RICERCHE SULLA LUCE ELETTRICA; DEL P. A. SECCHI

(Direttore dell' Oss. del Collegio Romano).

Queste ricerche sono state intraprese per ordine di Mons. Miliesi Ministro del Commercio e dei Lavori pubblici dello Stato Pontificio, onde poter decidere se potesse con sufficiente economia e sicurezza usarsi la luce elettrica ne' Fari dei porti dello Stato, e specialmente in Ancona e Civitavecchia. Gli apparati che hanno servito sono stati provveduti dal Ministero; e a sue spese pure sono state fatte le sperienze delle quali passiamo a dare una breve informazione.

Il problema abbraccia due parti: 1° studio della pila per ottenere la corrente; 2° studio della macchina per aver luce costante pel bisogno del Faro, cioè durante almeno otto ore continue.

RICERCHE SULLE PILE

§ I.

Misura delle forze Elettriche

Trattandosi di una pila a molte coppie, il miglior misuratore è il voltmetro o apparecchio a decomposizione d'acqua; ma questo apparato indebolendo molto la corrente produce una perdita di forza inutile: di più non può usarsi volendo studiare gli elementi isolatamente, ed è sempre di non piccolo incomodo; quindi mi sono servito della deviazione dell'ago magnetico. Per poter calcolare con precisione le forze dietro tali deviazioni, dopo aver provato gli apparati che si trovavano nel nostro Gabinetto Fisico e trovatili inutili, essendo essi destinati a misure di forze mediocri, ho dovuto farne costruire uno nuovo che fosse opportuno alle grandi forze che doveano misurarsi. La prima cosa fu di formare una tavola esatta che desse le forze proporzionali alle deviazioni, e che volendosi potesse poi anche servire di base ai calcoli teoretici

colle note formule, onde era necessario che l'apparato avesse certe condizioni, alle quali soddisfa quello che ho fatto costruire. Questo consiste in una grande bussola delle tangenti, la quale ha per ago una sbarretta d'acciaio calamitato lunga $0^m,463$, i cui poli sono a ciascun capo più indentro di $2^{mm},5$, grossa in quadro $3^{mm},4$. Un sol giro di filo di rame, grosso $3^{mm},75$ e lungo $2^m,464$, è avvolto attorno ad un cerchio di legno scanalato alla sua circonferenza esterna del diametro di $0^m,6034$, e i capi del filo prolungati in due appendici s'immergono in due vasselli di vetro pieni di mercurio. Per altre ricerche, di cui dirò appresso, vi si è anche avvolto un secondo filo sottile che fa 40 giri. Per misurare le deviazioni si mise sul piatto della bussola un bel circolo metallico, smontato da un circolo ripetitore di Borda e graduato con gran precisione, del diametro di 49 pollici, che dà i decimi di grado centesimale direttamente.

L'ago essendo più corto del diametro del circolo, venne prolungato fino al lembo graduato mediante una piccola asticella di leggerissimo legno d'abete terminata da due sottili punte di filo d'argento. Queste punte servivano da indice, e si leggevano le posizioni con due microscopi collocati diametralmente opposti, per avere maggior precisione, ed eliminare l'eccentricità dell'ago. L'ago è sospeso per un filo di seta attaccato ad una staffa, il cui punto di sospensione può ammettere diversi piccoli movimenti, ed è riparato dall'aria con una lastra di cristallo, e con un tubo pur di cristallo è riparato il filo di sospensione. Questa bussola, come ognun vede, non può esser delicatissima: essa è però abbastanza esatta per il genere di ricerche che doveano istituirsi; e questa ci ha dato la misura di tutte le correnti, delle quali parleremo in appresso.

Per sapere la forza reale della corrente dietro la deviazione apparente ch'essa produce, è mestieri conoscere la legge con cui cresce la forza al crescere delle deviazioni, e questo può farsi in due modi: cioè o teoricamente determinando colle formule le forze corrispondenti a ciascun grado di deviazione (il che è agevole, conosciute le dimensioni dell'apparecchio, dietro le formule di Savary, o meglio dietro le più complete date da me negli Annali di Scienze Matematiche e Fisiche del signor Tortolini tom. I.) ovvero empiricamente, moltiplicando la cor-

rente stessa più volte intorno all'ago, partendo da alcune deviazioni supposte proporzionali alle forze, e supplendo il resto coll'interpolazione. Questo secondo metodo mi è sembrato preferibile, perchè esente da qualunque specie d'ipotesi sulla legge delle forze; e però ho fatto i seguenti esperimenti.

ESPERIMENTO I. Montata una coppia alla Daniell riconosciuta di forza costante abbastanza, ho disposto attorno alla bussola un filo di rame vestito di seta, talmente lungo che potesse fare 40 giri: indi sono venuto levando successivamente 1, 2, 3.... giri, e notando ciascuna volta la deviazione dell'ago: poscia con ordine inverso sono andato avvolgendo successivamente 1, 2, 3... giri fino ai 40 di prima, per distruggere così qualunque effetto della irregolarità della pila. I risultati ottenuti in tre serie di simili esperimenti sono registrati nella tavola qui appresso.

Tav. 1^a.

N.º dei giri	Serie 1 ^a	Serie 2 ^a	Serie 3 ^a	Medio delle 3 Serie	Differenze	
					1 ^o	2 ^o
1	12, 75	13, 30	13, 35	13, 13	11, 31	
2	24, 20	24, 20	24, 95	24, 44	10, 13	1, 18
3	33, 65	34, 25	35, 80	34, 57	8, 20	1, 93
4	41, 90	42, 40	44, 00	42, 77	6, 48	0, 72
5	47, 65	49, 25	50, 85	49, 25	5, 38	1, 10
6	52, 83	54, 50	56, 55	54, 63	4, 04	1, 34
7	56, 95	58, 80	60, 25	58, 67	3, 51	0, 53
8	60, 25	62, 60	63, 70	62, 18	3, 32	0, 19
9	63, 75	65, 80	66, 95	65, 50	2, 85	0, 47
40	66, 45	68, 95	69, 65	68, 35		

Come deve aspettarsi in simili ricerche, le differenze 2^o sono un poco irregolari, perciò furono esse proiettate in una carta di quadrati, e tirata una curva fra i punti così ottenuti si ebbero le differenze regolarizzate che qui diamo.

La media delle differenze 3°, che sono quasi costanti, è 0, 19; con questo dato risalendo dietro la nota legge dell' interpolazione, abbiamo ricostruito la 1ª serie anche più regolarmente che non danno i medi diretti, e che può considerarsi come poco affetta dagli errori di osservazione. Il risultato è contenuto nel quadro seguente, ove sotto il titolo di forza ridotta s'intende il numero dei gradi di cui devierebbe l'ago sotto le varie correnti moltiplicate, se la sua deviazione fosse direttamente

proporzionale alla forza. Chiameremo queste forze col titolo di *gradi proporzionali*, e li indicheremo con mettere un *op* in alto sopra del numero, come un esponente.

Differenze	
2°	3°
4, 58	
4, 40	0, 18
4, 22	0, 18
4, 03	0, 19
0, 83	0, 20
0, 62	0, 21
0, 44	0, 18
0, 26	0, 18

Tav. 2ª.

Num. dei giri	Deviazione	Forza vera in gradi proporz.	Differenza tra i gradi osser. e i dedotti
1	12°, 75	12 ^{op} , 75	+ 0, 38
2	24, 22	25, 50	+ 0, 22
3	34, 02	38, 21	+ 0, 55
4	42, 13	51, 00	+ 0, 64
5	49, 84	63, 75	— 0, 59
6	54, 34	76, 50	+ 0, 29
7	58, 82	89, 25	+ 0, 15
8	62, 48	102, 00	— 0, 30
9	65, 54	114, 75	— 0, 01
10	68, 08	127, 50	+ 0, 28

Ho messo nella 4ª colonna le differenze tra le serie delle deviazioni osservate e le corrette per l'interpolazione detta di sopra. Le differenze superano certo gli errori di lettura delle sin-

gole osservazioni, ma non quelli che possono nascere dalla fluttuazione della pila; onde credo che possa ammettersi la tavola regolarizzata a preferenza della osservata. L'intraprendere in ciò calcoli più astrusi, nol richiede lo scopo che si è prefisso in queste ricerche, nè il tempo di cui poteva disporsi per queste sperienze; e perciò dò i risultati originali, onde se altri volesse possa discuterli a modo suo.

Questa tavola non porta la deviazione che a 68°, e noi abbiamo bisogno di arrivare almeno ad 80°. Fu perciò fatto l'esperimento seguente:

ESPERIMENTO II. Armato uno dei grandi elementi alla Bunsen, di cui daremo appresso le dimensioni, e aspettato un'ora, onde divenisse stazionario nel suo massimo di forza, si fece una serie novella di esperimenti collo svolgere e avvolgere i giri del filo di rame successivamente dalla bussola, e si ottennero i risultati seguenti.

Num. dei giri	Serie 1 ^a	Serie 2 ^a	Medio delle 2 Serie	Dif- ferenze	Gradi Proporzio- nali
1	28, 60	29, 20	28, 90		28° ,9
2	47, 50	47, 05	47, 28	18, 38	57 ,8
3	59, 45	59, 50	59, 47	42, 49	86 ,7
4	67, 25	67, 25	67, 25	7, 78	145 ,6
5	73, 00	73, 45	73, 07	5, 82	144 ,5
6	76, 95	76, 85	76, 90	3, 83	173 ,4
7	79, 95	80, 30	80, 42	3, 22	203 ,3
8	82, 35	82, 55	82, 45	2, 23	234 ,2
9	84, 35	84, 40	84, 38	1, 93	260 ,1
10	85, 95	86, 05	86, 00	1, 62	289 ,1

Si vede dalla 5^a colonna delle differenze quanto poco nei gradi superiori cresce la deviazione per l'aumento di una unità della forza assoluta; onde a questi limiti alti della bussola, ogni mi-

nimo errore d'indicazione ne produce uno grande nei risultati: quindi senza necessità non è spedito servirsi di sì alte deviazioni. L'ultima colonna del quadro superiore fa vedere il grado di forza corrispondente a una deviazione di 86° prendendo per base semplice quella che fa deviare la bussola di $28^\circ 9$. Ma è da avvertire che questa forza $28^\circ 9$, non può assumersi proporzionale alla semplice deviazione; ed è perciò necessario fondarsi dalla serie dell'esperimento precedente (n° I.) per dedurre il valore dei gradi proporzionali. Le due serie si sovrappongono per un grande intervallo, e ci danno un mezzo facile per riconoscere la precisione a cui può arriversi nella misura delle forze col nostro strumento.

