**SOPRA LA DETERMINAZIONE DELLA DURATA DELLA SCARICA
DELLA BATTERIA DI LEIDA; PROF. RIESS.**

(Acc. delle Scienze di Berlino, 10 Maggio 1872).

Traduzione di G. P.

In tutti gli effetti che si ottengono dalla batteria di Leida sono a mettersi in considerazione le quantità di elettricità, la condensazione elettrica media e la durata della scarica della batteria. In luogo delle due prime quantità spesso si prese la estensione della batteria e la sua distanza esplosiva, il che con giusta applicazione non porterebbe verun pregiudizio, ma senza di questa ha condotto ripetutamente a deplorevoli errori. La distanza esplosiva è infatti funzione della condensazione media e si pone costante quando si cerca come un effetto della batteria dipende dalla estensione di essa. Però tutte le variazioni nella grandezza della batteria toccano eziandio le quantità di elettricità ond'essa vien caricata, e si trova la dipendenza dell'effetto dalla quantità di elettricità. Ove poi venga fatta variare la distanza esplosiva, bisogna prendersi costanti le quantità di elettricità affinchè si giunga alla legge secondo cui l'effetto dipende dalla condensazione. Per altro invece fu soventi mantenuta costante la grandezza della batteria, ma la distanza esplosiva fu trovata funzione della quantità di elettricità e in pari tempo della condensazione, mentre la si credeva soltanto funzione di quest'ultima.

Le quantità di elettricità e la condensazione della batteria si possono di leggieri determinare direttamente; la durata della scarica, che presumibilmente sarebbe una funzione della quantità di elettricità, della condensazione della batteria e della natura dell'arco scaricatore all'incontro non lo è, e puossi solamente adoperare una determinazione indiretta, che finora fu tentata in quattro diversi modi. Di questi quattro metodi di determinazione della durata della scarica due non mi paiono

adatti e sono precisamente quelli che richiedono la più grande spesa e fatica, i metodi cioè di misurare la durata della luce della scintilla. Invece di determinare il tempo, che la batteria impiega a perdere l'elettricità in essa accumulata (il che non è fattibile), si misura il tempo, durante il quale un punto dell'arco scaricatore è rimasto elettrizzato. Vien lasciata nell'arco una interruzione, dove colla scarica appare una scintilla di cui si osserva la luce. Finora s'è ritenuto come evidente che la *durata della luce* di questa scintilla fosse uguale alla *durata della scarica* della batteria, sicchè comunemente queste due espressioni erano usate come sinonimi. Io credo di poter dimostrare che questo in generale non istà; i due primi seguenti metodi per la determinazione della durata della scarica sono da applicarsi con molta parsimonia e grandissima precauzione.

1. *Determinazione della durata della scarica della batteria mediante uno specchio ruotante.*

Com'è noto, Wheatstone nel 1834 s'è servito d'uno specchio ruotante per la determinazione della durata della luce di una scintilla di scarica. L'immagine della scintilla vi veniva dilatata sopra un arco di circa 24° , il che, essendo la velocità di rotazione dello specchio di 800 giri al secondo, corrispondeva ad una durata di 0,000042 di secondo. Questa esperienza fatta con un costoso apparecchio la riprese Feddersen nel 1857 per applicarla in un apparecchio più semplice alla determinazione della durata della luce della scintilla sotto variate condizioni (1). Sopra l'elettro-calamita mobile di una macchina a rotazione di Ritchie (2) era collocato verticalmente uno specchio di vetro lungo 6 pollici e largo 1. Sopra le branche della calamita, oltre alle due molle destinate a far invertire periodicamente la corrente nel filo che avvolge il magnete, erano collocate due molle, le quali appoggiandosi a striscie metalliche comunicanti colle armature di una batteria di Leida, operavano

(1) *Beiträge zur Kenntniss d. el. Funkens*. Kiel. 1857. (Pogg. Ann. 103. 69.).

(2) Wiedemann. *Lehre vom Galvanismus*. Braunschw. 1863. B. 2. S. 147.

la scarica della batteria. Lo specchio essendo in una posizione opportuna per l'osservazione, la scintilla passava tra due sfere di rame, la sua immagine allungata a foggia di nastro veniva osservata nello specchio e misurata su una scala in millimetri collocata di dietro. L'allargamento di un millimetro nell'immagine corrispondeva a un giro di $\frac{1}{10}$ di grado nello specchio. Ora siccome la velocità di rotazione dello specchio era nota, così potevasi calcolare la durata della scintilla dalla lunghezza della sua immagine.

