarità residua, questa rimane latente e si rivela nei successivi cicli ordinari per il segno dei valori di M che si hanno coi primi carichi torcenti.

Da quanto siamo venuti esponendo in questo paragrafo risulta che il particolare, trovato dal Nagaoka e da noi cen- nato al parag. 1, sul vario orientamento della curva ad un cappio rispetto agli assi coordinati al crescere dell'intensità del campo, a noi si palesa per via diversa. Nel nostro caso il fenomeno, secondo si è visto è spiegabile; ma non così nell'altro perchè non sappiamo quali fossero le condizioni sperimentali scelte dal Nagaoka, in ispecie per ciò che riguarda lo stato del filo quando si aumentava il carico tensore, onde non si può asserire che il particolare messo in rilievo dal Nagaoka costituisca una vera anomalia, non essendo escluso che si tratti di un fenomeno della stessa natura di quello da noi analizzato.

13. Non potevo lasciare l'argomento che forma oggetto di questo capitolo senza un esame del modo di comportarsi del nichel sottratto all'azione del campo terrestre. Dopo quanto si era accertato sulla quasi impossibilità di avere campioni che fossero a rigore esenti da magnetismo residuo ero persuaso che, pur facendo passare per il rocchetto una corrente capace di compensare la componente verticale ed adattando in seguito il filo nell'apparecchio, coi cicli elastici qualche effetto si sarebbe apprezzato al magnetometro. Bisognava però vedere se avendo ora da fare esclusivamente con piccole quantità di *magnetismo residuo* persistesse nel nichel la tendenza all'accomodazione caratterizzata dal rinforzo dei poli coi successivi cicli.

Nella tabella IX riporto i risultati cui pervenni limitandomi alle colonne delle B , P , M , e tralasciando i valori di T

come quelli che non offrono materia a discussione nello studio attuale. Ho stimato opportuno invece indicare in testa alle colonne che si riferiscono ad ogni campione le letture B_0 ed M_0 fatte alla bussola ed al magnetometro prima di mettere a posto il filo e le corrispondenti B_1 ed M_1 fatte appena dopo l'applicazione del peso tensore, che in queste esperienze fu sempre di 370 kg. per cm.²

TAB. IX

(27-29 Maggio)

 $\pi = 370$

Ni _{vii} $M_0 = -4,0$ $B_0 = -17,0$ $M_1 = -3,7$ $B_1 = -17,0$			Ni _{viii} $M_0 = -3,0$ $B_0 = -16,2$ $M_1 = -1,0$ $B_1 = -16,1$			Ni _{ix} $M_0 = -4,8$ $B_0 = -17,3$ $M_1 = -6,1$ $B_1 = -17,4$		
P	M	B	P	M	B	P	M	B
0	- 4,0	-17,3	0	- 0,7	-15,8	0	- 6,2	-17,8
-100	- 5,0		-100	- 1,1		100	- 6,2	
-200	- 7,8		-200	- 0,3		200	- 7,4	
-300	- 9,7		-300	1,2		300	-10,0	
-400	- 2,7	-17,4	-400	3,3	-15,8	400	-15,2	-17,8
-300	- 2,4		-300	3,2		300	-15,1	
-200	- 0,7		-200	2,8		200	-14,2	
-100	2,5		-100	1,2		100	-12,5	
0	5,2	-17,7	0	- 1,7	-15,9	0	- 8,1	-17,8
100	4,0		100	- 4,8		-100	- 2,1	
200	0,0		200	- 9,1		-200	4,5	
300	- 9,2		300	-15,0		-300	12,0	
400	-21,7	-17,7	400	-20,2	-15,9	-400	21,2	-17,8
300	-21,7		300	-19,4		-300	20,2	
200	-21,8		200	-17,4		-200	17,9	
100	-23,2		100	-13,0		-100	12,8	
0	-22,2	-17,8	0	- 4,3	-15,9	0	2,1	-17,9
-100	-15,0		-100	5,8		100	-13,0	
-200	- 2,0		-200	13,9		200	-25,3	
-300	10,3		-300	18,4		300	-33,3	
-400	19,6	-17,9	-400	21,5	-16,0	400	-40,0	-17,9
0	16,7	-17,9	0	- 1,2	-16,0	0	-15,0	-18,0
400	-33,8	-18,0	400	-30,9	-16,0	-400	35,0	-18,0
0	-28,2	-18,0	0	- 4,0	-16,0	0	6,0	-18,1
-400	26,8	-18,1	-400	27,8	-16,0	400	-48,7	-18,2
(0)	- 3,4	-18,2	(0)	- 3,1	-16,3	0	- 5,7	-18,2

TAB. IX (cont.)

