SULLE DIFFERENZE DI FASE DELLE CORRENTI, SUL RITARDO DELL'INDUZIONE E SULLA DISSIPAZIONE DI ENERGIA NEI TRASFORMATORI; RICERCHE SPERIMENTALI E TEORICHE DEL PROF. GALILEO FERRARIS ¹⁾).

§ 7.

Risultati delle esperienze.

19. Col metodo e cogli strumenti descritti nel § 2° si fecero cinque serie di esperienze, tutte sul medesimo generatore secondario, colle spirali collegate sempre nel medesimo modo, ma adoperando per ogni serie un diverso nucleo di ferro.

Contrassegneremo i nuclei adoperati nelle successive serie di esperienze coi numeri 1, 2, 3, 4, 5.

Il nucleo n. 1 era quello ordinario col quale il trasformatore si adoperava nella pratica; ed era costituito da un'asta cilindrica di legno coperta con un grosso strato di fili di ferro ossidati del diametro di 0,65 millimetri. Il diametro complessivo era di mm. 46, il peso totale chilogrammi 2,92.

Il nucleo n. 2 era anch'esso formato con un'asta cilindrica di legno coperta di fili di ferro isolati, ma in esso i fili di ferro avevano il diametro di 3,3 millimetri. Il diametro dell'anima di legno era di millimetri 20, il diametro complessivo di millimetri 43, il peso totale di chilogrammi 3,55.

Il nucleo n. 3 era formato con 16 sbarre prismatiche di ferro dolce aventi una sezione trapezia di circa 60 millimetri quadrati, isolate, ed appoggiate tutt'attorno ad un'asta centrale cilindrica di legno. Il diametro complessivo medio era millimetri 43; quello dell'anima di legno millimetri, 20; il peso chilogrammi 3,44.

Il nucleo n. 4 consisteva in un tubo di ferro trafilato della grossezza di 3 millimetri, del diametro esterno di 44 millimetri, del peso di 2,16 chilogrammi.

Finalmente il nucleo n. 5 era una sbarra massiccia di ferro del diametro di 42 millimetri e del peso di 6,59 chilogrammi.

1) *Continuazione* vedi pag. 193 del volume precedente.

Questa serie di nuclei fu scelta collo scopo di rendere di più in più sensibili gli effetti delle correnti di Foucault e di potere quindi verificare se col crescere di tali effetti il ritardo δ ed i valori di μ e di λ variassero effettivamente nel modo previsto nelle nostre considerazioni teoriche.

In tutte le cinque serie di esperienze le spirali secondarie del trasformatore stettero sempre collegate in modo da costituire una spirale unica, identica alla spirale primaria. Siccome inoltre le spire dell'elica secondaria, fatte con lastra sottile di rame, erano uguali a quelle della primaria ed alternate colle medesime, così era prevedibile *a priori* che il rapporto $\frac{\lambda}{\mu}$ sarebbe risultato poco diverso dall'unità.

Durante tutte le cinque serie si ebbe cura di mantenere costante la velocità della macchina e quindi anche il valore del periodo T delle correnti. Il numero di giri della macchina dinamo-elettrica veniva controllato durante ogni esperienza per mezzo di un tacometro, ed inoltre al principio ed alla fine di ogni esperienza veniva misurato direttamente con un contagiri. Inoltre si cercò, per quanto era possibile, di evitare da una esperienza all'altra le variazioni della intensità della corrente primaria, e di mantenere questa nei limiti per cui le letture sugli elettrodinamometri riuscivano più sicure.

Le esperienze si seguivano coll'ordine dei valori crescenti di r , e ciascuna serie veniva troncata quando i valori di β diventavano troppo piccoli per permettere una determinazione abbastanza sicura.

Ciascun valore di α , o di β , o di γ veniva determinato colla media di cinque o più letture. Le letture sui tre elettrodinamometri fatte da tre osservatori, erano simultanee.

NUCLEO N. 1.