La scarica della batteria (bottiglia) partendo dall'armatura interna prese il seguente cammino. Filo di comunicazione, interruzione al micrometro della scintilla, una colonna d'acqua di diversa lunghezza e grossezza, le due strisce metalliche fra loro comunicanti sulla macchina di Ritchie, filo di comunicazione, armatura interna della batteria. Le lunghezze delle colonne d'acqua impiegate sono nella seguente tavola ridotte a lunghezze di colonne grosse un millimetro. Dove nell'originale (pag. 27) sono dati più numeri io ho preso la media.

Sperienze di Feddersen.

Durata della scarica della batteria in secondi.

Lunghezza d'acqua introdotta	Distanza esplosiva 2. ^{mm}		Distanza esplosiva 10. ^{mm}	
	1. bottiglia	2. bottiglia	1. bottiglia	2. bottiglia
9 ^{mm}	0,0012 ^{sec}	0,0015	0,0014	0,0020
18	0,0016	0,0025	0,0020	0,0029
22,5	0,0049		0,0078	
45	0,0065	0,0146	0,0117	0,0230
90	0,0092		0,0144	
180	0,0136	0,0250	0,0177	0,0321

Da questa tavola è a dedursi la dipendenza della durata della scarica dalla quantità di elettricità scaricata, comparando fra loro i numeri che furono trovati per 1 o 2 bottiglie a costante distanza esplosiva, dacchè costì le quantità di elettricità scaricate stanno fra loro come 1 : 2. Le ultime 8 osservazioni, che perciò riporto di nuovo, lasciano chiaramente scorgere la legge che vale in questo caso.

Durata della scarica delle quantità di elettricità.

1.	0,0065	0,0117	0,0136	0,0177
2.	0,0146	0,0230	0,0250	0,0321.

I numeri della seconda linea sono il doppio di quelli della prima colla sufficiente approssimazione che si poteva aspettare. Propriamente coll' introdurre dell' acqua nell' arco scaricatore il residuo della batteria non è costante ; per conseguenza quand' anche le quantità d' elettricità accumulate nella batteria a costante distanza esplosiva stessero fra loro come 1 : 2 , difficilmente le quantità scaricate avrebbero a rigore lo stesso rapporto. È quindi per queste ricerche a sufficienza dimostrata sperimentalmente la legge ipotetica da me stabilita : $z = aq$.

La durata della scarica della batteria è , per una condensazione costante proporzionale alla quantità di elettricità impiegata.

Le restanti 8 osservazioni della stessa natura nella tavola si scostano di molto da questa legge. Così non può rilevarsi dalla tavola la legge ipotetica della dipendenza della durata della scarica dalla lunghezza della colonna d' acqua introdotta, la qual legge è pienamente confermata dal quarto metodo di determinazione, e tanto meno la costanza della durata della scarica col proporzionale aumento della quantità di elettricità e della condensazione nella batteria. Le sperienze utilizzabili della tavola si limitano a quelle che furono fatte introducendo nell' arco una non troppo corta colonna d' acqua ,

il che accenna ad una cagione diversa dagli errori casuali di osservazione. Io pensai subito d'aver ricorso all'introduzione di lunghe colonne d'acqua per difendere pezzi metallici puliti dai gravi danni della scintilla della batteria. Io potei allora facilmente dopo l'esperienza portare la superficie metallica nel suo primiero stato, ciò che del resto io doveva lasciare al meccanico. Segue da ciò che per la scintilla che scocca tanto maggior copia di parti metalliche viene staccata dagli elettrodi, quanto meglio conduttivo è l'arco scaricatore. Col crescere della condensazione elettrica nella batteria cresce parimenti il danno sofferto dagli elettrodi. Molte di queste staccate particelle metalliche esistono nella scintilla e con un arco scaricatore interamente metallico conseguono un forte arroventamento, ciò che fu dimostrato da innumerevoli esperienze coll'analisi spettrale dai tempi di Wollaston fino ad oggi. Codeste particelle roventi nella scintilla non si spengono tutt'a un tratto, esse si arroventano poco a poco e questo graduale arroventamento dà luogo alla durata della luce della scintilla. Quanto più grande è la quantità delle parti metalliche staccate, quanto più forte la loro incandescenza, tanto più a lungo perdurerà la luce della scintilla dopo la scarica della batteria.