Per vedere tale congruenza delle due serie, furono i risultati loro proiettati sopra una carta rigata a quadrati, costruendo una curva, in cui le ascisse erano le deviazioni vere, e le ordinate le forze proporzionali. La prima serie fu costruita in primo luogo, e si supposero le forze perfettamente proporzionali alle deviazioni fino a $42^\circ,5$, il che può farsi senza errore sensibile (a). Fatto ciò fu preso sopra questa prima curva il valore proporzionale alla deviazione $28^\circ,9$, che serve di base al II esperimento, e che è $\equiv 32^\circ,7$, e su questo con continuà addizione si progredì a valutare le ordinate superiori. In questa costruzione si vide che nella porzione di scala comune alle due serie le curve si sovrapponevano con molta precisione, e quindi si continuò la curva colla sola seconda serie. Su queste curve grafiche con metodo inverso fu poscia ricavata la valutazione delle deviazioni in gradi proporzionali, come pure si trasse la tavola dei gradi proporzionali che qui soggiungo della quale si deve servire per conoscere la forza della corrente corrispondente a ciascuna deviazione.

(a) In un apparato come il nostro, pei primi gradi le forze sono certo proporzionali alle tangenti, e queste sensibilmente eguali alle deviazioni. Infatti la tg. di $12^\circ = 0,2125$, quella di $12 \times 1^\circ = 0,2188$: la differenza è 0,0063 piccola cosa, e inferiore alle incertezze delle deboli forze in questo strumento.

Tavola dei gradi proporzionali della deviazione della bussola.

Gradi di deviazione	Forze corrispondenti	Gradi di deviazione	Forze corrispondenti
0°	0 ^{op} , 0	62°	99 ^{op} , 8
5	5, 0	64	107, 5
10	10, 0	66	117, 6
15	15, 5	68	126, 5
20	20, 6	70	138, 5
25	26, 1	72	149, 5
30	32, 8	74	163, 5
35	39, 8	75	171, 0
40	47, 2	76	179, 0
44	53, 6	77	187, 5
46	57, 9	78	196, 0
48	61, 5	79	207, 0
50	64, 8	80	217, 5
52	69, 4	81	229, 0
54	76, 3	82	244, 0
56	81, 1	83	262, 0
58	86, 9	84	278, 0
60	92, 8	85	294, 0

NB.— I gradi veri sono gradi centesimali: cioè il quadrante è diviso in 400 parti, all'uso dei circoli di Borda. —

Per le deviazioni assai alte questa tavola può essere in errore di 1, o 2^{op}; ma in generale sarà sufficiente allo scopo, al quale essa deve servire, essendo quello di riconoscere il grado di costanza nelle pile, e la loro forza relativa per solo uso pratico, e non per una delicata scientifica discussione.

Questi gradi però sono arbitrari, in quanto che una bussola costruita in altre proporzioni, ovvero la stessa con diverso conduttore dà necessariamente risultati differenti. Per ridurre le sue indicazioni ad un termine di paragone in qualche modo assoluto, e che servir potesse di norma agli sperimentatori, si doveva ricorrere ad una unità di misura indipendente dallo strumento. Questo suole essere la quantità di gas ottenuto in un dato

tempo da una corrente capace di produrre una determinata deviazione. Questo metodo realmente preferibile, e che è il più sicuro per chi ha tutti gli apparati necessari a prendervi le misure esatte, non era per me adoperabile mancando di molti di essi. Quindi ho dovuto supplirvi in altro modo, ed ho creduto sufficiente il sostituirvi la quantità di rame precipitato in un dato tempo con un elemento semplice della pila di Daniell, la cui corrente si facea circolare attorno alla bussola.

Questo metodo ha il vantaggio: 1° di essere applicabile a tutti gli strumenti reometrici; 2° di essere indipendente dalle irregolarità possibili a provenire dalla costruzione e dimensioni dei voltametri, ossidazione del platino, ecc.; 3° di essere sommamente agevole non richiedendo che una discreta bilancia per pesare i prodotti; e 4° possono diminuirsi gli errori quasi indefinitamente col prolungare l'azione ed aumentare la quantità di rame precipitato. È vero che talora dà risultati erronei se non si tenga la soluzione ben satura; ma colla debita cura può ciò evitarsi facilmente, e spero di esservi riuscito.

Esso si fonda sui principi ben certi nella scienza: 1° che in un dato tempo la quantità della corrente è proporzionale alla azione chimica prodotta; 2° che col regolare le resistenze diversamente può aversi quella forza di corrente che più si desidera, e che quando si abbia cura d'isolare discretamente la pila, tutta l'azione elettrica passa attraverso il filo congiuntivo.

Si cercò adunque quanta deviazione produceva nell'ago una corrente capace di precipitare un grammo di rame in un'ora di tempo, e il risultato fu la quantità

$$f = 4^{\text{op}}, 328;$$

numero abbastanza esatto per dare una idea della forza elementare che adoperiamo. Ecco gli esperimenti che condussero a questo risultato.

ESPERIMENTO III. — Armata una pila alla Daniell con diaframma di terra porosa, appena si vide la corrente ridotta ad esser costante, si pesò tanto il rame che lo zinco: quindi dopo 4 ore di tempo si ripesò l'uno e l'altro, e pel rame si ottenne quanto segue:

<i>Tempo</i>	<i>Forza di corrente</i>	<i>Aumento in peso di rame</i>
4 ore	22 ^{op} , 94	21 ^{gr} , 18

che divisi per 4 danno per un'ora 5^{gr}, 29.

Se quindi si cerca qual forza dovrà avere la bussola per far precipitare un solo grammo in un'ora, si avrà la proporzione

$$5^{\text{gr}}, 29: 22^{\text{op}}, 94 :: 4 : x; \text{ donde } x = 4,338 \text{ (b)}$$

In un'altra ripetizione del medesimo esperimento si ottenne quanto segue:

<i>Tempo</i>	<i>Forza di corrente</i>	<i>Aumento in peso di rame</i>
9 ^{or} , 66	25 ^{op} , 56	56 ^{gr} , 50,

donde per un'ora = 5^{gr}, 94, e facendo come sopra si ha

$$x = 4,318$$

Ora I esperienza $x = 4,338$

II » $x = 4,318$

Medio $x = 4^{\text{op}}, 328$

Una corrente dunque che facesse deviare l'ago di 4^{op}, 328 precipiterebbe in un'ora un grammo di rame.

Abbiamo preferito la quantità di rame precipitato a quello di zinco sciolto per la ragione che è difficile l'evitare in questo le azioni locali, e così la perdita per ossidazione dello zinco, senza che venga accusata l'azione chimica dalla circolazione della corrente. L'endosmosi che spesso ha luogo fra i liquidi, specialmente se i vasi porosi sono di qualità mediocri, come erano i nostri;

(b) In queste ricerche si è adottata la seguente composizione del solfato (anidro) di rame data da Regnault;

ac. solf.	{ solfo 200 { ossig. 300 }	acido 500
oss di rame	{ ossig. 100 { rame 395 }	base <u>495</u>
		Peso 995

L'equivalente dello zinco è 406,6, e in numeri tondi 100 di solfato anidro di rame contengono 39 di rame; e più largamente :: 10 : 4. Il solfato ordinario contenendo 5 equiv. d'acqua ($\text{CuO}, \text{SO}^3 + 5\text{H}_2\text{O}$), chi volesse risalire dal rame al peso del solfato usato è necessario tener conto di questa quantità.

e le eterogeneità dello zinco anche amalgamato, fanno che questo si sciogla sempre un poco nell'acqua acidulata anche a circuito aperto; nè era a nostra disposizione lo zinco distillato e l'ac. solforico purgatissimo; e l'usarli sarebbe stato inutile perchè questi materiali non sono a disposizione di chi vuole servirsi della corrente elettrica per gli usi che dobbiamo far noi: e lo stesso signor Despretz ha trovato che questo metallo è sempre un poco solubile anche nell'ac. solforico purgatissimo. Crediamo quindi abbastanza accurato il metodo tenuto per questo genere di ricerche, e su cui torneremo forse in appresso.

Abbiamo cercato fino a qual punto tali azioni locali potevano influire nello sciogliere lo zinco; quindi fu fatto il seguente

ESPERIMENTO IV. — Preparata la pila con ogni diligenza e pesato lo zinco ed il rame prima di prepararla, lasciatela agire per alcune ore, si riaprì il circuito, e pesati di nuovo i metalli si trovò:

Perdita di zinco = $44^d, 4$

Aumento di rame = $9, 5$

Ora gli equivalenti del rame e dello zinco :: $395,6 : 406,6$ si ha per $9,5$ di rame l'equivalente $9,76$ di zinco. Ora la differenza di questo numero da $44^d, 4$, cioè $4^d, 34$ esprime lo zinco perduto durante l'azione locale, e ciò quantunque in questo caso la pila fosse nuova e preparata con ogni diligenza, e il diaframma scelto con gran cautela: anzi in altri casi la coppia di zinco sciolto si trovò fino doppia di quella che conveniva al rame precipitato; e ciò crediamo accaduto per delle azioni locali prodotte specialmente dalla infiltrazione all'esterno della soluzione di solfato, e del rame che si precipita sullo zinco, con che viene a produrre tante piccole coppie voltiane. Usando la pila di Bunsen simile perdita si produce dall'ac. nitrico passante attraverso il vaso poroso. Questi e molti altri simili esperimenti ci mostrarono che la qualità dei diaframmi è da studiarsi assai, e che non tutti sono egualmente buoni specialmente per l'uso che voglia farsene a pila di Daniell, e che si avrà circa una spesa doppia della forza utile, se non si abbia grande attenzione alla scelta di questi vasi.

Siccome avremo spesso bisogno di comparare tra loro le forze

delle varie pile; così sarà comodo l'introdurre la denominazione di una unità di forza elettrica assoluta, e sceglieremo per ciò la detta poc' anzi, cioè la corrente che precipita in un' ora un grammo di rame, e che chiameremo *dinamia elettrica*.