(*Filo di ferro di 0,65 millimetri*)

20. Le esperienze col nucleo num. 1 furono le prime eseguite, e furono appunto i fatti in esse osservati quelli che ci guidarono alle considerazioni svolte nei §§ precedenti. I risultati di queste prime esperienze sono già stati esposti nel § 2º, ove

I valori di $\frac{\lambda}{\mu}$ e di $\frac{1}{\mu} \operatorname{sen} \frac{2\pi}{T} \mathfrak{S}$, ai quali conduce il metodo dei minimi quadrati applicato alla equazione (III'), sono

$$(35) \quad \frac{\lambda}{\mu} = \frac{\Sigma \frac{c}{b} \Sigma r^2 - \Sigma r \Sigma \frac{c}{b} r}{n \Sigma r^2 - (\Sigma r)^2}, \quad \frac{1}{\mu} \operatorname{sen} \frac{2\pi}{T} \mathfrak{S} = \frac{n \Sigma \frac{c}{b} r - \Sigma r \Sigma \frac{c}{b}}{n \Sigma r^2 - (\Sigma r)^2},$$

ove Σ indica somme estese a tutte le esperienze, ed n il numero di queste. Portando in queste formole i valori di r e di $\frac{c}{b}$ registrati nella tabella dei risultati delle esperienze data nel § 2°, valori che riproduciamo anche nella tabella seguente, troviamo:

$$(36) \quad \frac{\lambda}{\mu} = 1,0118, \quad \frac{1}{\mu} \operatorname{sen} \frac{2\pi}{T} \mathfrak{S} = 0,01224.$$

Mettendo questi valori nella (III'), possiamo adesso calcolare pe' successivi valori che r aveva nelle esperienze i corrispondenti valori di $\frac{c}{b}$, e paragonarli con quelli direttamente ricavati dalle esperienze. La seguente tabella contiene nelle colonne intestate r , $\frac{a}{b}$, $\frac{c}{b}$ i valori ricavati direttamente dall'esperienza e presi dalla tabella del § 2°. Nella penultima colonna sono registrati i valori di $\frac{c}{b}$ calcolati colla (III') e nell'ultima si vedono le differenze tra i valori di $\frac{c}{b}$ misurati direttamente e quelli calcolati.

N°	r	$\frac{a}{b}$	$\frac{c}{b}$	$\frac{c}{b}$ calcolato	δ
1	0,409	1,026	1,010	1,017	— 0,007
2	1,953	1,117	1,039	1,035	+ 4
3	3,224	1,215	1,054	1,051	+ 3
4	4,462	1,363	1,074	1,066	+ 8
5	5,713	1,561	1,082	1,082	0
6	6,958	1,784	1,097	1,097	0
7	8,542	2,152	1,109	1,116	— 0,007
8	9,760	2,569	1,134	1,131	+ 3
9	11,000	2,923	1,142	1,146	— 4
10	12,240	3,476	1,162	1,162	0
11	13,470	4,249	1,167	1,177	— 0,010
12	14,790	4,969	1,203	1,193	+ 0,010

Le differenze registrate nell'ultima colonna non superano in grandezza quelle dovute agli errori probabili delle osservazioni; l'ipotesi adunque che ha servito di base al calcolo è ammissibile finchè si sta nell'ordine di approssimazione concesso dalle nostre misure. Vedesi però che le differenze relative alle prime esperienze sono quasi tutte positive, mentre per le ultime esperienze le differenze positive si alternano colle negative. Il fatto si può interpretare ammettendo che la linea rappresentata dalla equazione (III') sia leggermente convessa verso l'asse delle ascisse. Questa osservazione sarà meglio giustificata dalla discussione delle esperienze fatte coi nuclei n. 3, 4 e 5.

Il valore (36) di $\frac{\lambda}{\mu}$ è, come si prevedeva, molto prossimo all'unità ed un po' superiore alla medesima. Ma era interessante vedere se tale valore collimasse con quello determinato direttamente con altri metodi. Perciò cercai di determinare $\frac{\lambda}{\mu}$ per mezzo di uno dei procedimenti descritti dal Maxwell, i quali si basano sull'uso del ponte di Wheatstone ¹⁾, Trovai come media di cinque determinazioni:

$$(37) \quad \frac{\lambda}{\mu} = 1,0086.$$

1) Maxwell. *Electricity and Magnetism* (Oxford 1873), Vol. II, pag. 356-57, formula (15).

La differenza tra i due valori (36) e (37) è, come si vede, nei limiti di quelle attribuibili agli errori d'osservazione.