L'introduzione di conduttori umidi contribuisce in doppia guisa a che la durata della luce s'approssimi a quella della scarica: essa fa scemare la copia della polvere metallica esistente nella scintilla e la costei incandescenza. Ne segue che conducono alla durata della scarica e possono paragonarsi fra loro quelle osservazioni soltanto, in cui la quantità della polvere metallica nella scintilla sia piccolissima e così pure il grado d'incandescenza non presenti in essa troppe differenze. Quest'è il fondamento della diversa applicabilità (altrimenti inesplicabile) delle suesposte osservazioni a giudicare sulla durata della scarica della batteria. Osservazioni sopra la durata della luce della scintilla fatte con troppo piccola introduzione di conduttori umidi, con diverse lunghezze di questi e diversa condensazione nella batteria, nulla ci possono apprendere sulla durata della scarica. Fu un caso propizio che Feddersen si servisse di un apparecchio molto più incompleto di quello del suo predecessore, che il suo specchio facesse al più 40 giri al secondo, laddove

Wheatstone poteva contare sopra 800. Però Feddersen fu costretto ad introdurre il conduttore umido nell'arco scaricatore e poté somministrare la conferma sperimentale di una legge divenuta teoricamente probabile.

La qui esposta conghiettura, come solamente in rari casi la durata della luce della scintilla permetta di passare alla durata della scarica si è fatta certezza per un lavoro compiuto di corto, che applica con grande cura un nuovo metodo di determinazione della durata della luce sopra un costoso apparecchio e vuol essere qui trattato diffusamente.

2. Determinazione della durata della luce della scintilla mediante un cerchio graduato che ruota.

I sigg. Lucas e Cazin a Parigi hanno in quest'anno pubblicato la conclusione di un lavoro (1) sopra la durata della scintilla elettrica, che fu determinata nel seguente modo. Un disco di mica largo 15^{cm} è, sopra una delle sue superficie, coperto di uno strato di collodio annerito con un sale d'argento e sull'orlo è solcato di 2 in 2 gradi da striscie trasparenti; esso può venir girato intorno al suo asse da 100 a 300 volte in un minuto secondo mediante un congegno di ruote ed una manovella. In faccia a questo, e più vicino che sia possibile, è collocato stabilmente, a far da verniero, un disco di vetro inargentato portante 6 striscie trasparenti che indicano il sesto della divisione del disco di mica. Può quindi in uno stesso istante una striscia del verniero soltanto coprire una striscia della divisione del disco. Il verniero viene illuminato da una scintilla elettrica che passa fra due sfere metalliche, la luce di essa è resa parallela da una lente, mentre il disco di mica viene osservato con un cannocchiale. Una batteria di Leida veniva caricata da una macchina elettroforica di Holtz, il cui disco era messo in moto insieme col disco di mica mediante una macchina di Hugon a forza di gas della forza di $\frac{1}{2}$ cavallo.

Ad ogni giro di $\frac{1}{3}$ di grado nel disco di mica, che colla più grande velocità di rotazione dura 0,000003 di secondo, vie-

(1) *Compt. Rend. de l'Ac. de Paris*, v. 70, p. 293. 1843, v. 74, p. 180.

dalla scintilla illuminata una divisione e quindi la durata della luce della scintilla sarà a desumersi dal numero delle divisioni illuminate. L'esattezza di questa determinazione dipende dalla posizione della divisione rispetto al verniero nell'istante in cui scocca e scompare la scintilla. Coincida ad es. una divisione con una striscia del verniero tanto all'apparire quanto allo spegnersi della scintilla, allora si conterà lo stesso numero di strisce illuminate, come quando la divisione dapprima illuminata si trovasse avanti di una striscia del verniero e l'ultima illuminata si trovasse indietro meno di $\frac{1}{2}$ di grado. L'errore della misura del tempo può quindi ascendere a circa 0,000006 di minuto secondo. Per determinare delle durate di luce che stanno in un rapporto più grande che 1 a 6 dev'essere data al disco di mica una diversa velocità di rotazione. Lucas e Cazin contano le strisce del disco di mica illuminate da 50 a 200 scintille e ne prendono la media per determinare la durata di una scintilla, la quale essi danno in millionesimi di secondo come agli esempi indicati più sotto.