(30 Maggio - 3 Giugno)

 $\pi = 370$

Nivul(2) $N_0 = -4,0 B_0 = -17,4$ $N_1 = -2,7 B_1 = -17,6$				Nix(2) $N_0 = -6,9 B_0 = -25,3$ $N_1 = -6,3 B_1 = -26,2$				Nix(2) (cont.)				Nivul(3) $N_0 = -7,3 B_0 = -24,9$ $N_1 = -4,8 B_1 = -25,8$			
P	M	B		P	M	B		P	M	B		P	M	B	
0	-3,0	-17,7		0	-6,3	-26,2		0	-10,0	-25,9		0	-5,0	-26,0	
100	-3,3			100	-6,2			-100	-11,2			-100	-5,0		
200	-2,8			200	-5,4			-200	-10,1			-200	-3,0		
300	-1,2			300	-4,0			-300	-8,2			-300	0,8		
400	1,3	-17,8		400	-2,8	-26,2		-400	-6,1	-25,7		-400	7,0	-26,0	
300	1,2			300	-3,0			-300	-6,1			-300	6,6		
200	0,8			200	-3,3			-200	-5,8			-200	5,2		
100	-0,3			100	-4,3			-100	-4,9			-100	2,0		
0	-3,5	-17,8		0	-6,8	-26,2		0	-3,3	-25,5		0	-4,0	-26,0	
-100	-8,3			-100	-9,8			100	-3,7			100	-12,7		
-200	-13,9			-200	-12,3			200	-6,0			200	-32,7		
-300	-19,7			-300	-13,3			300	-8,5			300	-35,8		
-400	-25,0	-17,8		-400	-12,2	-26,1		400	-10,7	-25,3		400	-49,5	-26,1	
-300	-24,2			-300	-12,0			0	-12,2	-25,3		300	-47,9		
-200	-22,4			-200	-11,2			0	-2,0	-25,3		200	-44,3		
-100	-18,1			-100	-9,4			0	-2,2	-25,8		100	-35,5		
0	-8,1	-17,9		0	-6,1	-26,1		400	-14,0	-26,3		0	-16,1	-26,0	
100	4,1			100	-3,1			0	-13,2	-26,3		-100	7,3		
200	13,8			200	-2,2			0	0,5	-26,3		-200	23,0		
300	18,0			300	-3,6			0	-1,5	-26,4		-300	39,5		
400	20,8			400	-6,0	-26,0		400	-16,3	-26,4		-400	46,5		
0	-0,5	-17,9			-6,1			0		-26,3		0	3,0	-26,1	
-400	-34,2											0	-67,8	-26,2	
0	-9,3	-18,0			-7,7							0	-18,6	-26,2	
400	25,0	-18,0			-10,0							-400	55,5	-26,2	
(0)	-5,3	-18,0			-25,9							(0)	-8,2	-26,3	

Tenuto conto della circostanza che nelle attuali esperienze i momenti magnetici acquistati dai vari fili colle prime torsioni non sono tutti dello stesso segno siamo indotti a ritenere che vi era quasi perfetto compenso fra il campo terrestre e la forza dovuta alla corrente, e che le piccole polarità rivelate dal magnetometro quando s' introduce il filo nel rocchetto percorso dalla corrente compensatrice devono attribuirsi a cause accidentali.

Se poi esaminiamo l' andamento delle variazioni di M si constata come deformando il nichel vengano ad esaltarsi tracce assai esigue di uno stato magnetico spesso non bene definito in principio. Così ad es. il filo N_{VII} , che colla introduzione nella spirale non determina alcuno spostamento dell' ago del magnetometro, colla torsione da $P = 0$ a $P = 300$ accusa nell' estremo inferiore un polo *sud* d' intensità crescente, se non che passando a $P = 400$ si inverte, almeno in apparenza, il senso della magnetizzazione e d' allora in poi comincia una vera accomodazione magnetica che procede in modo sempre più regolare a misura si va avanti coi cicli, nel senso corrispondente a quell' ultima variazione ed in guisa da aversi un aumento graduale dei valori assoluti dei momenti magnetici estremi. Qualche cosa di analogo accade coi campioni N_{VIII} ed $N_{VIII}(2)$, solo che per essi cambia il senso della variazione di M quando si passa da un peso torcente di 100 gr. ad uno di 200 gr. Invece per N_{IX} da $P = 400$ a $P = -300$ il filo mostra la tendenza ad assumere all' estremo inferiore coi valori positivi di P magnetismo positivo e quello opposto quando si passa ai carichi torcenti negativi, mentre da $P = -300$ a $P = -400$ in luogo di ottenersi, come sempre, un aumento nel valore assoluto di M si produce una diminuzione: questo è l' inizio di un processo di transizione in seguito al quale si perviene ad un andamento del tutto regolare, ma con discordanza di segno dei valori di M e P , laddove in sulle prime vi era accordo.