21. Trovati così i valori di $\frac{\lambda}{\mu}$ e di $\frac{1}{\mu} \sin \frac{2\pi}{T} \vartheta$, potremmo determinare per le singole esperienze i valori di μ e di $\sin \frac{2\pi}{T} \vartheta$. Per determinare μ potremmo servirci dell'equazione (II') (§ 4°, art. 9), la quale dà:

$$(38) \quad \mu = \frac{r}{\sqrt{\frac{a}{b} + \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^2 - 2 \frac{\lambda}{\mu} \frac{c}{b}}};$$

e per determinare $\sin \frac{2\pi}{T} \vartheta$ ci basterebbe moltiplicare il valore di μ pel valore (36) di $\frac{1}{\mu} \sin \frac{2\pi}{T} \vartheta$.

Siccome però l'esame delle differenze δ registrate nella tabella precedente ci ha fatto prevedere che $\frac{1}{\mu} \sin \frac{2\pi}{T} \vartheta$ non è costante, e siccome vedremo che nelle ultime serie di esperienze la costanza di $\frac{1}{\mu} \sin \frac{2\pi}{T} \vartheta$ non si può ammettere nemmeno come prima approssimazione, così è più opportuno calcolare direttamente e separatamente per ciascun valore di r i valori di μ , di $\frac{1}{\mu} \sin \frac{2\pi}{T} \vartheta$ e di $\sin \frac{2\pi}{T} \vartheta$ che risultano dalla esperienza relativa al valore di r medesimo. Per fare questo calcolo attribuiremo al rapporto $\frac{\lambda}{\mu}$ un valore determinato direttamente una volta per tutte, e propriamente il valore

$$\frac{\lambda}{\mu} = 1,0086$$

trovato col metodo di Maxwell, il quale coincide esattamente con quello che vedremo risultare dalla seconda serie di esperienze, e rappresenta assai bene una media di tutti i valori ricavati dal complesso di tutte le serie. Posto questo valore di $\frac{\lambda}{\mu}$, calcole-

remo μ ed $\frac{1}{\mu} \sin \frac{2\pi}{T} \vartheta$ per mezzo delle equazioni (II') e (III'), che dànno

$$(38) \quad \mu = \frac{r}{\sqrt{\frac{a}{b} + \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^2 - 2 \frac{\lambda}{\mu} \frac{c}{b}}},$$

ed

$$(39) \quad \frac{1}{\mu} \sin \frac{2\pi}{T} \vartheta = \frac{1}{r} \left(\frac{c}{b} - \frac{\lambda}{\mu} \right);$$

finalmente moltiplicheremo tra di loro i valori di μ e di $\frac{1}{\mu} \sin \frac{2\pi}{T} \vartheta$ così trovati, ed avremo il corrispondente valore di $\sin \frac{2\pi}{T} \vartheta$.

Poichè per le ultime serie di esperienze non abbiamo altro modo di fare il calcolo, e poichè giova, per i confronti, che tutte le serie vengano calcolate nel medesimo modo, l'esposto procedimento è per noi il più conveniente. Ma prima di adoperarlo dobbiamo fare qualche osservazione sull'ordine di approssimazione che il calcolo può dare.

È innanzi tutto evidente che i numeri che troveremo, essendo ricavati ciascuno dalle letture di un solo esperimento, non potranno presentare progressioni così regolari come quelli che ricaveremmo facendo uso dei valori di $\frac{\lambda}{\mu}$ e di $\frac{1}{\mu} \sin \frac{2\pi}{T} \vartheta$ calcolati col complesso di tutte le esperienze per mezzo del metodo dei minimi quadrati. Ma oltre a ciò è necessario notare ancora che l'ordine di approssimazione, col quale le formole (38) e (39) permettono di calcolare μ ed $\frac{1}{\mu} \sin \frac{2\pi}{T} \vartheta$, è per alcune esperienze notevolmente minore di quello col quale si hanno dall'esperienza $\frac{a}{b}$ e $\frac{c}{b}$. Se infatti rappresentiamo con $\delta \frac{c}{b}$ un errore commesso nella determinazione di $\frac{c}{b}$ e con $\delta \mu$ e δy gli errori che in causa di esso risultano nei valori calcolati di μ e di $y = \frac{1}{\mu} \sin \frac{2\pi}{T} \vartheta$, ricaviamo dalle (38) e (39), per mezzo di una differenziazione e

di semplici trasformazioni:

$$(40) \quad \frac{\delta \mu}{\mu} = \frac{\lambda}{\mu} \frac{\mu^2}{r^2} \cdot \delta \frac{c}{b},$$

$$(41) \quad \frac{\delta y}{y} = \frac{\frac{c}{b}}{\frac{c}{b} - \frac{\lambda}{\mu}} \frac{\delta \frac{c}{b}}{\frac{c}{b}}.$$

