RICERCHE SULLE SCARICHE INTERNE ED ESTERNE DEI CONDENSATORI;
MEMORIA DEL PROF. EMILIO VILLARI ¹⁾.

Che realmente per la carica istantanea accorra nella bottiglia maggiore elettricità dopo averla scaricata rapidamente che dopo averla scaricata lentamente può dimostrarsi direttamente. Ed infatti, con una batteria di 8 bottiglie di 32 unità caricavo istantaneamente, attraverso il galvanometro, una bottiglia con 21 cm. di altezza di armature, e misuravo la corrente di carica, dopo che la bottiglia in una prima serie di esperienze era stata sempre scaricata istantaneamente, ed in una seconda sempre lentamente. Le misure furono così più volte eseguite ed i risultati ottenuti sono i seguenti:

TABELLA XII.

Num. d'ordine	Dopo la scarica	Corrente di carica	Num. d'ordine	Dopo la scarica	Corrente di carica
1	Istantanea	69,5 { 72,5 { 730 { 740 { 74,8 { 730 {	3	Istantanea	730 { 73,2 { 71,5 { 740 { 710 {
		72,62			72,52
2	Lenta	610 { 59,5 { 59,0 { 61,2 { 66,8? { 620 {	4	Lenta	61,2 { 63,0 { 62,0 { 62,0 { 64,5 { 64,0 { 64,0 { 62,8 { 620 {
		60,6			62,7
MEDIE					
	Istantanea	72,57			
	Lenta	61,60			

Onde si vede che la corrente di carica fu di 72^{mm},6. dopo la scarica istantanea, e di 61,6 dopo la scarica lenta ²⁾. Che poi

1) *Continuazione e fine.* Vedi pag. 143.

2) Le scariche furono ciascuna volta completate con circuito metallico.

la differenza sia realmente dovuta al distruggersi o no della zona diffusa e quindi alla antecedente scarica più o meno completa, può ancora dimostrarsi ripetendo le precedenti esperienze col caricare la bottiglia con la solita batteria, ma sempre lentamente per mezzo di cordoni bagnati attaccati ai serrafilì a, a' . Così operando mancava la grande diffusione elettrica, ed allora per la carica passava sempre nella bottiglia, ad un dipresso, la stessa quantità di elettricità comunque fosse stata scaricata dianzi, cioè o rapidamente o lentamente. La Tabella seguente riporta i risultati di tali esperimenti:

TABELLA XIII.

I. SERIE		II. SERIE	
Dopo la scarica	Deviazione di carica	Dopo la scarica	Deviazione di carica
Rapida	58,5 { 60,5 { 59,8 { 60,2 { 57,6 57,0 { 57,5 { 57,8 { 59,6 {	Rapida	58,0 { 59,5 { 61,5 { 59,9 60,4 { 59,0 { 61,2 {
Lenta	59,8 { 60,4 { 61,3 { 60,4 60,2 { 60,5 { 58,5 {	Lenta	58,0 { 57,8 { 58,7 { 58,7 58,9 { 59,5 { 58,5 {

MEDIE

Dopo la scarica	Deviazioni di carica
Rapida	58,75
Lenta	59,55

Onde si rileva che la bottiglia caricata lentamente e quindi scaricata, sia istantaneamente sia lentamente, ricevè dopo, per la nuova carica istantanea, sempre la stessa quantità di elettrico misurata da una deviazione di circa 59^{mm}.

Da ultimo aggiungerò che avendo caricato, al solito, una bottiglia istantaneamente con una batteria di 8 bottiglie e 27 cariche, ed avendo quindi col galvanometro misurata la sua corrente di scarica promossa, sia fra due palline, sia fra punto e palline, trovai detta corrente essere affatto costante nei due casi, come mostra la Tabella seguente:

TABELLA XIV.