La forza utile della pila in dinamiche elettriche si otterrà dividendo per 4,33 il numero dei gradi di cui devia durante una ora l'ago del galvanometro con deviazione costante. Se la deviazione non resta costante siano t, t', t'' gl' intervalli di tempo, durante i quali la forza può stimarsi invariabile; indicando per d, d', d'' le deviazioni corrispondenti, avremo che la somma totale delle forze relativamente ai tempi sarà

$$dt + d't' + d''t'' + \dots;$$

e quindi dividendo questa somma per la somma dei tempi e pel numero costante 4,33 si avrà la forza in dinamiche

$$F = \frac{dt + d't' + d''t'' + \dots}{t + t' + t'' + \dots} \times \frac{1}{4,33}.$$

Ordinariamente si osserva l'ago solo in certi tempi dall'uno all'altro dei quali la corrente sta scemando, e in tal caso il vero valore si otterrà prendendo la media della 1^a e 2^a deviazione, 2^a e 3^a; cioè

$$\frac{d+d'}{2} t, \quad \frac{d'+d''}{2} t', \quad \text{ecc};$$

ossia

$$F = \frac{1}{2} \frac{(d+d')t + (d'+d'')t' + (d''+d''')t''}{t+t'+t''} \times \frac{1}{4,33}$$

il che viene a dare la regola seguente. « Si tracci la curva che « esprime la forza della pila prendendo il tempo per ascisse e le « forze per ordinate, e si faccia la somma delle aree dei trapezi « corrispondenti alle deviazioni osservate in ciascun tempo, e di « visa questa per la somma dei tempi e pel coefficiente 4,33, « il quoto sarà la forza della pila in dinamiche elettriche. »

Esempio. — Una pila di Bunsen ha dato queste deviazioni:

Tempi	Deviazioni	d + d'
0 ^{re}	88, 0	176, 5
1	88, 5	168, 0
2	79, 5	149, 7
3	70, 2	132, 7
4	62, 5	120, 0
5	57, 5	110, 7
6	53, 2	102, 3
7	49, 1	97, 0
8	47, 9	1056, 9

I tempi sono $t=t'=t''=4^{\text{re}}$, quindi

$$F = \frac{1056,9}{2.8.4,33} = \frac{528,45}{8.4,33} = \frac{122,04}{8} = 15,25$$

La bussola che abbiamo finora descritto è tale che dà la quantità dell'elettrico attualmente circolante; ma per le ricerche che noi ci proponiamo di fare è d'uopo conoscere anche altri elementi, e soprattutto la facoltà con cui la corrente emanata dalle varie pile può vincere gli ostacoli: dalla quale cognizione dipende la determinazione esatta del numero delle coppie che si devono adoperare nella luce elettrica. Questo secondo strumento è conosciuto sotto il nome di *reostato* e si costruisce in vari modi. Quello che io ho fatto fare è disposto nel modo che segue.

Un cilindro di legno duro fu tutto rivestito di gutta-percha e su questa si avvolse in giro un filo di rame lungo 40^m circa e grosso 4^{mm},4 ciascun giro del quale era 0^m,30. Ogni giro era separato dall'altro per un intervallo di 2^{mm} circa; una linguetta metallica scorrevole sopra un grosso filo parallelo all'asse del cilindro serve a mettere la comunicazione con quel giro che più piace, e così introdurre più o meno filo.

È noto che la forza di una pila semplice è espressa da

$$F = \frac{E}{R},$$

essendo F il numero dei gradi deviati quando nel circolo è una resistenza R , ed E quella che chiamasi forza elettromotrice, e che in realtà è misurata dalla deviazione che avrebbe luogo all'unità di resistenza, e che anche suol dirsi dalla tensione che avrebbe il circuito aperto perchè è ad essa proporzionale.

Comunemente si suol dividere appunto la resistenza R in due: una r che abbraccia solo le parti essenziali della coppia voltiana cioè i liquidi, le lastre metalliche e le appendici indispensabili per fare le giunture, e dicesi *interna*; l'altra x che comprende i conduttori aggiunti e dicesi *esterna*. In tal caso la forza si esprime per

$$F = \frac{E}{r+x}.$$

Se le pile siano più di una si congiungeranno in serie al modo solito, e allora si avrà

$$F_n = \frac{nE}{nr+x}.$$

Quindi è necessario conoscere la resistenza r interna a ciascun elemento per determinare il numero di elementi necessario a vincere una data resistenza esterna x .

La resistenza elementare interna r si trova facilmente a questo modo: Si fa circolare prima la corrente per la bussola, e si nota il grado di deviazione: indi deviando la corrente con un filo eguale in resistenza alla resistenza del filo avvolto attorno alla bussola stessa, si nota diligentemente il grado a cui si arresta l'ago quando è soggetto alla corrente così deviata. Sia questo K° , si tolga la deviazione, l'ago salirebbe immediatamente al grado di prima; ma invece si aggiungano tanti giri del filo del reostato quanti occorrono finchè l'ago ritorni stazionario a K° . Si può dimostrare che la resistenza della porzione di circuito non de-

viato è eguale al numero dei giri del reostato così introdotti. Prendiamo per esempio un'esperienza.

Una pila alla Bunsen faceva deviare la bussola di $65^{\circ},5=114^{\circ},0$. Deviata la corrente col filo grosso di resistenza eguale a quello della bussola stessa si ha $47^{\circ},0=58^{\circ},2$. Levata la deviazione, l'ago sale, ma aggiungendo 12 giri del filo del reostato si riporta a $47^{\circ},0=58^{\circ},2$. La resistenza interna del circuito non diviso è dunque 12 giri del reostato, cioè

$$r=12 \text{ giri.}$$

In questa il circuito diviso è solo il filo grosso della bussola, onde x è la resistenza del filo della bussola che ridotto in giri del reostato si trovò essere $=0^{\text{m}},35=1 \text{ giro}, 17$, e sarà la forza della pila

$$F = \frac{E}{12+1,17} = \frac{E}{13,17},$$

cioè

$$114^{\circ},0 = \frac{E}{13,17};$$

donde

$$E = 1501,4.$$

Vedremo appresso le applicazioni di questi principi.

§ II.

Ricerche sulle pile di cui si è proposto di servirsi.

Fin dall'anno 1848 istituì una serie copiosa di esperienze fatte sovra diverse pile, e la loro costanza, secondo le varie combinazioni, la quale venne pubblicata negli atti dell'Istituto Smithsonian di Washington, e ne do qui il presente estratto.

Tempo	Pila di Daniell con sacco di tela e zinco di 22cm di lato in quadro		Coppia di Bunsen Piccole dimens. Altezza = 12cm		Coppia di Grove Dimensioni come l'altra di Bunsen		Pila alla Vo- laston solo ac. solfor. allun- gato
	1° gior.	2° gior.	1° gior.	2° gior.	1° gior.	2° gior.	
0 ^{or} , 0 ^m	77,45	77,00	54,0		49,0	48 ¹ / ₄	82,0
3 , 05	77,45	»	53,0		60 ¹ / ₂	»	80 ¹ / ₂
0 , 10	79,00	»			65 ¹ / ₂	»	77,0
3 , 30	79,20	»			68,0	»	70 ¹ / ₄
1 , 00	79,20	70 ⁵ / ₄	53,0	39,0	69 ¹ / ₄	»	68,0
1 , 30	79,20	»			»	»	64,0
2 , 00	79,15	76 ¹ / ₄	52 ¹ / ₂	38,0	69 ¹ / ₄	46 ¹ / ₄	»
3 , 00	79,15	»			70 ¹ / ₂	45 ¹ / ₂	55,44
4 , 00	79,18	»	82 ¹ / ₂		71 ¹ / ₂	45,0	49,0
5 , 00	79,15	76,00	52 ¹ / ₄		»	44,0	»
6 , 00	79,10	»	52,0		»	43 ¹ / ₂	»
7 , 00	79,20	»	»		68,0	42,0	35,0
9 , 00	79,00	74,00	54,0		65 ¹ / ₂	»	»
11 , 00	78,45	»	50 ¹ / ₂	47,0	62,0	37,0	23,0
13 , 00	78,20	70,00			59,0	34,0	»
15 , 00	»	»	58,0		»	»	»
18 , 00	»	»			»	»	»
20 , 00	»	»			50,0	»	11,0
22 , 00	77,10	49,45			»	27,0	»
23 , 00	77,00	47,30	45,0		49,0	25 ¹ / ₂	»
24 , 00	77,00	44,25			48 ¹ / ₄	24,0	8,0

Da questa tavola apparisce che la pila di Grove è la più forte, e che dopo questa viene quella di Bunsen la quale è (a

pari superficie) bensì forte, ma non costante, e che la pila di Daniell a solfato di rame e sal comune soddisfa invece al quesito quasi perfettamente. Più tardi il sig. Despretz è arrivato alla stessa conclusione (V. C. R. de l'Ac. de France).

Tuttavia era necessario nel caso nostro riconoscere la forza della pila che doveva servire coll'apparato foto-elettrico inviatoci, e insieme fare uno studio esatto di queste forze; onde poter rispondere alle numerose questioni, specialmente economiche.

Stabilita pertanto la tavola di proporzione formata nel § precedente tra i gradi di deviazione, e la forza vera della corrente, ci è stato facile valutare la forza della pila in tutte le esperienze istituite.

Veniamo ora ai particolari delle nostre ricerche. Quello che bisognava conoscere prima di ogni altra cosa erano i seguenti punti: 1° la quantità di materiali richiesti in ciascun elemento; 2° la sua forza in quantità e tensione; 3° Il consumo dei materiali suddetti; 4° la costanza che si poteva avere secondo le resistenze e la quantità di corrente prodotta. A questo scopo furono diretti i seguenti esperimenti.

ESPERIMENTO I.

Preparazione della Pila.

Peso delle sostanze usate (c):

Acqua	lib. 4	onc. 0	ott. 0
Acido solforico (d)	» 0	» 4	» 0
Zinco	» 3	» 4	» 6
Mercurio posto in fondo al vaso	» 0	» 10	» 0
Acido nitrico	» 1	» 4	» 4.

N.B. — Il liquido copre tutto lo zinco: si ebbe cura di ri-malgamarlo prima, e per conservarlo in buono stato si mise in

(c) Per valutare i pesi delle sostanze ci siamo serviti di una bilancia ordinaria coi pesi romani: solo ove occorrerà li ridurremo in grammi. L'oncia romana = $\frac{1}{12}$ di libbra = 28 gr. 256 si divide in 8^d. (ottavi).

(d) L'acido solforico usato è sempre stato quello del commercio proveniente da Rimini che segna 66°; come pure l'ac. nitrico della stessa fabbrica che segna sempre 40°, e sono di ottima qualità.

fondo del vaso un poco di mercurio. Le dimensioni poi dello elemento sono le seguenti:

Bicchiere di cristallo	— Profondità interna	= 0 ^m , 205
id.	— Diametro . . .	= 0 ^m , 125
Zinco	— Superficie interna	= 0 ^m , 40 ^{ca}
Carbone	— Lunghezza . . .	= 0 ^m , 200
id.	— Sezione . . .	= 30 ^{mm} × 25 ^{mm}

valore medio non essendo tutti perfettamente eguali. I carboni sono formati di coke delle storte senza altra preparazione.

Diaframma poroso	— Altezza . . .	= 0 ^m , 24
id.	— Diametro interno	= 0 ^m , 09.

Il filo attorno alla bussola è il filo sottile che fa sei giri; ed è lungo il solo necessario a ciò, onde quest'esperimento è fuor di regola degli altri, ma potrà col calcolo ridursi al loro stesso andamento.

Ecco i risultati dell'osservazione.

Tempi	Gradi di deviazione	Forza semplice vera	Tempi	Gradi di deviazione	Forza semplice vera
0 ^{or} , 0 ^m	78,40	33,33	2,50	79,68	35,30
0 , 6	79,10		3,16	79,50	
0 , 9	79,28		4,12	78,05	
0 , 15	79,55		6,20	77,38	
0 , 20	79,81		7, 8	75,80	29,33
0 , 25	79,72	36,18	7,42	75,15	27,80
0 , 30	79,85		8,15	74,30	
0 , 45	80,00		8,30	74,10	
* 1 , 45	79,78		16,32	48,50	3,20
2 , 20	79,78		18,30	42,70	2,12

* Fortissimo svolgimento di gas ac. nitroso.