Ora queste formole dimostrano che per le prime esperienze di ogni serie, nelle quali la resistenza r e la differenza $\frac{c}{b} - \frac{\lambda}{\mu}$ hanno valori assai piccoli, gli errori relativi $\frac{\delta \mu}{\mu}$ e $\frac{\delta y}{y}$, risultano assai più grandi di quelli di cui è affetto $\frac{b}{c}$; ed anche talmente grandi da rendere illusorio il calcolo. Per renderci conto della grandezza degli errori possibili nel caso delle nostre esperienze, possiamo porre in luogo di $\frac{\lambda}{\mu}$ l'unità, e poi supporre come di fatti si deve ritenere che forse, $\delta \frac{c}{b} = 0,01$. Allora la (40) dà

$$\frac{\delta \mu}{\mu} = 0,01 \frac{\mu^2}{r^2}.$$

Quindi si vede che se $\frac{r}{\mu}$ non supera il valore $\sqrt{0,1}$, ossia il valore 0,316, l'errore relativo $\frac{\delta \mu}{\mu}$ può risultare uguale a 0,1 ed anche maggiore. Siccome in media e in cifra tonda si ha $\mu = 9$, così possiamo concludere che si può avere su μ un errore relativo maggiore del dieci per cento per tutte le esperienze fatte con una resistenza r non maggiore di $0,316 \times 9$ ossia di 2,8 ohm circa. Questo è il caso delle prime due esperienze. Per la prima esperienza si può anzi dire che il calcolo di μ fatto colla (38) è illusorio; infatti, posto $r = 0,409$, come era in quella espe-

rienza, e facendo, come testè, $\mu = 9$, si ha

$$\frac{\delta\mu}{\mu} = 0,01 \left(\frac{9}{0,409} \right)^2 = 4,84.$$

Che sia assurdo voler dedurre dalla (38) il valore di μ corrispondente alla prima esperienza, si vede anche subito osservando che la somma algebrica $\frac{a}{b} + \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^2 - 2 \frac{\lambda}{\mu} \frac{c}{b}$ ha per prima cifra significativa quella dei millesimi, e non può quindi essere determinata con esperienze esatte solamente fino nei centesimi.

Analoghe, e più gravi, sono le osservazioni alle quali dà luogo la (39). Siccome $\frac{c}{b} - \frac{\lambda}{\mu}$ ha per tutte le esperienze un valore assai piccolo, così l'errore relativo $\frac{\delta y}{y}$ di $\frac{1}{\mu} \operatorname{sen} \frac{2\pi}{T}$ è sempre molto maggiore di quello che si ha su $\frac{c}{b}$. Il rapporto fra

i due errori relativi nominati è $\frac{\frac{c}{b}}{\frac{c}{b} - \frac{\lambda}{\mu}}$ ed anche per la 12^a espe-

rienza, ove $\frac{c}{b} - \frac{\lambda}{\mu}$ ha il massimo valore, esso vale circa 6. Supposto che l'errore relativo su $\frac{c}{b}$ sia 0,01, quello su $\frac{1}{\mu} \operatorname{sen} \frac{2\pi}{T}$ potrebbe essere, anche per l'ultima esperienza, uguale a 0,06. Acciocchè l'errore relativo $\frac{\delta y}{y}$ non superi 0,1, quando quello su $\frac{c}{b}$ è di 0,01, deve essere $\frac{c}{b} \geq 1,11$. L'errore di $\frac{1}{10}$ si può quindi avere per tutte le cinque o sei prime esperienze.

In base a queste osservazioni noi ci limiteremo a dare i valori di μ , di $\frac{1}{\mu} \operatorname{sen} \frac{2\pi}{T}$ e di $\operatorname{sen} \frac{2\pi}{T}$ con due cifre, escluderemo dai calcoli la prima esperienza, e nelle discussioni relative ai valori di $\frac{1}{\mu} \operatorname{sen} \frac{2\pi}{T}$ e di $\operatorname{sen} \frac{2\pi}{T}$ terremo conto principalmente delle esperienze fatte con valori di r piuttosto grandi.