DEVIAZIONI PER LA SCARICA fra			
Num. d'ordine	Palline	Num. d'ordine	Punto e palline
2	47	1	
4	47	3	46
6	47	5	47
8	48	7	47
10	46	9	46
12	44		
	medie 46,5		46,4
Medesime Esperienze			
1	46	2	45
3	43	4	45
5	47	6	46,6
7	45	8	48
9	45	10	47
11	47		43
13	47		44
15	47		47
17	45		
	medie 45,55		45,7

Onde se ne inferisce che in queste condizioni la quantità di elettricità che produce la corrente della scarica esterna non dipende, in modo sensibile, dalla maniera di scaricare il condensatore.

§ III.

Sul valore della scarica interna ed esterna dei condensatori.

Esposi già in altre Memorie i risultati relativi all'energia delle scariche, sì all'esterno che all'interno di condensatori, ora dirò di alcuni nuovi fenomeni osservati intorno al medesimo soggetto.

Le ricerche relative alle scariche interne furono eseguite col mio termometro Leido-elettrico altra volta descritto ¹⁾. Esso, quale ultimamente l'ho costruito, è disegnato nella figura 14, ed è formato da una campana di vetro *mmn'* la quale ha il suo orlo inferiore masticiato in una ghiera di ottone *nn'*, che a vite si fissa al recipiente d'ottone *nn'*, *cc'* così strettamente da tener l'aria. Nel vano della campana e del recipiente, che costituisce il termometro, è contenuta una bottiglia di Leida cilindrica, alta 50 cm. e larga 10 cm. La sua armatura esterna, mercè tre forti molle *f, f* comunica col recipiente d'ottone, e l'interna del pari con tre forti molle *o, o'* è unita al tubo d'ottone *tp*, e per esso alle palline *q*. Il tubo passa attraverso un tappo di sughero che chiude ermeticamente l'apertura del coperchio *m* della campana, e poscia si continua con un tubo di gomma *ti* e col cannello di vetro *ib*, contenente un indice di alcool, il quale serve a misurare le dilatazioni dell'aria del termometro. L'apparecchio è unito ad una base di legno *BB'* che fa da sostegno. La pallina *q* serve per caricare o scaricare la bottiglia con l'eccitatore *E*. Perchè l'apparecchio funzioni regolarmente è necessario che le sue chiusure sieno perfette così da tenere l'aria, e che la campana *mmn'* sia verniciata internamente ed esternamente.

Avanti tutto dirò come le frange di scarica che si formano ai bordi delle armature svolgono del calore, pel quale non solo l'aria ma anche il vetro ove esse si producono si riscalda sensibilmente. Ed invero, se si carica e scarica più volte di seguito fortemente e con rapidità la bottiglia nel precedente termometro si vedrà, che esso mostra una dilatazione persistente di circa 10^{mm}

1) Villari, *Sulle scariche interne dei condensatori*; l. c.

per ogni cento scariche: la quale sparisce lentamente, e dopo parecchi minuti. Se le stesse esperienze si fanno con una bottiglia fuori del termometro, e poscia se ne esamini, con una termopila, la faccia esterna del vetro disarmato si troverà riscaldata soltanto la regione prossima al bordo dell'armatura.

Ciò premesso, le mie nuove indagini ebbero lo scopo di determinare l'energia delle scariche interne delle bottiglie nel momento della loro carica e scarica istantanea. Perciò caricavo la bottiglia del termometro rapidamente, riunendone le armature con quelle di una batteria di 4 delle consuete giare caricate con 14 unità; ed osservavo la dilatazione del termometro. Poscia scaricavo la bottiglia con un eccitatore a palline, e del pari misuravo la dilatazione del termometro dovuta alla scarica interna ¹⁾: ed i risultati che ottenni da varie di queste misure sono i seguenti:

TABELLA XV.