Per arco scaricatore della batteria fu adoperato un buon conduttore, 3^m,78 di un filo di rame grosso 0^{mm},9, c'era quindi nella osservata scintilla una gran quantità di polvere metallica il cui graduale roventamento doveva essere notevole, come si è visto nel precedente paragrafo. Colla distanza esplosiva di 2^{mm},29 fra sfere di zinco larghe 11^{mm} il numero delle bottiglie si fece variare da 1 a 9; fu quindi determinata la durata della luce della scintilla per una quantità di elettricità 1 fino a 9. Ciascuna bottiglia aveva un'armatura esterna di 1243 cen. q.

Quantità di elettric. scaricata	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Durata della scint. in millio-									
nesimi di secondo	7.	11.	15.	19.	21.	23.	25.	27.	28.

Questi numeri non corrispondono nient'affatto alla legge trovata di sopra: per la durata della scarica, possono però conciliarsi con essa, ove s'abbia riguardo al graduale roventamento. L'arco scaricatore era metallico, grande quindi la quantità delle particelle staccate dalle sfere del micrometro che per di più erano di zinco, il quale, come vien dimostrato più sotto, dà la

più lunga durata di luce. Può stare la supposizione che qui la durata della luce della polvere metallica che si arroventa abbia superato in grandezza il tempo della scarica della quantità 1 di elettricità. Ma quando alla durata della scintilla corrispondente al tempo della scarica proporzionale alla quantità di elettricità, viene aggiunta la durata del graduale roventamento il quale cresce soltanto di poco coll' aumentare della quantità di elettricità, perocchè con ciò cresce solamente l'incandescenza e non la quantità della polvere metallica; allora c'è da ottenere una approssimazione ai numeri osservati. Nelle 8 esperienze di Feddersen surripetute si può immediatamente rilevare la legge della durata della scarica, dalle durate di luce osservate, poichè la introduzione di lunghe colonne d'acqua nell'arco scaricatore aveva ridotto a un piccolo valore la quantità della polvere metallica nella scintilla e la durata del suo graduale arroventamento (*nachglühen*).

Lucas e Cazin caricarono una batteria di 7 bottiglie a diverse distanze esplosive tra sfere di platino ed osservarono le seguenti durate della scintilla:

Distanza esplosiva in millimetri	2	3	4	6	8	11	16	18
Durata in milionesimi di secondo	14	22	27	39	50	60	73	86

Qui salta subito agli occhi l'influenza della quantità di polvere metallica nella scintilla sulla di lei durata. La crescente distanza esplosiva richiede una quantità di elettricità crescente in uguale rapporto e quindi, un proporzionale aumento nella durata della luce; ma in pari tempo essa trae seco un proporzionale aumento di condensazione elettrica nella batteria e però una diminuzione nella durata della scintilla. Le durate determinate dovrebbero quindi essere costanti o avvicinarsi alla costanza, il che non fanno in verun modo. Dovrebbe quindi esistere una influenza sulla durata della luce, la quale agisse in senso opposto all'influenza della condensazione. Questa influenza viene per conseguenza attribuita al graduale roventamento delle particelle metalliche staccate dalle sfere del micrometro, di cui la quantità e l'incandescenza crescono colla distanza esplosiva, siccome si rileva dai danni che soffrono le sfere. Questi danni devono essere qui stati straordinariamente grandi, il che può

mostrarsi anche senza la considerazione che le sperienze aveano ricoperto le sfere di uno strato polveriforme. Sfere di platino che hanno scaricato una batteria della grandezza qui adoperata e alle distanze esplosive qui mantenute non sono più servibili sull'usato spinterometro neppure per le più grossolane ricerche.

Quando i danni sofferti delle sfere sono più piccoli, anche la durata della scintilla aumenta meno col crescere della distanza esplosiva. Nelle esposte sperienze il rapporto tra le durate della scintilla è solamente un po' più piccolo del corrispondente rapporto tra le distanze esplosive ad es. per le distanze 1 e 4 è come 1 a 3,6. Nella tavola di Feddersen scritta più sopra ci sono 10 sperienze nelle quali 1 o 2 bottiglie furono scaricate a distanze esplosive che stavano come 4 a 5. Le durate della scintilla o non differiscono di molto per ambe le distanze esplosive o raggiungono al più il rapporto 1 a 1,7. Anche là ci fu più polvere metallica nella scintilla per le più grandi distanze esplosive che non per le più corte, ma siccome la sua quantità assoluta era più piccola e la sua incandescenza più debole che nelle sperienze in questione, così il graduale arroventarsi della polvere operò un prolungamento assai più leggiero nella durata della scintilla.