22. Fatte queste premesse, diamo nello specchietto seguente i risultati del calcolo fatto colle formole (38) e (39) e col dato

$$\frac{\lambda}{\mu} = 1,0086 .$$

N°	r	$\frac{a}{b}$	$\frac{c}{b}$	μ	$\frac{1}{\mu} \operatorname{sen} \frac{2\pi}{T} \vartheta$	$\operatorname{sen} \frac{2\pi}{T} \vartheta$
2	1,953	1,117	1,039	10,10	0,016	0,16
3	3,224	1,215	1,054	9,87	0,014	0,14
4	4,462	1,363	1,074	9,66	0,015	0,14
5	5,713	1,561	1,082	9,09	0,013	0,12
6	6,958	1,784	1,097	9,08	0,013	0,12
7	8,542	2,152	1,109	8,85	0,012	0,10
8	9,760	2,569	1,134	8,57	0,013	0,11
9	11,000	2,923	1,142	8,60	0,012	0,10
10	12,240	3,476	1,162	8,35	0,013	0,10
11	13,470	4,249	1,167	7,90	0,012	0,09
12	14,790	4,969	1,203	7,84	0,013	0,10

I valori di μ registrati in questa tabella vanno diminuendo gradatamente, ed abbastanza regolarmente, mentre cresce la resistenza r . Tale fatto collima colle previsioni, poichè col crescere di r cresce la intensità della magnetizzazione del nucleo ¹⁾.

Il valore di $\frac{1}{\mu} \operatorname{sen} \frac{2\pi}{T} \vartheta$ diminuisce anch'esso nelle prime esperienze; ma se ricordando le osservazioni fatte all'art. 21 intorno agli errori probabili, lasciamo in disparte le esperienze 2, 3 e 4, per le quali sappiamo già che non si può contare sull'esattezza della seconda cifra significativa, e portiamo invece la nostra attenzione unicamente sulle esperienze successive, vediamo che $\frac{1}{\mu} \operatorname{sen} \frac{2\pi}{T} \vartheta$ oscilla tra 0,012 e 0,013 senza accennare in modo sensibile nè a diminuire nè a crescere.

E finalmente $\operatorname{sen} \frac{2\pi}{T} \vartheta$ dopo una diminuzione alquanto ra-

1) G. Ferraris — Memoria citata. *Memorie della R. Accademia delle Scienze di Torino*. Serie II, vol. XXXVII, pagg. 107-108.

pida nelle prime esperienze, alla quale però per le fatte osservazioni non possiamo dare alcuna importanza, segue, a partire dall'esperienza 5ª, una progressione decrescente lenta e regolare.

Per farci una idea dell'ordine di grandezza del ritardo ϑ ci basterà calcolarlo per uno dei valori di $\text{sen} \frac{2\pi}{T} \vartheta$ trovati. Possiamo porre

$$\text{sen} \frac{2\pi}{T} \vartheta = 0,11 .$$

Ora questo seno corrisponde ad un arco di $6^\circ 19'$; quindi abbiamo:

$$\vartheta : T = 6^\circ 19' : 360^\circ ,$$

donde

$$\frac{\vartheta}{T} = 0,01755 = \frac{1}{57} .$$

Per avere poi ϑ in secondi basta ricordare che durante le esperienze la velocità della macchina dinamoelétrica era in media di 604 giri per minuto (Vedi la tabella all'art. 5). Essendo otto per ogni giro le inversioni della corrente, una tale velocità corrisponde a $\frac{604 \times 4}{60}$, ossia a 40,28 periodi per minuto secondo.

Quindi

$$T = \frac{1}{40,28}$$

e

$$\vartheta = \frac{1}{40,28} \cdot \frac{1}{57} = \frac{1}{2296} \text{ di } 1'' .$$

NUCLEO N. 2.

(*Filo di ferro di 3,3 millimetri*).