I. SERIE		II. SERIE	
Dilatazione per la		Dilatazione per la	
Carica	Scarica	Carica	Scarica
2,4	2,3	2,0	1,9
2,7	2,3	2,4	1,8
2,6	2,5	2,2	2,1
2,8	1,8	2,2	2,2
2,6	1,8	2,3	1,8
2,5	2,1	2,5	1,9
2,7	2,0	2,6	2,0
2,6	1,8	2,8	2,0
2,6	2,0	1,8	2,1
		2,4	1,6
		2,2	2,0
		2,3	2,2
		2,3	1,9
		2,1	2,0
		2,4	1,7
medie 2,61	2,07	medie 2,30	1,95

1) Le frange che si producono nelle cariche o scariche interne della bottiglia, oltre che dilatare direttamente l'aria la dilatano altresì pel calorico che esse svolgono sul ve-

I numeri precedenti sono fra loro assai concordi, e mostrano che la dilatazione termometrica o l'energia delle frange di carica è alquanto maggiore di quella delle frange di scarica, perchè con la carica si diffonde più elettricità sul vetro che non se ne neutralizza nella scarica: il che concorda sia con le osservazioni galvanometriche sia con quelle eseguite mercè le figure elettriche dette di sopra.

Poscia cercai di determinare l'influenza che aveva la maniera di caricar la bottiglia sul valore della sua scarica interna. Perciò adoperai come sorgente elettrica costante una batteria di 4 bottiglie, caricata con 14 unità, la cui armatura esterna era unita all'omonima della bottiglia del termometro Leido-elettrico; e per caricar la bottiglia riunivo la sua armatura interna con quella della batteria, talvolta direttamente con un eccitatore a palline (carica istantanea): ed altre volte con lo stesso eccitatore, ma prolungato con un cordone bagnato di una trentina di centimetri di lunghezza (scarica lenta): nel quale ultimo caso subito completavo la carica mercè comunicazioni metalliche. Dopo caricata la bottiglia nei due modi indicati la scaricavo istantaneamente con l'eccitatore a palline, e misuravo nei due casi la dilatazione del termometro dovuta alla scarica interna. La batteria avanti ogni nuova esperienza veniva sempre scaricata con l'eccitatore metallico. I risultali di questi confronti sono qui di seguito riportati:

tro: ma le prime dilatazioni, alle quali si riferisce la Tabella precedente, svaniscono rapidamente e le seconde lentamente: e queste ultime sono quasi impercettibili quando sono prodotte da una sola scarica interna.

TABELLA XVI.

I. SERIE		II. SERIE	
CARICATO LA BOTTIGLIA		CARICATO LA BOTTIGLIA	
Rapidamente	Lentamente	Rapidamente	Lentamente
Dilatazioni per la scarica		Dilatazioni per la scarica	
1,5	1,8	1,4	2,0
1,8	2,0	1,6	1,9
2,0	2,1	1,8	2,0
1,9	1,6	1,7	2,0
1,8	2,0	1,8	2,1
2,0	2,3		
1,7	1,9		
1,7	1,8		
1,8	2,4		
17	2,3		
	2,5		
medie 1,79	2,27	medie 1,66	2,00

Tutti i numeri precedenti mostrano che la intensità della scarica interna è minore quando la bottiglia fu caricata lentamente, ed è più cospicua se fu caricata istantaneamente: e la differenza è sicura perchè sensibile e perchè confermata da molte esperienze tutte concordi. Codesta differenza è al solito dovuta alla maggiore diffusione elettrica prodotta dalla carica istantanea relativamente alla lenta, e quindi al maggiore riflusso elettrico che si verifica per la scarica successiva alla carica istantanea.

Dopo le precedenti ricerche feci alcune poche esperienze per determinare la relazione fra il valore della scarica interna ed esterna del condensatore, riservandomi di completare in seguito queste prime ricerche.

Ed avanti tutto ricorderò come io abbia di già dimostrato in altra occasione ¹⁾ che la scarica interna di una bottiglia non varia, se s' aumenta la sua armatura interna: ed invece s' accresce assai sensibilmente quando la detta armatura si faccia più piccola dell' esterna. Questi fenomeni sono dovuti alla spiccata

1) Villari. *Sulle scariche interne dei condensatori*; l. c.

azione che esercita sulle scariche interne il potenziale della bottiglia.

Quando in un condensatore ad armature eguali si aumenta una di esse, il potenziale di una data massa elettrica non varia sensibilmente e perciò non varia neanche la scarica interna. Se per lo contrario si diminuisce l'estensione di una delle due armature eguali, s'accresce allora il potenziale della data massa elettrica ¹⁾ ed in conseguenza s'accresce la scarica interna.