Da tutto ciò e dal vedere che non si ha una relazione costante fra i segni delle P e delle $M - M_0$, nè per le prime torsioni nè ad accomodazione inoltrata, si trae che le torsioni da sole non sono capaci di fare acquistare al nichel una po-

larità magnetica; esse non possono che modificare lo stato magnetico del filo, e per questo riguardo sono di una efficacia grandissima, quasichè le torsioni avessero per effetto di ordinare le particelle.

Sotto tal punto di vista le ricerche magneto-elastiche darebbero un appoggio alla teoria molecolare del magnetismo, ma resia sempre a spiegare il meccanismo per il quale nel nichel sotto l'azione di campi deboli si possa produrre *per le sole torsioni* una polarità opposta a quella corrispondente alla forza magnetica esterna.

Sulla legge di magnetizzazione del nichel contorto.

14. Sinora non ho fornito che elementi limitati per paragonare le variazioni dell'intensità magnetica dovute alle torsioni colle altre provocate dalle forze magnetiche, ed in secondo luogo, nel mentre si sono studiati i cicli magnetici in rapporto alle deformazioni mantenendo costante il campo, nulla abbiamo visto nel nostro esame del modo come varia l'intensità in funzione del campo lasciando costante il carico torcente. Per tali ragioni stimo opportuno riferire su alcune esperienze fatte in quest'ordine d'idee.

Comincio dal riportare i risultati relativi alla legge di magnetizzazione, per campi crescenti, del nichel non sottoposto a torsione, dando nella seguente tabella i valori di B e delle M che loro corrispondono, computati a partire dalle letture iniziali che si fecero per ciascuna serie sulla scala della bussola e del magnetometro. Le M segnate, stante la piccolezza degli angoli di deviazione avuti nel magnetometro, si possono riguardare come proporzionali alle forze magnetizzanti. Raggiungendosi nella bussola angoli più grandi, a rendere più facile l'esame dei risultati si scelsero valori B corrispondenti ad intensità che stessero come 1 a 2 a 3 a 4. D'ordinario procurai di aggirarmi intorno alle deviazioni di 100, 201, 303,5, 408 div. che valevano allo scopo.

Per lo più venne adoperato in queste ricerche il carico tensore massimo, però talvolta fu soppresso uno degli anelli

ed in qualche caso restò la sola ruota, onde trovasi segnato per ogni serie il valore di π .

TAB. X

Ni _{II}						
B	$\pi = 370$		$\pi = 234$		$\pi = 98$	
	25 Febb.	28 Febb.	20 Apr.	21 Apr.	22 Apr.	23 Apr.
	M	M	M	M	M	M
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
100	6,6	6,8	7,1	7,1	6,2	6,4
201	13,8	14,4	15,6	15,1	14,2	14,6
303,5	22,8	22,3	26,4	26,3	25,5	25,1
408	33,3	33,3	40,3	39,9	46,0	45,0

B	Ni _{III} $\pi = 370$		Ni _{III} (2) $\pi = 370$		Ni _{III} (3) $\pi = 98$	
	30 Apr.	30 Apr.	4 Magg.	4 Magg.	11 Giug.	11 Giug.
	M	M	M	M	M	M
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
100	6,5	6,5	6,0	5,9	10,0	10,0
201	13,3	13,3	13,0	13,3	22,6	22,6
303,5	21,8	21,8	21,0	21,6	40,7	41,3
408	32,1	31,7	30,9	31,5	66,5	66,0

I risultati avuti per $\pi = 370$ con Ni_{II}, Ni_{III} ed Ni_{III}(2) furono abbastanza concordanti, e se si tien conto che essi sono relativi a campioni differenti ed in condizioni da una serie all'altra assai diverse in rapporto ai fenomeni sinora studiati veniamo in una volta a provare la bontà della nostra disposizione sperimentale e la tendenza del nichel a conservare inalterata la sua suscettibilità magnetica coi processi meccanici e magnetici cui si sottopone il filo, quando però si parta dallo stato non deformato.

Pare tuttavia che un effetto del lavoro non debba mancare essendosi constatato che col campione Ni_{II}, sottoposto ad esperimento per un tempo assai lungo, la suscettibilità presentò nei primi due mesi un abbassamento sensibile, come si

può argomentare confrontando i risultati della precedente tabella con quelli contenuti nella seconda colonna della tab. XI, senza d'altra parte aver ragione di credere che si fossero modificate in questo intervallo le condizioni del magnetometro.

Apparisce altresì dalla tab. X una influenza del carico tensore sulla legge di magnetizzazione del nichel per il variare del campo, nel senso indicato già dall' Ewing, avendosi per lo stesso valore della forza intensità crescenti al diminuire del peso tensore.

15. Per il nichel contorto i risultati sono di tutt'altra natura; essi si discostano dai precedenti nel senso di avvicinarsi a quelli avuti dal Nagaoka in ricerche del medesimo genere operando con forti deformazioni; nelle mie esperienze vi è però qualche particolare nuovo che credo utile porre in rilievo servendomi delle tabelle XI, XII e XIII.