23. Le esperienze furono eseguite colle medesime resistenze r che si erano già adoperate in quelle della prima serie. I risultati sono registrati nella tabella seguente:

N°	n	r	$\frac{a}{b}$	$\frac{c}{b}$	$\frac{c}{b}$ calcolato	δ
1	600	0,409	1,030	1,011	1,016	— 0,005
2	602	1,953	1,119	1,050	1,043	+ 7
3	602	3,224	1,232	1,073	1,065	+ 8
4	603	4,462	1,364	1,078	1,086	— 8
5	602	5,713	1,540	1,109	1,108	+ 1
6	601	6,958	1,746	1,131	1,130	+ 1
7	603	8,542	2,055	1,159	1,157	+ 2
8	604	9,760	2,319	1,174	1,179	— 5
9	602	11,000	2,768	1,195	1,200	— 5
10	601	12,240	3,118	1,224	1,222	+ 2
11	603	13,470	2,355	1,228	1,243	— 0,015
12	603	14,790	3,837	1,284	1,266	+ 18

Anche qui, come già nella prima serie di esperienze, si vede subito che gli aumenti di $\frac{c}{b}$ sono, almeno approssimativamente, proporzionali a quelli di r . Se si portano le r come ascisse e le $\frac{c}{b}$ come ordinate si trova anche qui una linea (linea II della tavola litografata), la quale serpeggia attorno ad una retta. Anche qui adunque si può cominciare a ritenere provvisoriamente $\frac{1}{\mu} \text{ sen } \frac{2\pi}{T} \vartheta$ come costante, salvo a verificare poi entro quali limiti l'ipotesi sia ammissibile, e far servire l'equazione (III'), che colla fatta ipotesi diventa quella di una retta, a determinare coi minimi quadrati $\frac{\lambda}{\mu}$ e $\frac{1}{\mu} \text{ sen } \frac{2\pi}{T} \vartheta$.

Il calcolo fatto colle formole (35) dà:

$$(42) \quad \frac{\lambda}{\mu} = 1,0086, \quad \frac{1}{\mu} \text{ sen } \frac{2\pi}{T} \vartheta = 0,01742.$$

Portando questi valori nell'equazione (III') e calcolando con questa i valori di $\frac{c}{b}$ corrispondenti ai valori di r adoperati nelle esperienze, si ottengono i numeri registrati nella penultima finca del quadro precedente. L'ultima finca, intestata δ , contiene le differenze tra i valori di $\frac{c}{b}$ dati direttamente dalle esperienze

e quelli calcolati nel modo ora detto. Ora si vede che, oltre alle oscillazioni dovute agli errori accidentali di osservazione, le differenze δ presentano, a partire dalla seconda esperienza, una diminuzione graduale e passano da valori positivi a negativi. E ciò dimostra che la linea rappresentata dalla (III') è leggermente incurvata ed è convessa verso l'asse delle ascisse. Tuttavia la variazione regolare delle differenze δ è assai lenta, e quindi le (42) danno effettivamente la prima un valore approssimato di $\frac{\lambda}{\mu}$ e la seconda un valore medio di $\frac{1}{\mu} \operatorname{sen} \frac{2\pi}{T} \vartheta$.

Il valore di $\frac{\lambda}{\mu}$ coincide con quello ricavato colle esperienze dirette.

Il valore poi di $\frac{1}{\mu} \operatorname{sen} \frac{2\pi}{T} \vartheta$ è, come dovevamo prevedere, maggiore di quello che si è avuto col nucleo n° 1; e lo è così notevolmente, che su questo punto le previsioni delle nostre teorie risultano senz'altro pienamente confermate.

Dopo questo calcolo preliminare, possiamo adesso determinare per i singoli valori di r i valori corrispondenti di μ , di $\frac{1}{\mu} \operatorname{sen} \frac{2\pi}{T} \vartheta$ e di $\operatorname{sen} \frac{2\pi}{T} \vartheta$. Per le ragioni esposte nell'articolo precedente adoperiamo anche per questa serie di esperienze, e per tutte le successive, le formole (38) e (39). Lo specchio seguente contiene i risultati del calcolo.

N°	r	$\frac{a}{b}$	$\frac{c}{b}$	μ	$\frac{1}{\mu} \operatorname{sen} \frac{2\pi}{T} \vartheta$	$\operatorname{sen} \frac{2\pi}{T} \vartheta$
2	1,953	1,119	1,050	14,02	0,021	0,29
3	3,224	1,232	1,073	11,04	0,023	0,25
4	4,462	1,364	1,078	9,82	0,016	0,13
5	5,713	1,540	1,109	10,10	0,018	0,18
6	6,958	1,746	1,131	10,02	0,018	0,18
7	8,542	2,055	1,159	10,01	0,018	0,18
8	9,760	2,319	1,174	9,92	0,017	0,17
9	11,000	2,768	1,195	9,37	0,017	0,16
10	12,240	3,118	1,224	9,48	0,018	0,17
11	13,470	3,355	1,228	9,76	0,016	0,16
12	14,790	3,837	1,284	9,83	0,019	0,18

Relativamente a questi risultati si debbono tenere presenti le osservazioni fatte all'articolo 21. In causa di queste osservazioni furono ommessi nella tabella i risultati relativi alla prima esperienza.