È noto già da tempo che la chiarezza della scintilla elettrica dipende dalla materia delle sfere tra le quali essa scocca. Masson ha misurato codesta chiarezza e l'ha trovata più grande nello zinco, stagno, piombo che nel rame, ottone, ferro. Lucas e Cazin danno i seguenti rapporti tra le durate di una scintilla per differenti materie delle sfere del micrometro.

Materia	zinco	rame	ottone	carbone	stagno	platino
Durata	249	211	199	187	179	162

Che la durata della scarica di una batteria dipenda dalla materia di grosse sfere tra le quali passa la scintilla, sarebbe un concetto molto arrischiato, ma che da ciò dipenda la quantità delle particelle metalliche esistenti nella scintilla si può accettare senza scrupolo. Dal posto che occupa lo stagno nella serie segue che la chiarezza della scintilla non solo dalla copia

della polvere metallica, ma dipende eziandio dalla natura del metallo.

L'ultima serie di ricerche fatte da Lucas e Cazin sulla batteria è la più notevole di tutte ed, ove le determinazioni della durata fossero a riguardarsi come sicure, dimostrerebbe che la durata della scarica della batteria e la durata della scintilla non possono scambiarsi l'una coll'altra. Una batteria di 4 bottiglie fu scaricata con una distanza esplosiva di 8 millim. mediante l'arco scaricatore fin qui usato e introducendovi lunghezze crescenti di un filo di ottone grosso 0^{mm},338.

Lunghezza del filo introdotto in metri.	0	2	5	10	20	30.
Durata della luce in milliones. di secon.	36	20	12	7	5	4.

Da esperienze fatte altrove si conchiuse con certezza che le durate della scarica della batteria crescono col crescere della lunghezza del filo introdotto nell'arco, qui noi vediamo che le durate della luce della scintilla decrescono in forte misura. Nelle esperienze di Feddersen (vedi la tavola scritta più sopra) le durate della luce crescono in proporzione più debole che non le lunghezze delle colonne d'acqua introdotte, il che viene soddisfacentemente spiegato mediante la decrescente quantità di polvere metallica nella scintilla e il suo graduale roventamento pur decrescente coll'aumentare della parte inserita nell'arco. Se codesta parte è metallica, la quantità e l'incandescenza della polvere metallica è molto più grande, molto più notevole il suo decrescimento col crescere delle lunghezze introdotte: si dovrebbe per conseguenza trovare un più leggiero aumento o anche un moderato decrescimento nella durata della luce. Ma il decrescimento è troppo forte. Per poter conciliare i numeri esposti colle esperienze note bisognerebbe per l'introduzione di 2 m. di filo prendere la durata della scarica della batteria a 0,26 e la durata dell'incandescenza della polvere metallica a 19,74 millionesimi di secondo, il che non è probabile malgrado la distanza esplosiva di 8 mill. Io credo però che la durata della luce non è qui stata determinata a dovere. Il metodo di determinazione mi sembra dar luogo a una grande chiarezza della

scintilla. Nella prima serie di sperienze furono adoperate sul micrometro sfere di zinco a una distanza esplosiva di 2^{ma}, 29, le quali accrescono la chiarezza; nella seconda serie dalle sfere di platino la scintilla divenne sempre più chiara coll'aumentare della distanza esplosiva, nell'ultima serie divenne sempre più cupa. Furono qui adoperate sfere di platino, da principio a cagione della grande distanza esplosiva la chiarezza poteva bastare per la misura, ma scemò di subito coll'aumentare della lunghezza del filo inserito nell'arco. Epperò, giacchè la chiarezza della scintilla scema lungo la sua durata, si potevano chiaramente vedere meno divisioni di quelle che venivano illuminate lungo la durata della scarica e del graduale arroventamento, e al di sopra dei 5 metri di filo introdotto potevansi calcolare troppo piccole le durate della luce.