E partendo da queste considerazioni studiai l'influenza che esercita la estensione delle armature sul valore della scarica esterna: perciò sperimentai con una delle consuete giare, che caricavo internamente e sempre con 3 unità; quindi la scaricavo per mezzo del mio termometro eccitatore, e misuravo le dilatazioni in esso prodotte dalla scintilla eccitatrice unica, ossia dalla scarica esterna. Tale giara in alcune esperienze aveva le armature eguali e di 38 cm. di altezza ciascuna: in altre fu accorciata l'interna e ridotta a 30 cm. ²⁾; ed i risultati ottenuti da molte misure furono i seguenti:

1) La capacità di un condensatore dipende pressochè esclusivamente dell'armatura minore, o come suoi dirsi, dall'estensione armata. Belli, *Trattato di fisica*, § 1033 e seg.

2) La bottiglia aveva le armature di 30 cm., che prolungai di 8 cm., attaccando sul vetro due strisce di stagnola unite con un poco di sego: per scorciar poscia una delle armature se ne staccava la striscia di stagnola corrispondente.

TABELLA XVII.

DILATAZIONE PRODOTTA DALL'ECCITATRICE DELLA BOTTIGLIA AD ARMATURE	
EGUALI Interna 38 — Esterna 38	INEQUALI Interna 30 — Esterna 38
8,7	10,2
11,0	9,7
10,8	9,7
8,0	9,0
8,0	10,0
12,0	9,4
10,9	10,0
10,0	9,0
10,8	10,8
9,8	10,7
9,7	10,0
9,2	10,0
10,0	11,0
10,3	9,9
9,9	9,4
10,0	10,0
media 9,94	media 9,92

I numeri precedenti mostrano che la dilatazione prodotta dall'eccitatrice esterna fu costante, sia con la bottiglia ad armature eguali sia con quella interna più piccola dell'esterna: e perciò si conclude che l'aumento di potenziale nel caso precedente è stato insufficiente a mostrare un aumento di energia nella scarica esterna.

Quindi rifeci le suaccennate misure caricando la stessa bottiglia con quattro unità elettriche, invece delle tre adoperate precedentemente, ed ottenni i risultati qui di seguito riferiti:

TABELLA XVIII.

DILATAZIONE GENERATA DALL'ECCITATRICE PRODOTTA DALLA BOTTIGLIA AD ARMATURA	
EGUALI Interna 38 — Esterna 38	INEQUALI Interna 30 — Esterna 38
13,9	18,0
17,0	26,0
16,8	18,9
17,0	27,0
18,0	25,0
18,0	18,5
17,9	29,0
18,8	20,6
17,0	19,4
19,5	18,6
15,0	19,8
16,0	23,5
17,5	20,0
15,0	20,8
18,0	18,7
16,5	22,0
media 16,99	media 21,61

Questi numeri mostrano chiaro che la dilatazione prodotta dall'eccitatrice esterna, generata dalla scarica di una bottiglia ad armature eguali, è sensibilmente minore di quella prodotta dalla medesima dopo però che l'armatura interna sia stata scorciata di 8 cm. E ciò è dovuto all'aumento di potenziale, il quale oltre dell'aumento della scarica esterna è accompagnato, come è noto, da un aumento della scarica interna.

Laonde concludendo potremo dire che diminuendo una delle armature di una bottiglia ad armature eguali, il potenziale di una data sua carica s'accresce, ed in conseguenza il valore della scarica aumenta, sì nell'interno che nell'esterno di essa.

Riassunto. — Nella carica di un condensatore l'elettricità delle armature si diffonde parzialmente sul vetro circostante, e da questo ritorna in parte a quelle, nel momento della scarica: cosicchè produconsi come un flusso e riflusso elettrico, i quali

studiati con un galvanometro a specchio ed a perfetto isolamento, condussero al risultato seguente :

Quando in un condensatore in equilibrio elettrico, una delle armature perde elettricità (nel concetto unitario), il vetro circostante supplisce in parte tali perdite, e produconsi correnti dirette verso l'armatura. Se, per lo contrario, una armatura acquista elettricità una parte di essa si diffonde sul vetro vicino, producendo correnti dirette verso il vetro. E tali flussi elettrici, quando sono sufficientemente energici, danno luogo alle frange di carica e di scarica.