Di tali esperienze la parte relativa alla tabella XI fu fatta nel seguente modo. Il filo reso privo di deformazioni fu sottoposto prima ad un ciclo magnetico fra i valori limiti di B 408 e -408 , e poi a cicli della stessa ampiezza ma sotto l'azione dei carichi torcenti segnati in testa alle successive colonne a partire dalla terza. Il processo di smagnetizzazione attuato fra una serie e l'altra qui non fu in generale efficace, come si può rilevare dai valori di M che trovansi in fondo a ciascuna colonna assieme alle B_0 indicanti le letture fatte in corrispondenza sulla scala della bussola.

In condizioni diverse furono condotte le esperienze che si riferiscono alla tab. XII, in quanto allora i cicli magnetici furono eseguiti sotto l'azione di un peso torcente -400 cui si era giunti dopo un ciclo elastico fra $P = -400$ e $P = 400$.

Infine la tabella XIII contiene i risultati di un ciclo magnetico compiuto col filo $Ni_{100}(2)$ e con un carico torcente di 550 gr. in seguito alle esperienze di cui si parlò al § 9.

TAB. XI. Ni_n (27-29 Dic. 1895) $\pi = 370$

B	P = 0 M	P = -100 M	P = -200 M	P = -300 M	P = -400 M	P = -300 M	P = -200 M	P = -100 M	P = 0 M	P = 400 M	P = 0 M	P = -400 M
0	2,1	3,0	0,2	41,2	100,4	137,0	120,8	91,5	33,1	82,3	26,9	96,7
100	9,7	10,8	5,6	43,8	103,0	139,4	124,2	97,0	41,2	84,8	35,0	99,2
201	18,1	19,5	11,8	48,2	106,2	142,0	128,0	102,7	50,0	88,2	44,0	102,2
303,5	27,8	29,0	20,5	63,2	119,5	152,8	132,2	108,7	59,8	107,8	54,2	115,3
408	38,3	39,1	73,2	127,0	177,7	170,8	140,3	115,1	70,2	170,2	65,0	174,0
303,5	30,8	33,2	69,2	124,0	175,6	168,3	137,1	110,0	63,0	168,5	58,0	172,0
201	22,8	27,2	65,2	120,9	173,2	165,9	133,8	104,8	55,4	166,2	50,0	169,8
100	14,6	20,9	60,8	117,7	170,9	163,2	130,0	99,2	47,5	164,1	42,4	167,4
0	5,9	14,0	56,1	114,5	168,2	160,6	126,2	93,7	38,8	161,8	34,0	164,9
-100	-3,3	6,2	50,7	110,5	165,0	157,5	122,3	87,2	28,3	159,0	23,8	161,7
-201	-12,9	-2,5	44,3	105,5	159,6	153,8	118,0	80,2	16,2	155,1	11,6	156,9
-303,5	-23,2	-11,8	36,8	67,0	10,8	114,5	112,5	72,3	2,2	-24,2	-2,7	-11,3
-408	-33,9	-22,2	-38,0	-119,0	-152,2	-115,2	99,4	63,3	-14,2	-167,8	-18,4	-156,6
-303,5	-26,4	-16,6	-34,3	-116,4	-150,2	-113,0	103,0	68,8	-6,9	-166,5	-11,1	-154,8
-201	-18,8	-10,7	-30,4	-113,5	-148,1	-110,6	106,6	74,5	0,9	-164,5	-3,2	-152,8
-100	-10,7	-4,6	-26,7	-110,8	-145,9	-108,0	110,2	80,2	9,0	-162,5	4,7	-150,6
0	-2,0	1,6	-22,2	-107,7	-143,4	-105,3	113,8	85,8	17,6	-160,0	13,2	-148,7
100	7,2	8,2	-17,4	-104,0	-140,2	-102,2	117,8	91,8	26,8	-157,0	22,2	-145,8
201	17,0	15,5	-12,2	-99,8	-135,6	-98,2	122,0	98,0	36,6	-151,0	32,0	-141,0
303,5	27,5	23,4	-4,2	-3,7	96,4	21,8	126,9	104,4	47,2	99,0	42,5	93,2
408	38,2	32,3	65,2	123,2	176,8	171,8	138,2	111,1	58,8	169,8	54,0	172,3
(0)	1,9	4,7	41,1	98,5	140,8	133,4	117,2	86,4	21,2	124,5	15,8	139,2
B ₀	3,2	3,8	4,5	5,0	5,0	4,9	4,8	4,8	5,0	3,7	2,9	6,2