In tutte le sperienze di questo paragrafo s'è mostrato che la durata della luce della scintilla abbraccia due parti di tempo: la durata della scarica della batteria e la durata dell'incandescenza delle parti metalliche esistenti nella scintilla. Durata della scarica e durata del graduale arroventamento hanno variato ora nello stesso senso ed ora in senso opposto, la prima poteva rimaner costante mentre variava la seconda. Con ciò vien stabilito il notevolissimo principio: *La durata della scarica della batteria di Leida e la durata della luce della scintilla della scarica non hanno fra di loro verun rapporto fisso.*

3. Determinazione della durata della scarica mediante il termometro elettrico.

Per lo scaldamento di un filo continuo, col valore V di ritardamento, mediante la scarica della batteria io ho trovato empiricamente

$$W = \frac{a V q^2}{(1 + bV)^2}$$

ove q denota la quantità di elettricità, s il numero delle bottiglie della batteria e V il valore di ritardamento di un filo variabile aggiunto ad un arco scaricatore costante. Ipoticamente,

per lo scaldamento dipendente dalla durata z della scarica della batteria ho posto :

$$W = \frac{a V' q^2}{z},$$

sicchè può esser fatta una misura relativa di due durate della scarica mediante l'osservazione dello scaldamento di un filo introdotto nell'arco. I tempi, a quantità eguali di elettricità stanno in ragione inversa dello scaldamento.

La formula ipotetica per la durata della scarica, ove (come è necessario) si scomponga il numero s delle bottiglie ne' suoi fattori, suona per conseguenza :

$$z = (1 + b V) q \frac{s}{y} = (1 + b V) \frac{q}{y},$$

ove y denota la condensazione elettrica della batteria. Una conferma di questa formula seguita dalla scoperta empirica della formula per lo scaldamento dell'arco nel circuito voltaico. La formula del calore pel circuito concorda perfettamente con quella per la batteria di Leida, quando venga assunta come giusta l'espressione data per la durata della scarica. Una diretta conferma della formula per rispetto alla quantità di elettricità la danno le sovraesposte esperienze di Feddersen, e per rispetto alla quantità di elettricità e alla lunghezza dell'arco scaricatore le seguenti ricerche di W. Weber.

4. *Determinazione mediante l'elettro-dinamometro.*

W. Weber ha applicato il suo dinamometro anche per dimostrare la dipendenza della durata della scarica della batteria, che viene ancora chiamata durata della scintilla elettrica, dalla lunghezza dell'arco scaricatore. L'applicazione delle osservazioni del dinamometro alla determinazione della durata riposa su ciò, che la velocità angolare comunicata al rocchetto mobile dello strumento dalla scarica della batteria è proporzionale al quadrato della quantità di elettricità uscita nell'unità di tempo

da ciascuna sezione del rocchetto, moltiplicata per la durata dell'efflusso. Denoti quindi i quella quantità di elettricità, z la durata della scarica della batteria; allora, limitandoci ad angoli piccoli, la deviazione ϵ del rocchetto vien data da $\epsilon = A i^2 z$, ove A è una costante. Per la determinazione di i basta in generale misurare colla bottiglia di misura la quantità di elettricità q , che è accumulata nella batteria, e dividere questa quantità per z . Allora viene:

$$\epsilon = A \frac{q^2}{z}, \quad z = A \frac{q^2}{\epsilon},$$

ed una osservazione di ϵ darebbe una misura relativa della durata della scarica. Ma la determinazione di i presuppone che la quantità di elettricità che passa per l'arco scaricatore formi sempre la stessa parte aliquota della quantità che si trova nella batteria, il che accade quando l'arco è tutto metallico, ma non quando vi si è introdotta dell'acqua. Di ciò si può facilmente convincersi. Io interruppi lo scaricatore di una bottiglia della mia batteria con un distacco largo $\frac{1}{4}$ di linea tra sfere di ottone. Allorchè l'arco era tutto metallico s'originava colla scarica della bottiglia a grande distanza esplosiva un'unica vigorosa scintilla fra le sfere, ma quando vi si trovava una colonna d'acqua larga linee $1 \frac{1}{4}$, e lunga pollici 14,3, dopo la scintilla della scarica, si stabiliva una corrente di molte piccole scintille che durava un numero più o meno grande di secondi e proveniva dal variabile residuo della bottiglia.

Weber, introducendo una colonna d'acqua lunga 1200 mill. larga 13 mill. nell'arco della sua batteria non riuscì ad impedire il passaggio dell'elettricità tra i giri del filo dei due rocchetti, dovette servirsi di un filo di canape grosso 4 mill. bagnato nell'acqua. Ma qui non era da aspettarsi che con una carica sempre eguale della batteria passasse costantemente per i fili la stessa quantità di elettricità. Per la determinazione di codesta quantità venne adoperato un galvanometro introdotto nell'arco, il quale era osservato contemporaneamente al dinamometro. Per il concetto che l'angolo d'impulsione dell'ago magnetico sia proporzionale alla quantità di elettricità uscita pel

filo del galvanometro io non poteva indicare verun sufficiente dato sperimentale nel mio Trattato di elettricità. Però può trovar qui suo luogo una breve ricerca venuta fuori dopo la pubblicazione di esso.