Un condensatore, per mezzo di una batteria elettrizzata può caricarsi rapidamente o lentamente; e poscia può del pari scaricarsi lentamente o rapidamente. Le correnti che produconsi sul vetro ai bordi delle armature, sono più energiche nel momento della carica che della scarica; ed altresì più energiche per la carica e scarica istantanea che per la lenta.

Costrutto un secondo condensatore sul vetro libero d'una bottiglia, e distante dalle armature di questa per circa 30 millim. si producono grosse e vigorose scintille fra i due condensatori nel momento della carica e scarica istantanea della bottiglia. Se però si riuniscono le armature interne dei due condensatori mercè una di stagnola, allora nel momento della carica e scarica istantanea non si manifestano, come è naturale, più scintille internamente: e del pari una sola se ne produce esternamente, la quale scorre in prossimità della lista di stagnola interna, quasi fosse attratta da questa, sebbene essa sia percorsa da scarica di direzione opposta a quella della scintilla.

Quando si carica istantaneamente un condensatore, dalle armature si diffonde sul vetro molta maggior copia di elettricità, che nel caso della carica lenta: e parimente per la scarica istantanea, molto maggiore è la copia della elettricità diffusa che ricorre alle armature, che per la scarica lenta. Laonde un condensatore che si carica e scarica istantaneamente, può considerarsi come più ampio, e perciò come più capace della sua parte armata, onde si constataano i seguenti fenomeni col galvanometro.

In un condensatore caricato lentamente poca elettricità suol-si diffondere sul vetro, perciò la sua scarica, sia lenta sia ra-

pida, produce sensibilmente la stessa deviazione del galvanometro ¹⁾).

Per la carica istantanea passa in un condensatore più elettricità che per la carica lenta, quando si abbia l'avvertenza di scaricarlo ciascuna volta istantaneamente, a fine di distruggere la carica diffusa antecedente.

La scarica istantanea consta di più elettricità, quando il condensatore fu caricato istantaneamente, che quando lo fu lentamente.

In una bottiglia, che si carichi istantaneamente accorrerà più elettricità, se la sua carica avvenga dopo averla scaricata rapidamente che dopo scaricata lentamente.

In una bottiglia che si carichi lentamente, con una data batteria, occorre sempre l'istessa quantità di elettricità sia dopo averla scaricata lentamente sia istantaneamente, per la poca diffusione che vi produce la carica lenta.

Introducendo una bottiglia in un termometro ad aria si osserva che le dilatazioni di questo, prodotte per le frange di carica, sono più cospicue di quelle prodotte per le frange di scarica, perchè maggiore è il flusso elettrico nel primo che nel secondo caso.

Le frange della scarica istantanea d'una bottiglia, sono più energiche e generano maggiore dilatazione nel termometro se la bottiglia fu caricata istantaneamente che se lo fu lentamente.

L'ampiezza delle dilatazioni del termometro, o l'energia delle scariche interne non varia, se si accresce l'estensione di una delle armature eguali della bottiglia, non modificandosene con ciò sensibilmente il potenziale di una data carica. Invece se una delle due armature eguali si scarica, la capacità del condensatore cresce; il potenziale d'una data carica cresce, e con essa aumenta la energia della scarica, e tale aumento si scorge sì nella scarica esterna che nell'interna della bottiglia, quando si sperimenti con elevate cariche elettriche.

1) In queste esperienze la bottiglia si soleva caricare istantaneamente o lentamente riunendo le sue armature con quelle di una batteria già carica, per mezzo di un eccitatore o tutto metallico ovvero prolungato con un cordone bagnato; e nel medesimo modo si producevano le scariche istantanee o lente. E a notarsi che le cariche e scariche lente subito si completavano chiudendo il circuito metallicamente.