Il valore di μ anche qui, come pel nucleo 1, va diminuendo mentre cresce r . La diminuzione, rapida in principio, diviene di più in più lenta per i grandi valori di r . Se si eccettuano le prime esperienze, la diminuzione graduale di μ è pel nucleo n° 2 più lenta che non pel nucleo n° 1; e ciò si spiega osservando che il nucleo n° 2 contiene una massa di ferro maggiore del n° 1, epperò per una medesima intensità della corrente magnetizzante si accosta meno alla saturazione magnetica.

Se si tralasciano le prime esperienze (n° 2 e n° 3) per le quali, secondo le osservazioni dell'articolo 21, non si può contare sulla seconda cifra significativa, il valore di $\frac{1}{\mu} \operatorname{sen} \frac{2\pi}{T} \vartheta$, come già si è notato pel nucleo n° 1, oscilla attorno ad un valore approssimativamente costante compreso tra 0,017 e 0,018. È però da osservarsi come partendo dalla esperienza 8ª i numeri che rappresentano $\frac{1}{\mu} \operatorname{sen} \frac{2\pi}{T} \vartheta$ accennino ad un incipiente aumento, che forse si accentuerebbe meglio, se si avessero esperienze con più grandi valori di r . Questa induzione sarà giustificata dall'esame dei risultati delle ulteriori serie di esperienze.

$\operatorname{sen} \frac{2\pi}{T} \vartheta$ va diminuendo alquanto, ma assai meno rapidamente che non nelle esperienze sul primo nucleo.

Per farci una idea dell'ordine di grandezza del ritardo ϑ , che, come vedesi, è assai maggiore di quello trovato pel nucleo n° 1, ci basta considerare una esperienza scelta nella parte più regolare della serie. Prenderemo

$$\operatorname{sen} \frac{2\pi}{T} \vartheta = 0,18$$

Questo seno corrisponde a un arco di 10° 22', ossia di gradi 10,366. Quindi

$$\frac{\vartheta}{T} = \frac{10,366}{360} = 0,0288 = \frac{1}{34,72} .$$

Durante l'intera serie di esperienze la velocità della macchina dinamo-elettrica fu in media di 602 giri per minuto, e perciò si ha:

$$\frac{1}{T} = \frac{602 \times 4}{60} = 40,13 :$$

dunque

$$\vartheta = \frac{1}{34,72 \times 40,13} = \frac{1}{1393} \text{ di } 1''.$$

(*Continua*)

SULLA FORZA ELETTROMOTRICE DEL SELENIO; MEMORIA
DEL PROF. AUGUSTO RIGHI.

I. — *Azione della luce sulla f. e. di contatto del selenio.*

Nel corso di alcune ricerche intorno all'azione delle radiazioni sull'elettricità di contatto, ho per incidenza constatato, che la differenza di potenziale di contatto fra il selenio cristallino ed un metallo qualunque, varia sotto l'azione della luce ¹⁾. Ho studiato da vicino questo fenomeno, ed altri ad esso strettamente connessi, ed all'esposizione dei risultati raggiunti con questo studio dedico il presente scritto.

Era già noto, che oltre la proprietà di aumentare di conducibilità elettrica sotto l'azione della luce, il selenio presenta altri singolari fenomeni, fra i quali quello di sviluppare in certi casi delle correnti elettriche sotto l'azione della luce. Così Sabine ²⁾ ebbe una corrente con una specie di coppia voltaica formata da due pezzi di selenio immersi nell'acqua, uno dei quali veniva illuminato. Correnti elettriche furono pure osservate da Adams e Day ³⁾ in alcune *celle* a selenio del genere dei ricevitori da fotofono, e da Fritts ⁴⁾ in alcune coppie a selenio di forma differente; queste correnti furono studiate più di recente

1) *Rend. della R. Acc. dei Lincei* n. 5, 1888, 4 marzo.

2) *Phil. Mag.* June 1878, pag. 409.

3) *Proc. Roy. Soc.* 1876.

4) *Phil. Mag.* April 1885, pag. 315.