Buff collocò accanto al conduttore d'una macchina elettrica una bottiglia isolata di misura, le cui sfere larghe 25 mill. distavano tra loro di 1 mill. L'armatura esterna della bottiglia era in comunicazione col conduttore, l'interna con un capo di un filo molto lungo che avvolto a spirale agiva sopra un cortissimo ago magnetico. L'altro capo della spirale era in perfetta comunicazione col suolo. Girando uniformemente il cilindro della macchina passava continuamente elettricità dall'armatura interna della bottiglia nel filo del moltiplicatore; nel tempo stesso la bottiglia si caricava e si scaricava quando aveva ricevuto una determinata carica. Il numero delle scintille nella bottiglia dava quindi la quantità della elettricità passata con discreta uniformità lungo il moltiplicatore, di cui l'ago riceveva una stabile deviazione. La tangente dell'angolo di deviazione ovvero, poichè qui ci limitiamo soltanto ad angoli piccoli, l'angolo stesso doveva, secondo quel concetto, essere proporzionale alla quantità di elettricità passata pel moltiplicatore nell'unità di tempo.

Scintille delle bottiglie di misura in un

minuto q_1 83 120 154 164

Deviaz. del galvanom. E (1) $\left\{ \begin{array}{l} \text{osservate } 6^\circ,5 \quad 9^\circ,6 \quad 12^\circ \quad 13^\circ \\ \text{calcolate } 6^\circ,55 \quad 9^\circ,47 \quad 12^\circ,15 \quad 12^\circ,94 \end{array} \right.$

Il calcolo è fatto, dietro la relazione $E = 0,07899$ e corrisponde pienamente all'osservazione. Meno soddisfacente era l'accordo quando le sfere della bottiglia di misura distavano tra loro da 2 mill. a 5 mill., la qual cosa si spiega per ciò, che in tal caso le scintille scoccano più di rado e il flusso dell'elettricità lungo il moltiplicatore, fortissimo dopo, debolissimo avanti la scintilla della bottiglia di misura percorreva periodi di lunga durata, quindi si scostava di più dalla desiderata uniformità. Con q_1 è denotata la quantità di elettricità che passa pel mol-

(1) Liebig Wöhler, *Annalen der Chemie*. 86. 32. (1853).

tiplicatore nel tempo t ; s'è osservata dalla quantità q che passa nel tempo Z , quindi $q_1 = \frac{q}{Z}$. È per conseguenza sperimentalmente dimostrato che la deviazione ϵ dell'ago magnetico per la corrente elettrica segue la legge $E = a \frac{q}{Z}$. Per portare l'ago ad una stabile deviazione, conviene che la durata della corrente elettrica sia più grande che la durata delle oscillazioni dell'ago. Si lasci agire la corrente solo per un tempo cortissimo Z' sopra l'ago, il quale così non può abbandonare il meridiano, allora esso acquista, come per un urto, una velocità angolare, proporzionale a $\frac{q}{Z} Z'$ che lo spinge all'angolo e di deviazione. La quantità q di elettricità sia accumulata in una batteria, alla di cui scarica essa scorre lungo il filo del moltiplicatore. Ciascuno dei due tempi arbitrari Z, Z' diviene in tal caso necessariamente uguale alla durata x della scarica della batteria e si ha per l'angolo e di deviazione (rigorosamente per suo seno) l'espressione $e = a'q$ che è confermata da esperienze sopra un galvanometro adatto all'uso fatto con archi scaricatori metallici e con misurate cariche della batteria.