TAB. XII

Ni_{III} (22 Genn. 96) $\pi = 370$

P	B	M	T	P	B	M	T
0	6,8	4,9	0, 0	-400	6,8	135,5	-30,48
-100		62,7	- 7,31	»	107,0	138,7	»
-200		103,2	-14,55	»	208,0	142,8	»
-300		125,1	-22,33	»	311,0	163,2	»
-400	6,7	135,2	-31, 4	»	415,0	174,7	»
-300		130,5	-26, 9	»	311,0	172,4	»
-200		119,0	-18,53	»	208,0	169,9	»
-100		92,9	-10,54	»	107,0	167,6	»
0	6,6	33,8	- 2,35	»	6,6	164,8	»
100		- 49,8	5,45	»	- 94,0	161,7	»
200		-100,2	13,52	»	-193,0	156,4	»
300		-125,2	22,50	»	-297,0	- 22,0	»
400	6,5	-134,5	31,38	»	-402,0	-155,0	»
300		-129,2	25,53	»	-297,0	-153,0	»
200		-116,2	18,13	»	-193,0	-150,8	»
100		- 89,8	10,49	»	- 94,0	-149,7	»
0	6,6	- 27,8	2,28	»	6,4	-146,2	»
-100		57,2	- 5,55	»	106,0	-143,2	»
-200		104,3	-13,46	»	207,0	-138,0	»
-300		126,3	-22,13	»	310,0	100,0	»
-400	6,8	135,5	-30,48	»	415,0	173,2	»
				»	7,3 ¹⁾	141,8	»

TAB. XIII Ni_{III}(2) (6 Maggio) P = - 550 T = 70°0

B	M	B	M
0	105,3	303,5	147,0
-100	103,3	408	188,0
-201	83,0	303,5	188,6
-303,5	-143,8	201	188,8
-408	-194,5	100	188,8
-303,5	-195,0	0	188,7
-201	-195,0	-100	188,6
-100	-195,0	-201	182,8
0	-194,2	-303,5	- 46,0
100	-192,2	-408	-191,0
201	-187,2		

1) Si ritorna alla forza magnetizzante zero col metodo delle correnti alternate decrescenti.

Occupiamoci prima della tab. XI. È da notare anzitutto quanto poco sia alterata la legge di magnetizzazione del nichel da $B = 0$ a $B = 408$ ed anche lungo il ciclo successivo passando dalla prima serie compiuta nelle condizioni normali alla seconda eseguita con un peso torcente di -100 gr., ed il fatto è tanto più rimarchevole per ciò che venendo da $P = -100$ a $P = -200$ una sensibile modificazione si presenta nelle proprietà magnetiche del filo, avendosi, rispetto alle condizioni primitive, un grande innalzamento della suscettibilità quando ci si avvicina ai punti estremi del ciclo, ed una diminuzione quando da questi estremi ci si allontana. Per $P = -300$ l'influenza della deformazione sul fenomeno magnetico, si rende ancora più forte, e finalmente per $P = -400$ l'isteresi magnetica è tanto cresciuta che venendo la prima volta da $B = 408$ a $B = -408$ la M per $B = 0$ si trova diminuita del *cinque per cento*, e non cambia segno se non per $B = -408$; e nel passaggio da $B = -408$ a $B = 408$ i valori di M procedono presso a poco colla stessa legge che per la prima metà del ciclo.

Riducendo a -300 il peso torcente tendono a mantenersi esagerati gli effetti della torsione sulla isteresi magnetica del filo, ma rendendo in seguito ancora più piccolo il valore assoluto di P il fenomeno cambia natura talmente che per $P = -100$ si può dire sparita l'isteresi. La si vede ricomparire quando si fa $P = 0$, ed allora la legge di magnetizzazione ad un dipresso quale si era avuta per i risultati della seconda colonna.

Da questo andamento è facile argomentare ciò che deve accadere per i valori di P da *zero* a 400 e da 400 a -400 , sicchè mi son limitato ad esporre nelle ultime tre colonne i risultati riferentisi a $P = 400$, $P = 0$ e $P = -400$ per mostrare come colle deformazioni estreme i valori di M che trovansi nello stesso rigo sieno assai concordanti fra loro, e con quelle permanenti si modifichi poco, rispetto ai risultati della seconda colonna, la legge con cui variano le M al variare di B , prescindendo, bene inteso, dal magnetismo residuo che in questo caso affetta in modo diverso le M a seconda si giunga a $P = 0$ da $P = -400$ o da $P = 400$.