Ripesato tutto all'atto di smontare la pila dopo 18^{or.} $\frac{1}{2}$ di azione si trovò il seguente consumo:

Acido nitrico scemato	4 ^{onc.}	2 ^{d.}
Zinco calato	4	4
Acq. del vaso cresciuta	5	0
Mercurio calato	4	4

e se si assume che il mercurio non siasi consumato ma solo assorbito dallo zinco (come si crede comunemente) sarà lo

Zinco perduto	5	5.
-------------------------	---	----

Conclusioni. — I. La pila non è costante ma va da prima crescendo finchè le azioni chimiche siano bene stabilite, il quale stadio essa percorre circa in un'ora di tempo, poscia va scemando proporzionalmente al tempo, come appare dai gradi ridotti nella 3^a colonna. Tuttavia si vede che per circa 8 ore si possono avere 30° di deviazione costantemente. I numeri delle forze proporzionali dati nella 3^a colonna sono i gradi di forza proporzionali corrispondenti ai gradi veri della 2^a colonna; ma divisi per sei, perchè il filo faceva sei giri: e così si è ottenuto il valore dovuto ad un solo giro.

II. Quattro oncie di acido solforico non potendo sciogliere che 3^{once}, 248 di zinco, e il consumo essendo stato maggiore; risulta falsa la teoria ordinaria di questa pila, che lo zinco non sia alterato che dall'acido solforico: ma che in effetto devesi esser formato anche nitrato di zinco, e molto probabilmente anche nitrato di mercurio. Avendo fatto passare una corrente d'idrogeno solforato, nella soluzione, il precipitato fu di un bianco sporco, onde si manifestò la presenza di un poco di mercurio o di altri metalli oltre lo zinco (e).

(e) Parlando teoricamente è probabile che il mercurio non possa restare in soluzione collo zinco immerso, giacchè questo lo precipiterebbe; e questa forse è la causa della forte azione dello zinco amalgamato perchè la prima combinazione dell'acido può essere che si faccia col mercurio, e che poscia lo zinco precipiti questo metallo. I lavori di Gauguin sono interessanti sotto questo rapporto (V. C. R. t. XLII) Questo fisico ha dimostrato che lo zinco puro è negativo rap-

III. L'esattezza sufficiente dell'esperienza è confermata dal vedere l'acqua esterna al vaso poroso cresciuta di 5 onces, cioè di quanto è calato lo zinco, che forma il sale che si è sciolto nell'acqua stessa. Non resta che a dar conto delle 4 onces di acido nitrico, ma questa perdita del liquido deve aver luogo in parte per la evaporazione, e in parte per lo sviluppo del gas nitroso, ed un poco che è restato nei pori del vaso e del carbone, che non si ebbe l'avvertenza di bagnarli prima.

IV. Le sostanze usate sono affatto inutili, essendo risultati sali misti e di poco o nessun valore nel commercio: essi erano inoltre appena acidi, onde non facevano effervescenza col carbonato di calce, e appena col bicarbonato di soda e di magnesia.

Questi risultati sono già di qualche interesse, e mostrano che la corrente tenuta a forza semplice di 35° dura costante per più ore; il che è effetto del filo assai resistente. Per vedere poi l'effetto a circolo corto e corrente libera, fu avvolto attorno alla bussola un solo filo grosso, e si repetè l'esperimento il giorno appresso.

ESPERIMENTO II.

Bussola a filo grosso e corto.

Peso dello zinco *lib.* 3, *onc.* 6, *d.* 4

Mercurio . . » 0, » 8, » 3.

Carica di acqua e di acido come nell'esperimento precedente num. I.

porto al mercurio puro; ma che quando vi è certa quantità di zinco, l'amalgama è negativo rapporto allo zinco. Onde potrebb'essere, che il mercurio si combinasse bensì, ma venisse immediatamente precipitato con una di quelle tante azioni chimiche secondarie che succedono nella pila; senza di che non si capirebbe perchè tanto influisca il mercurio nella forza della pila.

Tempi	Deviazioni	Forze
0 ^{or} , 0 ^m .	58°, 5	88°, 0
0 ,05	58, 5	
0 ,35	58, 7	
1 ,05	58, 9	89, 9
1 ,50 (f)	56, 4	84, 3
1 ,55	52, 7	71, 5
3 ,05	50, 9	65, 5
4 ,19	49, 7	63, 5
5 ,35	45, 3	56, 0
6 ,25	43, 7 (g)	53, 2
7 ,50	39, 5	47, 5
16 ,00	0, 2	
17 , ..	0, 0 (h)	

Anche qui l'acido nitrico era calato di 4 *onc.* 1 *d.*

Peso di zinco perduto . . . 4 » 2 »

Mercurio 1 » 3 »

Questo consumo è ad un dipresso identico con quello del I. esperimento.

Conclusioni. — I. La pila quando ha sufficiente scarica non è punto costante.

II. Qui la forza è maggiore, e la durata minore. Non essendosi potuto vegliare la pila nella notte non può dirsi il suo regolare andamento nelle fasi del suo indebolimento.

III. La durata non è in ragione inversa della forza. Infatti proiettando in una carta di quadrati le curve delle forze dei due esperimenti I e II, e calcolando le aree al modo indicato, si ottiene che per un intervallo di tempo eguale di 8 ore; la forza del primo fu alla forza del secondo,

(f) Separato lo zinco dal diaframma poroso, a cui era aderente, e generavasi grande svolgimento di gas.

(g) Si prova la corrente con una piccola bussola delle tangenti, e si trova che devia di 80°.

(h) La piccola devia di 17° 112. — Interpolando dopo 10 ore si ha 43°0.

260,53: 527,40;

cioè circa la metà, come si vede anche a colpo d'occhio nella figura.

IV. Proseguendo l'interpolazione si osserva bensì che quella che è più scarsa si conserva costante apparentemente per più tempo, ma ancor essa ha un progressivo deperimento, e presto le due pile si raggiungono; e quella che ha agito con minore forza non dura tanto da compensare l'altra in durata. Questo fatto è molto importante perchè fa vedere che col mettere una grande resistenza nella pila può bensì ottenersi costanza maggiore, ma non durata di gran lunga più notevole (i). La cagione di ciò è principalmente nell'azione chimica locale che non può mai eliminarsi, e inoltre nella scarica della corrente per le altre parti del vaso imperfettamente sempre isolato. Queste cagioni agiscono proporzionalmente al tempo, e producono lo stesso deperimento in una pila a forte resistenza, e in un'altra a resistenza minore. È questa una specie di perdita, la quale può paragonarsi a quella che producono le fessure delle pareti di una rifolta d'acqua, le quali fanno perdere sempre la stessa quantità di fluido sia che la macchina lavori, e l'acqua scoli, ovvero che stia ferma. Ne faremo uno studio più rigoroso appresso.

V. Dopo 48 ore, le pile sono esauste, e la quantità di consumo è stata sensibilmente la stessa quindi può ammettersi che quando opera senza resistenza grande, un elemento di carica ordinaria dura in istato superiore a 47^{ore} per otto ore sicuramente.

VI. Si vedrà dall'esperimento finale qual forza sia necessaria per la luce di carbone, e si potrà così decidere se la pila possa durare il tempo necessario.

Restano ancora più quesiti a sciogliersi: 1° l'amalgamazione

(i) Quantunque sia vero che le azioni locali possano spiegar ciò; pure non è da ommettersi che quando la corrente gira in un filo più lungo, essa deve fare maggior lavoro meccanico scuotendo più lunga serie di molecole: onde non è difficile che questo lavoro assorba una parte della forza chimica. Ma di ciò in fine.

fino a qual segno bisogna spingerla? basterà che sia superficiale? — 2° Qual è il progressivo consumo dello zinco, specialmente in caso che non sia ben amalgamato o vi sia azione locale? — 3° I diaframmi porosi sono abbastanza buoni? — Per risolverli si fecero i seguenti esperimenti.

ESPERIMENTO III. Preso uno zinco com'era venuto dal costruttore leggermente amalgamato e messo solo del mercurio in fondo al vaso, essendo la bussola la stessa dell'esperimento precedente si fece la carica qui appresso:

Acqua . . lib. 4 onc. 0 d. 0
 Acido nitrico » 4 » 4 » 0
 Zinco . . » 3 » 5 » $6\frac{1}{2}$
 Mercurio . » 0 » 7 » 4.

Risultati.

Tempi	Deviazioni	Forze
0 ^{or} , 0	51 ^o , 0	67 ^{op} , 0
0 , 8	52 , 0	69 , 0
0 ,24	53 , 3	71 , 0
0 ,34	53 , 8	74 , 0
4 ,40	55 , 4	78 , 5

1. Peso dello zinco = 3lib. 2onc. 6d. $\frac{1}{2}$

4 ,56	54 , 0	75 , 3
2 ,15	54 , 2	75 , 5
2 ,58	53 , 9	74 , 8
4 , 6	54 , 4	68 , 0

2.^a Peso dello zinco = 3lib. 4onc. 2d.

4 ,46	50 , 2	65 , 5
6 ,30	42 , 6	64 , 5

3.^a Peso dello zinco = 3lib. 0onc. 4d.

7 , 3	41 , 2	49 , 0
8 ,45	34 , 7	35 , 0
9 ,15	24 , 3	25 , 5
9 ,30	22 , 0	22 , 5
40 , 0	43 , 2	43 , 5

4. Peso dello zinco = 2lib. 41onc. 0d.

Residui — Peso dello zinco — 2 » 11 » 0 »

Mercurio — 0 » 6 » 1.

Il mercurio è amalgama cristallizzabile: il carbone pare coperto d'involto terroso (*k*).

1^{or}. 40 m. zinco consumato 1^a pesata 3 onc. 0 d.

2 » 26 » » 2^a » 1 » 4 $\frac{1}{2}$

2 » 24 » » 3^a » 1 » 1

3 » 25 » » 4^a » 1 » 1

In tutto zinco consumato — 6 onc. 6 d. $\frac{1}{2}$

Mercurio — 1 » 0

Conclusioni. — I. La forza totale è poco diversa dall'esperimento n.º II: ma si vede che la mancanza di amalgamazione l'ha fatta essere minore dal principio, e che molto più zinco si è consumato.

II. Si vede che dopo 7^{or} la pila cala rapidamente;

III. Vi ha influenza la posizione del diaframma rapporto al carbone.

IV. Il diaframma stesso pare influire secondo la sua porosità.

V. Esaminando le quantità di zinco relative alle varie pesate fatte durante l'azione si vede che al principio la dissoluzione dello zinco è più forte che non richiede la quantità di corrente. Infatti si avea effervescenza visibile locale alla chiodatura della lista di rame collo zinco: onde sarebbe da prosciversi simile costruzione, e invece si dovrebbe usare l'altra di fondere lo zinco con una grossa e lunga coda che portasse fuori del liquido l'inserzione del rame.