L'espressione $Z = A \frac{q^2}{\epsilon}$, data sopra per la durata della scarica della batteria diviene quindi: $Z = A \frac{e^2}{\epsilon}$, ove e denota la deviazione nel galvanometro, ϵ quella nel dinamometro. W. Weber ha dato una serie di osservazioni contemporanee di e e di ϵ a diverse lunghezze di filo umido di canape introdotto nell'arco scaricatore e con queste confronteremo la formula ipotetica per la durata della scarica, dedotta dalle esperienze sul riscaldamento. Questa formula è $x = b \left(\frac{1}{b} + V \right) \frac{q}{y}$ ove $\frac{1}{b}$ indica la lunghezza di un filo di platino scelto per unità, che si può porre per tutte le costanti parti metalliche dell'arco scaricatore, V la lunghezza dello stesso filo che può esser posta per le lunghezze variabili del filo umido di canape. Senza dubbio $\frac{1}{b}$ può qui trascurarsi di fronte a V . La con-

densazione elettrica media è stata nelle esperienze posta costante. Viene quindi $z = b V q = b V e$ e $\frac{z}{e V} = \text{costante}$. Prendiamo per z il valore determinato sopra $z = A \frac{e^2}{\epsilon}$, allora viene $\frac{e}{\epsilon V} = \text{costante}$. Per semplicità nella seguente tavola è preso per unità il valore di V per una lunghezza di 250 mill. del filo umido. Le deviazioni sono rilevate colla lettura dello specchio e date in parti di scala (1).

Valori di V	8	4	2	1	1	2	4	8
Deviaz. { galvanom. e	79,9	76,6	82,3	87,3	82,9	95,6	95,8	101,5
{ dinamomet. e	65,6	153	293,8	682	609,1	422,8	210,1	98
$\frac{e}{\epsilon V}$	0,1523	0,1251	0,1401	0,1280	0,1361	0,1131	0,1140	0,1294

Secondo la formula ipotetica, l'ultima linea dovrebbe mantenere numeri costanti. Se si esclude il primo, i valori di $\frac{e}{\epsilon V}$ si scostano dal valor medio 0,1265 così poco, come solo talvolta si potrebbe pretendere. Le discrepanze non sono da attribuirsi alle deviazioni osservate, ma alla circostanza che per provare la condensazione costante nella batteria fu adoperato l'elettroscopio a quadrante che è un mezzo poco delicato.

La formula per la scarica della batteria $z = b \left(\frac{1}{b} + V \right) \frac{q}{y}$ è adunque stata confermata rispetto alle variabili $\left(\frac{1}{b} + V \right)$ e q (quest'ultima anche pel I. metodo di determinazione) ed è a desiderarsi che venga provata col dinamometro anche rispetto alla terza variabile, la condensazione elettrica media.

L'elettrodinamometro, com'è ora costituito, può soltanto servire per quelle correnti di batteria, le quali sieno state di molto indebolite per l'introduzione di un conduttore umido nell'arco. Dovrebbe riuscire, ciò che è già riuscito pel galvanome-

(1) *Abhandl. bet Begründung. der sächs. Ges. d. Wiss.* 1846. S. 294.

tro, di levare questa restrizione del suo uso, allora avremmo nel dinamometro e nel termometro elettrico due mezzi, che si servono a vicenda di complemento e di controllo, per la facile e sicura determinazione della durata della scarica della batteria. Per un arco interamente metallico potrebbesi fare a meno del galvanometro che richiede un secondo osservatore.

NOTA SULLA TEORIA MATEMATICA DEI SOLENOIDI ELETTRODINAMICI ; DEL PROF. EUGENIO BELTRAMI.

I solenoidi considerati in questa nota sono sistemi continui di correnti, la cui legge di distribuzione è molto più generale di quella che si ammette ordinariamente.

Ecco come io li suppongo costituiti.

Uno spazio chiuso qualunque, S , è limitato in ogni senso da una superficie chiusa, ω . Si assume una funzione $\phi(x, y, z)$ delle coordinate dei punti di S , soggetta alla sola condizione d'essere entro questo spazio monodroma, finita e continua insieme colle sue derivate prime. Le superficie rappresentate dall'equazione $\phi = \text{cost.}$, che indicherò col simbolo (ϕ) , sono tutte distinte l'una dall'altra, epperò le linee secondo cui intersecano la superficie ω sono chiuse, e distinte anch'esse l'una dall'altra. Queste linee dividono la superficie ω in un'infinità di striscie elementari, ciascuna delle quali corrisponde ad un incremento infinitesimo $d\phi$ della funzione ϕ . Ciò posto, si fa circolare, in un determinato senso, lungo ciascuna di queste striscie, una corrente d'intensità $= k d\phi$, dove k è una costante e $d\phi$ è l'incremento che riceve la funzione ϕ passando dall'uno all'altro margine della striscia che si considera. L'insieme di tutte queste correnti costituisce il solenoide generale ch'io mi propongo di considerare, e che dirò Σ .