Farò osservare che alla fine delle esperienze cui si riferisce l'ultima colonna il filo fu ricondotto mediante le oscillazioni allo stato non deformato, ed allora i valori di B ed M furono rispettivamente di 6,9 e 3,8, mentre si era partiti al 27 dicembre da $B = 3,7$ ed $M = 3,1$. Si vede pertanto che al termine della serie risultò poco variata, in paragone alla primitiva, la intensità magnetica del filo, non ostante i processi magnetici ed elastici cui fu sottoposto il nostro campione. Anzi deve aggiungersi che qui si è riusciti a togliere il magnetismo residuo senza bisogno di ulteriori cicli di torsione, mentre d'ordinario partendo da $P = \pm 400$ e da $B = \pm 408$ allo stato normale non si arriva senza questo ulteriore lavoro avendosi in seguito ai due metodi di riduzione a zero magnetico ed elastico una polarità residua nel senso che corrisponde all'ultima delle forze magnetizzanti estreme. Pare dunque che le variazioni cicliche di B coi diversi carichi torcenti in un senso e nell'altro, e di preferenza coi pesi estremi, abbiamo avuto per effetto nelle esperienze relative alla tabella XI di fare sparire colla smagnetizzazione ogni traccia di polarità che non fosse dovuta alla deformazione, per modo che, tolta questa, il filo è potuto tornare direttamente allo stato normale.

Nelle esperienze del 22 Gennaio, come si disse, lo studio venne fatto solo per $P = -400$; tuttavia i risultati sono di un certo interesse, poichè presentano un accordo discreto con quelli che si ebbero per lo stesso peso torcente nella tab. XI, non ostante che a questo si fosse giunti allora con un processo più complicato. Si trae da ciò che in un filo contorto notevolmente l'assetto delle particelle, per quanto riguarda la suscettibilità a polarizzarsi sotto l'azione delle forze magnetiche, pur essendo diverso che nello stato primitivo si presenta assai stabile, nè può essere gran fatto modificato dai processi intermedi magnetici od elastici.

I risultati dell'ultima tabella ci mostrano il comportamento magnetico del filo $Ni_m(2)$ sottoposto a deformazione esagerata. I valori che in tali condizioni si raggiunsero per l'intensità non furono molto maggiori di quelli ottenuti con Ni_m con un peso torcente di 400 gr.; ma abbiamo che ora nel ritorno dai punti estremi del ciclo si produce in luogo di una diminuzione

un aumento nel valore assoluto dell' intensità, sicchè con $B = 0$ si hanno nei due passaggi da $B = -408$ a $B = 408$ e da $B = 408$ a $B = -408$ valori di M o uguali o numericamente più grandi che nei punti estremi del ciclo. Trattandosi di un' anomalia che si palesa in proporzioni limitate non è il caso di vedere quali possano essere le cause che la determinano, ci contenteremo di constatare che in un filo il quale abbia subito gli scorrimenti continui, gli effetti della isteresi magnetica riescono ancora più rilevanti di quelli messi in luce dal Nagaoka nelle sue ricerche.

Durante il corso delle esperienze che si riferiscono al parag. 9 ho avuto il mezzo di accertare che azioni susseguenti magnetiche si producono in generale quando interviene elasticità di seconda specie. Però nello studio della legge di magnetizzazione del nichel contorto ho potuto riconoscere che altre ne esistono quando il rapporto fra le variazioni di M e di B è assai grande, ma qui io credo siamo di fronte ad un fatto dipendente non dallo stato di deformazione bensì da una instabilità nell' assetto magnetico del filo. Noi abbiamo già visto che con fili fortemente deformati nel passaggio da una forza magnetica estrema all' altra il corpo presenta in principio la tendenza a conservare la polarità per invertirla in ultimo di un tratto, onde siamo autorizzati a ritenere che nei punti vicini a questo stato critico, non si possa avere equilibrio magnetico stabile, e siccome allora si verificano per le letture al magnetometro, forti azioni susseguenti, la loro esistenza pare debba attribuirsi a quella instabilità.

16. I risultati della tab. XI, per la parte che riguarda le colonne 2^a, 3^a, 4^a, 5^a e 6^a mostrano come a misura si torce il filo cambia la legge che segue il corpo nel magnetizzarsi; però si comprende che non può mancare in ciascuno dei cicli, a partire dal terzo, l' influenza del magnetismo residuo; restava perciò a vedere se vi fosse il mezzo di ovviare a questo inconveniente per uno studio più accurato del fenomeno in esame.

Mi sono convinto che per riuscire allo scopo conveniva partire dallo stato del filo per cui fosse $B = \pm 408$ e $P = \pm 400$,

attuare poi i due metodi di riduzione a *zero*, ritornare ai cicli elastici fra $P = 400$ e $P = -400$, e porre in ultimo il filo ad oscillare. Con questo processo preliminare che chiamerò di *adattamento* era possibile di ottenere volta per volta stati del filo paragonabili fra loro.

I risultati avuti con queste cautele furono assai soddisfacenti per l'accordo che si ebbe in tutti i casi fra i valori iniziali di M , e per l'accordo che presentavano le serie di esperienze fatte a lunghi intervalli di tempo colla stessa deformazione, comunque fosse variata dall'una all'altra di queste serie il magnetismo del filo vuoi per le forze elastiche vuoi per le magnetiche.

Ciò mi spinse ad estendere il campo di ricerca per esaminare l'influenza del carico tensore sui cicli magnetici, operando ora con due anelli, ora con uno, ora col solo peso della ruota colla puleggia.