Avvertenza. Quest'ultimo esperimento mostra quanta diversità si abbia in pratica da uno all'altro degli elementi voltiani: onde

(*k*) La circostanza di aver tenuto il mercurio liquido in fondo al vaso fa che questi esperimenti non possano servire a calcolare gli equivalenti chimici della corrente senza fare ipotesi sull'impiego del mercurio; essendo noto che i zinchi divenuti porosi dopo il primo velo della loro laminazione assorbono il mercurio con una rapidità enorme in quantità assai grande. Possono però servire di norma nello studio attuale, ed è perciò che li riproduciamo in dettaglio.

può darsi il caso che il consumo sia superiore assai a quello che si dovrebbe aspettare e forse fino ad $\frac{4}{5}$ di più.

ESPERIMENTO IV. — Veduta l'influenza dei diaframmi e come la qualità di quelli che erano stati mandati pareva poco soddisfacente, si procedette a sperimentare un elemento di Bunsen fornito di diaframma eccellente, ma di piccole dimensioni caricandolo così:

Acqua . .	lib. 4	onc. 3	den. 0
Ac. solforico »	0	» 2	» 0
Mercurio . »	0	» 2	» 0
Ac. nitrico . »	0	» 7	» 7
Zinco . .	» 2	» 4	» $5\frac{1}{2}$

Tempo	Deviaz.	Forza
0 ^{or} , 0 ^m	47 ^o , 2	57 ^{op} , 2
0 ,32	48 ,8	62 ,5
1 ,52	44 ,8	50 ,0
3 ,40	32 ,4	36 ,5
3 ,35	31 ,6	34 ,5
5 ,00	26 ,2	27 ,5
6 ,00	22 ,0	22 ,5
7 ,45	14 ,4	14 ,9

Residuo — Zinco . lib. 2 onc. 2 den. 4

Zinco consumato . » 0 » 2 » $4\frac{1}{2}$

Mercurio consum. » 0 » 0 » $5\frac{1}{2}$

Astraendo dal mercurio

Zinco consumato » 0 » 3 » 2.

Risultati — I. Costruendo la curva si vede che la corrente ha una differenza quasi costante a quella dell'esperimento n° II, il valor della quale differenza è di circa 30^{op}.

II. Lo zinco consumato pare assai meno in proporzione; ma in realtà non differisce gran fatto, se si ha ragione alla forza svolta. Infatti tracciando la curva e calcolando l'area si vede che questa pila ha forza $\approx 9^{\text{or}} \times 35^{\text{op}} = 70^{\text{op}} \times 4^{\text{or}} 5$. Ora nell'espe-

rimento II, nel tempo di 4^{re}.40^m con una forza media di 72^{op}. si sono consumate 3 oncie, vale a dire, a un dipresso, quanto nell' esperimento attuale. Quindi forse gli elementi piccoli potrebbero essere preferibili ai grandi, mutandoli più spesso: ma ciò non può decidersi senza conoscere il grado di forza necessaria per la luce; onde determinare il massimo di effetto utile.

Altro quesito importante: la pila resta costante con lasciare aperto il circuito?

ESPERIMENTO V. — Per veder ciò si armò un elemento completo e si fecero le seguenti prove. La carica era all'ordinario.

Tempi		Deviazioni	Forze
Circuito chiuso a	0 ^{re} , 0 ^m	57°, 2	86 ^{op} , 0
Tenuto chiuso fino a	0 ,30	58 , 5	88 , 5
Si apre e si chiude a	4 ,45	56 , 5	84 , 0
per 5 min.			
id.	a 5 ,45	55 , 0	78 , 0
id.	a 7 ,30	54 , 0	75 , 0

Conseguenza. Si vede che vi è perdita notevole di forza, benchè resti aperto il circuito e che questa è massima sul principio e va scemando appresso. Ciò facilmente s'intende, perchè oltre le azioni locali, la conducibilità delle pareti del vaso e degli altri conduttori sempre scarica gran copia della corrente circolante. Questo esperimento fa vedere che in 7 ore $\frac{1}{2}$ la perdita può essere di 10^{op}.

RISULTATO GENERALE.

Costruendo graficamente tutti i risultati parziali ottenuti fino ad ora, e paragonandoli fra di loro si vede:

I. Che le pile a corso libero nel filo corto camminano assai bene d'accordo tra la 2^a e la 7^a ora, ma al principio e al fine discordano.

II. Che quando il filo è lungo tanto che la corrente non si possa scaricare che in piccola parte, la diminuzione della corrente è piccolissima, ma in tal caso le azioni locali avendo sempre il loro effetto egualmente come se il circolo fosse libero, si avrà perdita reale maggiore: arrivata però la corrente ad essere indebolita sotto certo grado scemerà con eguali decrementi tanto nel caso di grande, che in quello di piccola resistenza. Tuttavia però si può promettere una forza sufficiente alla luce elettrica per 8 o 10 ore regolando opportunamente le resistenze, e forse introducendo qualche regolatore non difficile ad immaginarsi. Noi vedremo che il miglior reostato per ciò sono i carboni stessi dell'apparato foto-elettrico.

III. Queste pile danno uno sviluppo assai forte di ac. nitroso che rende assai incomodo il loro uso, e malsano.

IV. Sono costose assai: onde non può stabilirsi la spesa certo inferiore a scudi 6 per sera, anche nelle ipotesi le più favorevoli. Quindi la necessità di ricorrere ad altra sorgente di elettricità, e studiare altre pile.

Resterebbe ora a studiare ciò che riguarda la tensione di questo genere di pila, ma prima è bene esporre i tentativi fatti per provare altre combinazioni voltiane; e basterà ricordare quanto fu trovato sopra, cioè che un elemento alla Bunsen ha forza elettromotrice rappresentata da

$$E=1504^{\text{op.}}4.$$

V. § prec. in fine.

§ III.

Esperimenti sulla pila alla Daniell.

Veduta l'incostanza della pila di Bunsen si rivolsero le ricerche su quella alla Daniell, e si proposero i seguenti quesiti:

1. Quanta sarebbe la forza delle pile della grandezza destinata ora per servire alla Bunsen, se si volessero ridurre alla Daniell.

2. Quale specie di diaframmi sarebbe preferibile in questo caso per evitare le rotture e la forte resistenza che oppongono quelli di terra.

3. Qual superficie bisognerebbe dare ad un elemento alla Daniell per eguagliare in forza uno di Bunsen al massimo di attività. Per rispondere a questi quesiti furono fatte le seguenti sperienze.

ESPERIMENTO I. — Uno degli elementi alla Bunsen fu armato alla Daniell, sostituendo rame al carbone. Il rame era nell'interno del diaframma poroso avvolto a cilindro aperto longitudinalmente, e alla base superiore avea un sacchetto di tela pieno di solfato di rame in cristalli.

Preparazione — Peso dello zinco = lib. 3 onc. 4 den. 0
 » del rame » 0 » 6 » 2.

Nel vaso poroso è soluzione satura e preparata a caldo di solfato di rame. Nel vaso esterno è soluzione di 4 lib. d'acqua con sal comune 6^{onc.}0. Chiuso il circuito, essendo assai debole l'azione, si aggiunge acido solforico 0^{lib.}2^{onc.}0.

Tempi	Deviaz.	Forza med. in gr. pr.
0 ore, 0 m	22°, 0	23 ^{op.} , 5
2, 0	23, 5	
2, 35	30, 0	
2, 48	34, 0	34, 5
4, 30	30, 9	
6, 20	34, 0	

Finito il tempo, si smontò, si pesarono i metalli e si trovò:

Zinco perduto $4\frac{1}{2}^{\text{den.}}$

Rame precipitato $9\frac{1}{2}$.

Il forte salto che si vede, è dovuto all'essere stata variata la superficie del rame immerso. — Il tempo fu contato con poca esattezza al principio. —

Per assicurarsi meglio di questa forza fu ripetuto l'esperimento, e si fece il seguente

ESPERIMENTO II. — Tutto come prima: fu però variato il diaframma, e si mise da principio il carbone invece del rame; ma si ebbe solo 25° onde si tolse il carbone, si rimise il rame, e si ottenne

Tempi	Deviaz.	Forza med.
0 ^{or} , 0 ^m	30°, 0	34 ^{op} , 55
4 , 0	30 , 4	
2 ,25	29 ,5	
4 ,25	28 , 0	
5 ,25	28 , 0	

Peso del rame precipitato = $7^{\text{den.}}$ 5

» zinco perduto = 15 ,0.

Smontando la pila si vede molto rame precipitato sullo zinco.

Conseguenze: — I. La forza è abbastanza costante, quando la pila è preparata con diligenza.

II. Il passaggio del solfato di rame dall'interno all'esterno è quasi inevitabile, e fa due danni: 1° indebolisce la corrente; 2° produce un consumo inutile di esso solfato e di zinco col produrre azioni locali.

ESPERIMENTO III. — Per vedere quante coppie così armate alla Daniell equivalevano a quelle di Bunsen, se ne armarono due, e disposte parallelamente, cioè per quantità, sempre coi liquidi soliti si ebbe quanto segue:

Tempi	Deviazione	Gradi
0 ^{or} ,0 ^m	42°,0	50,5
0 ,25	46 ,2	
0 ,35	47 ,5	
1 ,0	49 ,0	62,5
1 ,30	49 ,1	
2 ,10	48 ,5	

Si congiunsero quindi per tensione

2 ,15	38 ,9	45,7
2 ,25	39 ,4	
2 ,30	38 ,7	
2 ,45	38 ,5	
3 ,55	36 ,5	

Ricongiunte a quantità

4 ,30	48 ,5	
-------	-------	--

Poi esaminate isolatamente

Pile I ^a	4 ,50	37 ,0	
II ^a		31 ,9	

Congiunte di nuovo per tensione

6 ,45	47 ,8	
8 ,50	40 ,0	

NB. Gli zinchi erano nuovi.

Nell'elemento I, la cui forza = 37° si trovò il rame cresciuto 0^{lib}.2^{onc}.5^d.: l'altro non era stato pesato.

Conseguenze: — I. Si vede a colpo d'occhio che la deviazione non cresce che pochissimo unendo per tensione, il che è secondo la formula nota

$$F = \frac{2E}{2R+x} = \frac{E}{R} \text{ se } x \text{ sia nullo;}$$

e siccome x , resistenza del circuito oltre le pile, è piccola, quindi F poco cresce.

II. Per quantità crescono assai, perchè allora si ha una superficie doppia.

III. Il risultato pratico è che una superficie doppia dà $47^{\circ}=58^{\circ},8$, ma le pile di Bunsen dando 90° circa, si vede che almeno tre elementi paralleli si richiederebbero per fare forza eguale ad un elemento di Bunsen; ma gli zinchi vecchi danno assai meno forza; onde allora appena basterebbero 4 o 5. Questo si vede nel seguente

ESPERIMENTO IV. — Venne fatto a posta con zinco usato, e soluzione preparata a freddo.