Le ricerche, eseguite col filo $Ni_{19}(4)$, procedettero nel seguente modo. Prendendo le mosse dal carico tensore massimo ed attuato una prima volta il processo di adattamento si compirono due cicli magnetici col filo non deformato fra i valori di B 408 e -408 . Ripetute poi le operazioni preliminari come nel caso precedente, si produssero altri due cicli magnetici fra i medesimi limiti di B col filo deformato dal carico torcente di 100 gr., e così di seguito usando volta per volta valori di P più grandi. Allo stesso modo vennero condotte le successive esperienze con un anello e le altre col carico tensore minimo.

Si trovò che al diminuire di π cresceva sempre l'intensità magnetica del filo nel senso corrispondente al campo magnetico terrestre, in modo poco marcato passando da $\pi = 370$ a $\pi = 234$, e notevolmente quando si venne a $\pi = 98$.

Si vide inoltre che anche con questo carico il processo di adattamento era del tutto efficace permettendo di ottenere in ogni serie valori iniziali di M pressochè costanti.

Gli annessi diagrammi rappresentano i risultati ottenuti. Ogni curva corrisponde ad un ciclo magnetico eseguito sotto l'azione della forza torcente che trovasi indicata nella figura (Tav. III) e serve ad indicare la legge con cui varia la M in funzione di B .

L'esame dei diagrammi ci rivela subito quanto grande sia l'influenza delle deformazioni sui cicli magnetici. Questa influenza si manifesta sia collo spostarsi del centro di simmetria della curva che rappresenta il ciclo, sia col crescere dell'area racchiusa dalla curva stessa. Quando si passa da $P=0$ a $P=100$ non si produce che il primo fatto, invece venendo a $P=200$ è assai marcato il secondo, e ciò si verifica per ciascuno dei tre diagrammi.

Riguardo al carico tensore si trova che al diminuire di π cresce l'area d'isteresi senza d'altra parte aversi un notevole spostamento del centro di simmetria, ed infine che l'aumento che si produce nell'area al diminuire di π apparisce meno evidente a misura si va a valori più elevati di P .

Influenza del magnetismo sulle deformazioni.

17. Poco ho da dire su quest'ultimo argomento, giacchè dalle numerose esperienze da me fatte in tutto il corso del lavoro risulta che, mentre le deformazioni influiscono in modo notevole sullo stato magnetico del filo, il fatto reciproco non si palesa, essendosi potuto constatare che per cicli elastici compiuti col campo magnetico e le deformazioni estreme nei due sensi e le aree d'isteresi non vengono modificati rispetto ai valori avuti senza il campo; sicchè parmi sia da concludere che, se esiste un'influenza dei cicli magnetici su quelli elastici, dev'essere di un ordine di grandezza assai piccolo.

RIEPILOGO.

Riassumo i risultati principali cui sono pervenuto in questo lavoro.

1° Coi cicli di torsione compiuti fra determinati limiti di forze estreme, sotto l'azione del campo terrestre e con un peso tensore di 370 kg. per cm.², s'inverte la polarità dei fili di nichel al cambiare di segno della forza deformatrice, e d'altra parte i valori assoluti dei momenti magnetici quando si giunge ai punti estremi del ciclo vanno crescendo col lavoro del corpo in modo assai marcato in principio e colla

tendenza in ultimo ad un andamento stazionario, in guisa da rilevarsi un processo di accomodazione capace di esaltare considerevolmente la suscettibilità del nichel a polarizzarsi colla torsione colla legge indicata dal Nagaoka.

2° Facendo oscillare il filo a partire da una delle deformazioni estreme cui si perviene nei cicli anzidetti si riesce a togliere al filo, almeno in apparenza, ogni traccia di polarità residua; il che permette di disporre di uno stato normale per le serie successive senza bisogno di ricorrere all'arroventamento, che del resto modificherebbe le condizioni elastiche del corpo in esame.

3° Se prendendo le mosse da una forza estrema si ritorna ad essa dopo essere giunti al carico torcente *zero*, o ad uno uguale in valore al primo e di segno opposto, i cicli magnetici offrono una grande analogia con quelli elastici. È però da notare che nel secondo caso, mentre le curve che rappresentano l'andamento delle intensità in funzione dei pesi torcenti risultano tutte tracciate nel senso degli indici dell'orologio, quando invece nei diagrammi delle intensità stesse si assumono come ascisse gli angoli di torsione per piccoli valori estremi, di queste il senso rimane inalterato, ma una inversione si produce venendo alle ampiezze più grandi. È da argomentare pertanto, e le nostre esperienze lo mostrerebbero sino ad un certo punto, che esista un valore dell'ampiezza per il quale nelle variazioni delle intensità in funzione degli angoli non si ha isteresi.