Peso dello zinco *lib.* 3 *onc.* 5 *den.* 2

» rame » 0 » 7 » 4.

Tempi	Deviazione	Forza in op.	$(d + d') t.$
0 ^{or} , 0 ^m	21°, 7	22 ^{op} , 4	
0 , 40	21 , 3	22 , 0	$44,4 \times 0,65$
1 , 12	21 , 5	22 , 2	$44,2 \times 0,52$
3 , 10	17 , 7	18 , 2	$40,4 \times 2,00$
4 , 00	16 , 4	17 , 9	$36,1 \times 1,00$

Peso di rame assoluto = *lib.* 0 *onc.* 8 *den.* 2

Rame guadagnato = » 0 » 0 » 6

Zinco assoluto = » 3 » 4 » 0

Zinco perduto = » 0 » 1 » 2.

Forza media = $\frac{\Sigma(d+d')t}{4^{or.}}$ = 21°. 149

Errore di numerazione = +1. 800

Forza media = 22°. 949.

Siccome la forza media di una pila di Bunsen è 90° ., così si vede che occorrerebbero almeno sei elementi. In tal caso però la pila sarebbe incomoda al sommo; onde sarebbe meglio servirsi di un'altra costruzione. Si cominciarono quindi le seguenti ricerche in proposito.

ESPERIMENTO V. — Nella pila di Daniell a grandi dimensioni, si trova una fortissima difficoltà nei diaframmi. Vari sono stati provati e tutti più o meno sono riusciti difettosi, e non durevoli a lungo. Per meglio esaminare questo soggetto si prese un sacchetto di tela da vele e fu bene spalmato con luto composto di calce e farina in parti eguali (composizione trovata già in altre esperienze assai conveniente) e lasciatalo prima disseccare, si adoperò per diaframma poroso. Lo zinco usato fu quello di un piccolo elemento alla Bunsen, ed era messo dentro il sacco di tela, mentre il rame era esterno in un vaso di terra. La corrente si conservò costante mediante il solito sacchetto pieno di solfato in cristalli messo nel vaso esterno. Nell'interno diaframma si mise acqua con un poco di acido solforico. Il peso del rame prima di cominciare era 44 onc. 7 den. dopo fu trovato . . . 46 » 7 »

Tempi	Deviazione	Gr. prop.
8 ^{or} , 40 ^m	17°, 9	49 ^{op} , 2
9 , 2	19 , 6	
10 , 0	23 , 4	
11 , 36	26 , 0	24 , 5
1 , 15	25 , 0	
1 , 40	25 , 5	
4 , 0	25 , 4	
6 , 20	24 , 6	25 , 8

Avremo quindi la seguente espressione della forza media

$$F = \frac{25^{\text{op}}, 8 \times 8^{\text{or}}, 33 + 19, 2 \times 0, 33 + 24, 5 \times 1, 00}{9, 66}$$

$$\frac{242, 54}{9, 66} = 25, 11$$

$$+ 0, 45 \text{ (errore di zero)}$$

$$\text{Forza media} = 25, 56.$$

$$\text{Rame totale precipitato} . = 56 , 50$$

$$\text{Rame in 1 ora} . . . = 5 , 92$$

$$\text{Equivalenti in gradi prop.} = 4^{\text{op}}, 348,$$

come fu detto altrove.

Il sacchetto era bianco interiormente, ma lo zinco era molto sconcio di rame precipitato; il che mostra esservi stata endosmosi. Il rame sulla lastra non era tutto egualmente ben compatto su tutta la sua superficie; anzi in un punto era polverulento, e se ne staccò circa $\frac{1}{2}$ grammo, che si perdè: di questa perdita non si è tenuto conto nel calcolo. Ciò mostra che la soluzione non si è conservata ben satura.

La questione fondamentale essendo l'economia si cercò se per altra via si potesse avere corrente abbastanza forte in modo meno dispendioso che colle pile usate finora. Si fece fare per ciò un cassettoni di rame lungo 0^m,562, alto altrettanto, e largo 0^m,050 nel quale si dovea immergere una lastra di zinco lunga 0^m,565, larga 0^m,485 e spessa 0^m,008. Nella prima esperienza fatta con questa cassa, la lastra non fu amalgamata, e si adoperò acqua di mare artificiale sciogliendo 4 libbre di sal comune in 50 lib. d'acqua, (ordinariamente 100 lib. di acqua di mare contengono circa 4 lib. di sale, di cui $3\frac{1}{2}$ circa di sal comune) supplendo così con un poco più di cloruro di sodio al solfato di magnesia ed altri sali che in essa si trovano.

All'immergere dello zinco nell'acq. la corrente fu fortissima, e l'ago di prima impulsione andò oltre 60°, e nel chiudere il circuito si ebbero nei primi momenti vive scintille: ma presto scemò la forza, onde cessarono tali effetti, e la corrente in 40^m, si ridusse a 40° e poi ad essere 4° $\frac{1}{2}$, e si conservò così per 4 ora. Ne segue che l'acq. marina pura non può dare speranza di sciogliere il problema ancorchè si usino superficie stragrandi. Collo zinco amalgamato non si ottenne di vantaggio che pochissimo. Vi si aggiunse quindi 4 onc. di ac. solforico, e si ebbe

Deviazione fissa 0^{or}, 0^m = 37°, 0

0 , 5 = 38 , 0

e introdotto il reostato 0 , 50 = 34 , 4.

Qui si deviò col filo grosso per conoscere la resistenza del circuito (vedi sopra § I, ciò che riguarda questa operazione)-e si ebbe

corrente divisa = 47°, 5

con 9 giri di reostato si riduce a = 47 , 5

0^{or}. 45^m. corrente ordinaria = 33 , 5

1^{or}. 00 " = 30 , 5

e riducendo in gradi proporzionali si ottiene:

$$\begin{array}{rcl}
 1 & - & 34^{\circ}, 4 \quad = 34^{\circ}, 2 \\
 2 & - & 33, 5 \quad = 38, 0 \\
 3 & - & 30, 5 \quad = 33, 2 \\
 \hline
 \text{Medio in gradi proporz.} & & = 35, 43.
 \end{array}$$

Dietro ciò si determina facilmente la forza elettromotrice di questo elemento:

$$F = \frac{E}{98,47} = \frac{E}{108,47}$$

donde

$$E = 35,43 \times 10,47 = 357,27.$$

Onde si vede che con zinco amalgamato e rame con molta superficie si ha debole effetto, ad onta che lo zinco sia nuovo, e il rame non ancora velato dal solito deposito di zinco che vi si viene formando sopra; talchè, come già si poteva aspettare, le pile semplici possono poco servire, a meno che non si facciano grandissime; ed anche con queste la corrente si vede calare ad occhio, come può rilevarsi da quanto è contenuto nella tav. data al principio del § II. Di più la piccola forza elettromotrice mostra che si richiede un gran numero di elementi per superare anche mediocri resistenze. Ora nel caso della luce le resistenze sono fortissime, come vedremo.

ESPERIMENTO VI. — Per armare questo cassettoni alla Daniell i diaframmi di terra porosa erano ineseguibili: quindi si adattarono i sacchi di tela da vele spalmati del solito luto di calce e farina. Dentro il cassettoni si sciolsero 7 lib. di solfato di rame in 25 lib. di acqua tiepida; ond'era di bel colore e quasi satura per la sua temperatura. Gran copia di sale si venne sempre tenendo nei beccchetti laterali della cassa, che le conservavano il grado costante di concentrazione; onde in fine smontandola, la soluzione si trovò colorata come prima. Dentro al sacco poi fu posta soluzione di sal comune imitante l'acqua di mare mista ad $\frac{1}{20}$ di acido solforico. Ecco la forza della corrente:

Tempo	Deviaz.	Forza in op.
0 ^{or} , 0 ^m	56°, 2	81 ^{op} , 5
0 ,10	57, 8	86, 5
0 ,20	57, 5	86, 0

Finora vi erano i fili cortissimi cioè i soli necessari a chiudere il circuito: qui s'introdusse il reostato per misurare la forza elettromotrice.

0, 25	54, 7	78, 0
Deviate la corrente col solito filo grosso	34, 6	39, 6 (l)
Tolta la deviazione si riporta nuovamente con 43 giri a	34, 6	39, 6
Rimesso il reostato a zero e deviata di nuovo si ha .	35°, 6	
Si riduce con 42 giri a .	35, 8	
Dopo $\frac{1}{2}$ ora introducendo 42 giri si ha	36, 4	
Poscia si mettono 43 giri e si ha	35, 2	
Reostato a zero e col filo deviante si ha	36, 2	
Reostato 43 giri	34, 9	
» 42 »	35, 4	
» 42 »	36, 6	
Reostato a zero e senza deviazione . . . 4 ^{or} , 45 ^m	54, 2	77, 0 (m)
2, 42	55, 0	(n)
2, 30	55, 2	
3, 30	54, 8	
4, 5	54, 8	
4, 30	54, 7	
5, 0	54, 7	
5, 45	55, 4	(o)

(l) Si vede che la resistenza dei fili è minima; giacchè $2 \times 39,6 = 79,2$ è la forza semplice $= 78,0$ (prova indiretta dell'esattezza della scala di riduzione).

(m) Qui si fecero diversi studi sulle resistenze di alcuni conduttori, che saranno date appresso: il grado di forza media della pila durante queste ricerche può dirsi essere stata 21° per $0^{\text{or}}, 48^{\text{m}}$.

(n) Finora vi fu un poco di effervescenza, ma da questo punto cessò affatto.

(o) Aggiunto solfato che finora è 4 libbre, oltre le 7 sciolte prima.

Qui per prova si ridusse a metà il liquido dentro e fuori del sacco.

	5 ^{or} ,50	47°,7	60 ^{op} ,0
Devialo col solito filo		30,9	33,0
Con 44 giri del reostato		30,7	
Devialo		34,4	
Con 44 giri		34,4	
Con 43 giri		34,6	

Si riempie di nuovo come prima e si ha agitando molto liquidi	6,20	58,7	89,5
	8,40	58,4	
	9,0	57,6	

Posto ciò, si smontò avendo avuta prova sufficiente della costanza e della forza.

Conclusioni. — I. Questo elemento è pari in forza ad uno di Bunsen a grandi dimensioni in piena attività, ma sopra di esso ha il vantaggio di una grande costanza.

II. È difficile attese le molte interruzioni di forza fatte durante il corso degli esperimenti, dedurre l'equivalente chimico; tuttavia calcolando approssimativamente si è trovato essere stata otto ore circa senza andare molto lungi dal vero: durante ciò la cassa era cresciuta in peso di 158^{gr},75.

III. Se si cerca ora quanta sarebbe la spesa per mantenere quest'elemento durante 42 ore supposta la sua forza costante $\equiv 86^{\text{op}}.4$, il numero dei grammi di rame precipitati da tal corrente è $\frac{86,5}{4,32} = 20$ in 4^{or}, e in 42^{or}. sarà $\equiv 240$, i quali daranno pel solfato necessario a somministrarlo 960^{gr}. (p) cioè prossimamente un chilogrammo, o 3 libbre.

(p) La formula pel solfato di rame è la seguente ($\text{SO}^5\text{CuO} + 5\text{HO}$): quindi in peso

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Ac. solf. SO}^5 & = & 500 \\
 \text{Oss. di rame CuO} & \left\{ \begin{array}{l} = 100 \text{ Oss.} \\ = 395 \text{ Rame} \end{array} \right. & \\
 \text{Acqua 5HO} = 5 \times 112,5 & = & 562,5 \\
 \hline
 & & 1557,5
 \end{array}$$

Quindi la proporzione 1557,5 solfato: 395 rame :: 1:x=0,254, cioè il rame è 1/4 di peso del solfato che è la proporzione assegnata in fabbrica.

IV. Molto rame si trova deposto sullo zinco e molto resta nel sacco di tela; ma questo non è inutile, è solo minor valore. Però con sacco di tela meglio compatta o di tessuto più fitto come per es. quello del quale si fanno i tubi dei pompieri, si sa per esperienza che la perdita del rame è assai minore. Le conclusioni relative alla spesa le daremo appresso.

V. La diminuzione fatta fino alla metà della superficie attiva, ha ridotto in questo caso la forza, di $\frac{1}{3}$ soltanto; ma si rifletta che il liquido più saturo era in fondo, e che quindi in proporzione era più attivo.

VI. Il prodotto dello zinco consumato essendo misto sempre al rame è affatto inutile nelle arti nello stato in cui esce dalla pila, ma può purificarsi.

In una pila ben tenuta teoricamente parlando, il consumo inutile non può superare $\frac{1}{8}$ della spesa utile e quindi si può prender norma da regolarsi. Però i sacchetti si consumano assai presto; ma i zinchi della pila di Daniell costano assai meno di quelli di Bunsen per ragione dell'essere di fusione più facile che non i cilindri, e l'amalgamazione è assai meno necessaria.

§ IV.

Paragone delle due pile.

Veduto gli effetti delle due pile di Bunsen e di Daniell nelle deviazioni, vi resta un altro elemento da considerare quando si voglia usarle in pratica, e questo è la forza elettro-motrice rispettiva.

Per determinare la forza elettro-motrice di una coppia abbiamo già indicato un metodo alla fine del § I.

Inoltre si ha la seguente formula:

$$E = i i' \cdot \frac{l}{i - i'}$$

ove i è l'intensità della corrente con una resistenza R ; i' è la intensità con una resistenza $R + l$. Preso un elemento di Bunsen armato di fresco, e aspettato che fosse ridotto a forza massima si ebbero i seguenti dati:

Deviazione fissa $= 65^\circ, 2 = 112^{\text{op.}}, 0$

Messo un filo $l = 12$ giri del reostato

Si ebbe deviazione $= 47^\circ, 0 = 58^{\text{op.}}, 9$

Quindi $i - i' = 53, 1$

Donde risulta $E = 1491$.

Colla cassetta grande alla Daniell carica di solfato di rame con $\frac{4}{24}$ di acido solforico come ne' prefati esperimenti si ebbe

$$i = 77^{\text{op.}}, 0$$

$$i' = 39, 5$$

$$l = 12, 5$$

Quindi

$$E = 1013.$$

Usando il metodo sopra accennato della deviazione col filo eguale al reostato si ebbe per la pila di Bunsen.

$$114^\circ, 0 = \frac{E}{13, 17} \text{ ed } E_b = 1504.$$

per quella di Daniell

$$77^\circ, 5 = \frac{E}{14, 17} \text{ ed } E_d = 1062$$

Le differenze possono spiegarsi ammettendo qualche inesattezza nelle misure delle resistenze, ma pel nostro soggetto possiamo prendere in numeri rotondi:

$$E. \text{ Bunsen} = 1500.$$

$$E. \text{ Daniell} = 1000.$$

$$\frac{E. \text{ Bunsen}}{E. \text{ Daniell}} = \frac{15}{10} = \frac{3}{2}$$

Se si cerca ora il numero degli elementi di Daniell eguali al nostro cassettoni, che avendo la stessa tensione potrà vincere la stessa resistenza che 30 elementi di Bunsen la formula

$$J = \frac{nE}{nR+x}$$

dà

$$n = \frac{Jx}{E-JR}$$

e siccome J ed x devono esser identici, (q) sarà

$$\frac{n}{n'} = \frac{E' - JR'}{E - JR}.$$

Pel cassettone alla Daniell per l'elemento di Bunsen nuovo si è trovato rispettivamente $R=13.47$ ed $R'=14.47$: ma le resistenze fuori della pila cui sono indispensabili si possono valutare 4 giri: quindi restano per le pile 9,47 e 10,77; e supponendo che per la luce si esiga

$$J = 40^{\text{op.}}$$

avremo

$$\frac{n}{n'} = \frac{E' - 40^{\text{op.}} \times 10,47}{E - 40 \times 9,47} = \frac{1000 - 406,8}{1500 - 366,8} = \frac{596}{1133} = \frac{1}{1,9}$$

cioè n' Daniell = 1,9 n Bunsen, cioè prossimamente un numero doppio e per 30; Bunsen si esigeranno 60 elementi Daniell, ciascuno eguali a $\frac{1}{4}$ di metro di superficie. Tale aumento di coppie porta uno svantaggio nella pila di Daniell perchè la rende più incomoda ancorchè ammetter si voglia che essa possa coprire le spese di consumo quasi completamente, perchè porta più di mano d'opera nel prepararla.

Un punto di grande importanza nell'uso di molte coppie e che devono durare per molto tempo in azione è di sapere se la loro forza elettro-motrice rimane costante, o varia; o se si possa almeno col numero supplire alla forza indebolita delle medesime. Questo punto deve studiarsi sotto due riguardi: 1° rapporto alle superficie: 2° rapporto alla forza degli acidi.

ESPERIMENTO I. — Un elemento di Bunsen ad acidi stanchi diede per E la cifra = 1928: ridotti i liquidi a metà si ebbe $E = 1535$. Similmente la cassa alla Daniell tutta piena di liquidi

(q) J in una pila avrà sempre un valore minore dell' i proprio di un elemento solo detto di sopra: quindi $JR < E$.

diede $E=1013$; ridotta a metà, $E=1027$. — Preparato un elemento alla Daniell con diaframma formato di un pezzo di tubo della tela usata dai pompieri, che fu trovato ottimo per impedire l'endosmosi, e caricatolo coi liquidi soliti si ebbe deviazione fondamentale costante. $=25^{\text{op.}}, 2$

Giri del reostato nella deviazione . . . $=39^{\text{gir.}}, 0$

donde

$$E=(39^{\text{gir.}}, 0+1,2) 25^{\text{op.}}, 2=1013, \text{ come sopra.}$$

Concludiamo che, « stando gli stessi i liquidi, la forza E non varia colla superficie » come erasi già dedotto dagli esperimenti di Wheatstone ed altri.

Però varia assai E colla qualità e quantità degli acidi usati. Così un elemento alla Bunsen preparato al modo solito, si è veduto che la sua forza E è rappresentata circa da 1500; ma se si aggiunga più acido solforico essa diventa maggiore, e va soggetta a variazioni nel corso dell'azione della pila.

ESPERIMENTO II. — Un elemento preparato con $\frac{1}{10}$ di acido solforico diede $E=1944$: aggiunto altro acido e portata la proporzione ad $\frac{1}{8}$ circa $E=2664$. Questo stesso elemento fu mantenuto in azione per molto tempo appresso e, determinata più volte la resistenza, si ebbe la serie seguente di risultati.

Tempo	F Forza diretta sempre con 10 giri del reost.	Forza nella devia- zione	R Resi- stenza in giri del reostato	$F \times R =$	E
9 ^{or} , 0 ^m	51°, 5	36,0	36	$68^{\text{op.}}, 0 \times (36+1,2)$	$=2529,6$
13 ,5	45, 0	30,0	40	$55 , 3 \times (40+1,2)$	$=2278,4$
16 ,47	39, 7	28,0	43	$46 , 5 \times (43+1,2)$	$=2055,5$
19 ,5	38, 5	25,0	45	$45 , 0 \times (45+1,2)$	$=2079,0$
24 ,20	34, 5	19,5	56	$39 , 2 \times (56+1,2)$	$=2233,2$
9,appr.	26, 0	13,5	90	$27 , 5 \times (90+1,2)$	$=2508,0$

La prima determinazione della forza che diede 2664 fu fatta alle ore 8, le altre all'ora indicata nella 1^a colonna della tavola.

Conclusioni. — I. La colonna delle resistenze R fa vedere come questa cresca rapidamente: però queste resistenze sono soltanto quelle che sono lette sul reostato: ma volendo operare esattamente ciò non basta, dovendosi tener conto dell'aumento di resistenza che produce nei fili l'elevazione di temperatura prodotta dalla corrente stessa. Ricavasi dalle esperienze di Lenz e Becquerel (De-La-Rive El. Tom. II. pag. 46) che la resistenza vera R_v di un circuito la cui lunghezza misurata è R_m esprime per

$$R_v = R_m (1 + 0,0035 t^\circ)$$

essendo t° il numero de' gradi del termometro centigrado sopra la temperatura dell'ambiente. Nel caso della nostra prima esperienza, la temperatura del filo era certo superiore a 100° perchè si fuse tutta la gutta-perca del reostato nei primi 10 giri: onde dovettero poscia sempre tenersi introdotti 10 giri del reostato; appunto per evitare maggior danno allo strumento: la temperatura della stanza era 17° , quindi supponendola $= 100^\circ$ sarà $0,0035 t^\circ = 0,289$: il numero R_m dei giri del reostato era 24,0 che colla correzione dovuta alla temperatura $0,289 \times 24,0 = 6,069$, sarà $R = 27,09$: la deviazione era $66^\circ,5 = 120,0^\circ$ 0: quindi

$$120,0 = \frac{E}{27,09 + 1,2}$$

donde

$$E = 3394$$

assai maggiore della

trovata di sopra.

II. La colonna 6^a degli E presenta un andamento curioso: essa cala da principio, indi ricresce, ma ricordiamoci che è calcolata senza tener conto della temperatura del reostato; cerchiamo d'introdurre questa condizione. Per osservare tal temperatura si mise un termometro coricato sui fili del reostato (questo mezzo benchè imperfetto, ci darà qualche lume): nella 3^a esperienza esso segnava 40° , nell'ultima esso non era sensibilmente più alto dell'aria ambiente 17° . Si calcoli la correzione, assunta la differenza delle temperature tra quella del filo e l'aria ambiente $t^\circ = 23$, cioè $0,0035 \times 23 = 0,08$: ma

$Rm = 43g$, quindi la correzione $= 3g, 44$, e i giri veri

$$Rv = 46g, 44.$$

$$46^{op}, 5 = \frac{E}{46, 44 + 1, 2} \quad \text{dove} \quad E = 2159, 5.$$

Questo numero riesce ancora minore dell'ultimo E nell'ultima colonna: onde non basta a togliere l'irregolarità dell'andamento la correzione della temperatura.