4° A partire dallo stato non deformato col crescere dei pesi torcenti aumenta l'intensità magnetica del nichel, ma se si eccede nelle torsioni il momento magnetico diminuisce sino a raggiungere un limite al di sotto del quale pare non si vada, anche nel caso in cui non sono più possibili deformazioni stabili del corpo. Il cambiamento di segno nelle variazioni dell'intensità magnetica si verifica quando gli effetti della elasticità di seconda specie cominciano a diventare notevoli: questo particolare e la circostanza di aversi sempre per forze decrescenti una diminuzione nel valore assoluto della intensità fanno pensare che i fenomeni magneto-elastici non dipendano dalle

semplici deformazioni, ma che debbano forse entrare in giuoco anche le reazioni elastiche.

5° Si hanno due specie di azioni susseguenti magnetiche: le une si manifestano nei casi in cui interviene elasticità di seconda specie; le altre, producendosi quando nei cicli magnetici s'inverte la polarità del filo ed il rapporto fra le variazioni dell'intensità e della forza magnetica assume valori assai grandi, pare dipendano da un assetto magnetico instabile delle particelle.

6° Se si fa diminuire il carico tensore mentre il corpo si trova nello stato non deformato, e se la cedevolezza del nichel permette che l'asse del filo si mantenga diritto anche coi carichi più piccoli, l'effetto dello stiramento, nei limiti entro i quali furono estese le nostre esperienze, è poco rimarchevole limitandosi ad una leggiera dissimmetria nella curva ad un cappio che rappresenta il ciclo magnetico. Il disaccordo che si avrebbe per tal riguardo nei risultati quantitativi colle ricerche del Nagaoka deriva forse dal fatto che nelle esperienze di questo fisico si faceva sentire l'influenza del magnetismo residuo.

7° Forze magnetiche dello stesso ordine di grandezza del campo terrestre, agenti in un senso o nell'altro su di un filo già *accomodato* per i cicli magneto-elastici sotto l'azione di questo campo, non modificano la natura dei cicli magnetici dovuti alle torsioni in maniera nettamente apprezzabile nè per gli effetti temporari nè per quelli residui. Andando a forze più grandi una dissimmetria si produce nella curva che rappresenta il ciclo, e solo quando si perviene a forze che sieno più del decuplo della componente verticale esse prendono il predominio sul fenomeno, nel senso che la polarità dipende nelle nuove condizioni dal campo attuale, ed allora alla curva ad un cappio si sostituisce quella a due cappi. In tal caso smagnetizzando il filo colle correnti alternate e decrescenti e facendolo poi oscillare si ha magnetismo residuo che sparisce in apparenza coi successivi cicli elastici e con una nuova serie di oscillazioni. Ma con ulteriori torsioni la polarità che assume il filo quando si va per la prima volta allo sforzo torcente massimo è nel senso del forte campo preesistente.

8° Il magnetismo che è capace di acquistare il nichel per forze magnetiche 18 volte più grandi del campo terrestre, è appena la quarta parte di quello che si può ottenere d'ordinario sotto l'azione della componente verticale torcendo il filo di 1° per cm.

9° La legge di magnetizzazione del nichel contorto per forze magnetiche le quali variino in modo ciclico cambia notevolmente col peso tercente. L'area d'isteresi cresce coll'aumentare di questo, e diminuisce invece quando si opera con forze elastiche decrescenti, colla tendenza ad annullarsi prima che si arrivi in tale serie di cicli a quello che corrisponde al peso zero. Colle deformazioni permanenti la legge che segue il corpo nel magnetizzarsi al variare del campo è poco modificata rispetto all'andamento che presentano le intensità nei cicli magnetici compiuti col filo non deformato, ma si sposta il centro di simmetria della curva figurativa del ciclo a causa del magnetismo residuo. Siffatta influenza non si palesa coi carichi torcenti estremi in un senso o nell'altro: in tal caso le curve relative ai due cicli magnetici eseguiti con questi carichi risultano quasi coincidenti, avendosi così, come era facile aspettarsi, effetti delle deformazioni che dipendono dalla grandezza di queste e non dal loro segno.

10° I risultati che si riferiscono al n. 9°, per la parte che riguarda i cicli magnetici eseguiti con forze di torsione crescenti, si rendono meno complicati se con un processo facile ad attuarsi si parte volta per volta da condizioni del filo paragonabili fra loro, venendo meno in tal guisa l'influenza del magnetismo residuo, e collo stesso artificio si ha il modo di apprezzare nel suo giusto valore l'influenza del carico tensore sulla suscettibilità del nichel contorto.

11° Coi mezzi di misura di cui disponiamo non si è potuto riconoscere nelle attuali ricerche se le forze magnetiche sieno capaci di modificare le proprietà elastiche del filo. Ciò è probabile dipenda dal fatto che le tensioni dovute a queste forze sono assai piccole di fronte a quelle prodotte dalle ordinarie deformazioni.