III. Anche altri elementi diedero lo stesso risultato.

Per un elemento nuovo $E = 1491$

Per uno stanco $E = 1928$

Per uno stanco ed allungati gli acidi $E = 2958$.

VI. Questo però non vuol dire che la forza vera della pila cresca, e che possa usarsi per ottenere molta corrente un gran numero di coppie stanche. Infatti suppongansi i due elementi

fresco con $E = 2529, 6$,

e stanco con $E = 2079, 0$

e colla formula data di sopra in cui si cerca il numero di elementi proprio a vincere una data resistenza

$$\frac{n'}{n} = \frac{E - IR}{E' - IR'}$$

Si cerchi per $I = 40^g$, quale dev'essere il numero relativo delle coppie. Qui R essendo la sola resistenza della coppia, si devono sottrarre tutti i fili che entrano nel circuito, il cui valore è $4g$, e inoltre i $10, g$ del reostato introdotti per cautela, e il galvanometro $4g, 1$: quindi la

$$R = 36, 0 - 15, 1 = 20, 9$$

$$R' = 46, 2 - 15, 1 = 31, 1.$$

dove

$$\frac{n'}{n} = \frac{2529, 6 - 836}{2079, 0 - 1244} = \frac{1693}{835} = 2, 04$$

cioè circa doppio.

Non si può provare colle forze elettromotrici proprie delle deviazioni minori perchè il denominatore viene negativo, ed è impossibile la soluzione, il che è naturale, sapendosi che col moltiplicare le coppie anche all'infinito, non può ottenersi maggior deviazione nell'ago che si ha con una sola direttamente a minimi conduttori.

ESPERIMENTO III.—La pila di Daniell a diaframma di tubo da pompieri, fu provata caricandola ad acido solforico più forte, cioè proporzione di acido $\frac{1}{8}$, e si ebbe

Tempo	Deviaz.
7 ^{or} , 10 ^m	32, 0
8, 25	32, 0
10, 35	34, 6
11, 00	32, 5
Corrente deviata = 46, 6	
Reostato = 295, 5	

Quindi $E = (295,5 + 4,2) 37^{\text{or}}, 5 = 1154$.

Si vede un rinforzo della E, ma non tale da arrivare mai alla Bunsen.

Fissato che sia il grado di forza che deve aver la pila nella luce elettrica, e il tempo di azione, può cercarsi se i materiali residui siano sufficienti coll'essere rinforzati a produrre nuova corrente elettrica. Perciò fu fatto il seguente

ESPERIMENTO IV.—Preso un elemento che avea servito alla pila durante la luce si ebbe

$$\text{Deviaz.} = 50^{\circ}, 9 = 66^{\text{or}}, 5$$

Aggiunte 4 onc. di acido solforico, ch'è la dose per armarne uno nuovo si ebbe a 11^{or}, 40^m.

$$\text{Deviaz.} = 65,0 = 442^{\text{or}}, 0.$$

L'acido nitrico effervea molto, ma la sua temperatura non era che 28°, C. (la stanza era a 15°) ed i gas erano per la massima parte idrogeno; la sua forza $E = 1778$.

Avendo conosciuto che la forza necessaria per la luce era circa 40°, s'introdusse il reostato e si ridusse a questa deviazione nei tempi successivi e si ebbe come segue:

Alle ore 7 pom., cioè dopo 8^{re} di azione, la forza assoluta non era più che 20°, e l'effervescenza era di solo idrogeno.

La mattina appresso si fece l'enorme proporzione di $\frac{1}{8}$ di ac. solforico conservando lo stesso ac. nitrico esausto, ma la deviazione non salì oltre a 28°.

Tempo	Giri del reostato per ridurre a 40°
41 ^{or} , 50 ^m	23 ^g
43, 45	47
45, 53	40
46, 45	8

Conclusione. — Quando l'ac. nitrico è quasi esausto non si può più avere nè forza nè costanza sufficiente, anche aumentando l'ac. solforico indefinitamente.

§ V.

Esperienze colla pila completa.

Veniamo ora ad esporre le esperienze fatte colla pila completa ed applicata alle macchine foto-elettriche del sig. Iaspar. Queste macchine non differiscono dalle altre conosciute sotto il nome di questo autore (le quali com'è noto, hanno il vantaggio di tenere il punto luminoso ad un'altezza costante mediante una leva e una carrucola con cui sono resi mobili ambedue i carboni) se non in ciò che le due verghe destinate a portare i carboni sono tubulari, e dentro ammettono una lunga bacchetta prismatica di carbone coke, quanto è sufficiente a durare circa 8^{ore}. La distanza tra i due pezzi metallici che portano i carboni è al più di 78^{mm}; ma bruciata che sia questa quantità di carbone, per un giro che fa la corrente nella macchina stessa, si devono muovere certe leve e molle che reggono i carboni al loro posto, e lasciarli uscire un altro poco. Questo meccanismo porta una mutazione nel corso della corrente che può farsi percorrere le sole spirali metalliche, senza che passi per carboni. Ma tutto questo giuoco non opera bene in pratica per difetto di costruzione, a cui sarebbe difficile rimediare senza

mutare la disposizione attuale in una più sicura e più solida. Ma prima di procedere a migliorare la macchina era da investigarsi la questione principale, cioè l'economica. Ecco dunque come fu condotta questa serie di importanti esperienze.

ESPERIMENTO I. — Messo un elemento alla Bunsen carico di fresco col circuito minimo, cioè col solo filo grosso della bussola e i piccoli tronchi di filo di rame inservienti alle comunicazioni lunghe al più $4^{\text{m}}\frac{1}{2}$ si ebbe la seguente serie di forze in due esperimenti.

$$\text{Deviazione} = 65^{\circ}, 5 = 114^{\text{op}}, 0$$

Messo il giro de' reofori che servir doveva alla pila, i quali erano di fil di rame lungo 24^{m} , e grosso $4^{\text{mm}}, 5$,

$$\text{Deviazione} = 37^{\circ}, 0 = 42^{\text{op}}, 0$$

Introdotta anche la lucerna, ma senza carboni talchè la corrente andasse per le sole spirali,

$$\text{Deviazione} = 21^{\circ} = 22^{\text{op}};$$

$$\text{Id. coi carboni lunghi } 54^{\text{mm}} \quad 8^{\circ} = 8^{\text{op}}.$$

Di qui si vede che il giro dei conduttori presenta una forte resistenza: onde sarebbe stato mestieri un gran numero di coppie. I carboni erano sensibilmente caldi. Si vide che molta influenza aveva la estensione di superficie, sulla quale i carboni si toccavano; e più essa era grande, più di elettricità passava.

Tolte le spirali s'introdusse il reostato e 123 giri di esso non fecero discendere l'ago che a 45° . Deviando la corrente al modo solito si trovò la resistenza da introdursi = 12 giri, ed $E = 1478$: donde si concluse la resistenza del circuito, quando vi erano i 54^{mm} di carbone, dover essere = 193 giri in circa del reostato.

Un'esperienza diretta a misurare la resistenza di queste lucerne diede per suo valore 39 giri del reostato. Così pure si trovò che 58^{mm} di lunghezza di quei prismi di carbone la cui sezione è un quadrato del lato di 5^{mm} equivalevano prossimamente a 100 giri del reostato; ma da un pezzo all'altro si avevano grandi diversità; onde avuto riguardo all'essere i carboni

più lunghi, gli altri conduttori del circuito sarebbero stati equivalenti a 40 in 50 giri.

Questo esperimento era necessario per conoscere la forza degli elementi semplici al principio: al fine esso fu ripetuto, e si trovò la deviazione $55^{\circ}5' = 78^{\circ}\text{p}$ dopo 12 ore di tempo, frammiste però con tante interruzioni intermedie, che può al più dirsi equivalente ad 8 ore.

ESPERIMENTO II. — Mentre si faceva quest'esperimento preliminare su di un solo elemento, se ne caricarono altri 30 con acidi tutti nuovi, sempre nella solita proporzione di $\frac{1}{12}$ di acido solforico, ed acido nitrico assoluto. Trasmessa la corrente per la bussola direttamente senza altri conduttori che i lunghi fili indispensabili per arrivare dalla pila alla bussola si ebbe alle ore 3,25^m. Deviazione = $67^{\circ} = 122^{\circ}\text{p}$, 5. Tutto il reostato la faceva abbassare soltanto a $58^{\circ} = 87^{\circ}\text{p}$, ma il filo si scaldava assai e fondeva la gutta-percha. Qui la corrente fu divisa in due senza lucerna, e si trovò deviazione = $50^{\circ} = 64^{\circ}\text{p}$, 5. Trasmessa la corrente per l'apparato illuminante si osservò che l'ago non stava mai fermo, ma oscillava sempre tra i 35° e i 50° , media circa $45 = 55^{\circ}\text{p}$.

Intanto molto tempo fu speso in varie esperienze e prove sugli apparecchi, e fra le altre cose fu tentato di far passare la corrente pei due apparecchi nel tempo stesso, ma fu impossibile aver luce in ambedue simultaneamente; dopo di che si riasaminò la forza della corrente e si ebbe

7^{or},25^m corrente diretta $69^{\circ} = 132^{\circ}\text{p}$ onde si vede cresciuta, come avviene in un elemento solo.

A 7^{or},30^m trasmessa la corrente attraverso i carboni con nastro luminoso dà Deviazione oscillante 35° a 45° cioè

$$\frac{40^{\circ}\text{p} + 55^{\circ}\text{p}}{2} = 47^{\circ}\text{p}, 5.$$

A 10^{or},30^m acconciato meglio l'apparato si ha

Corrente diretta = $66^{\circ}, 5 = 114^{\circ}\text{p}$;

« colla luce oscilla tra 40° e $50^{\circ} = \frac{48^{\circ}\text{p} + 63^{\circ}\text{p}}{2} = \frac{111}{2} = 55^{\circ}\text{p}, 5.$

A $12^{\text{or}}, 45^{\text{m}}$, corrente diretta $= 62^{\circ} 0' = 100^{\text{op}}$
 coi carboni oscilla fra 35° e 45° ,
 e quasi si fissa a $40^{\circ} = 47^{\text{op}}$.

Una simile oscillazione dell'ago tra 40° e 44° , ovvero anche fissa stabilmente a 44° si ebbe pure sul fine allorchè la luce fu tanto indebolita che il nastro era sommamente intermittente, e l'ago direttamente segnava solo

a $45^{\text{or}}, 30^{\text{m}}$ $56^{\circ} = 84^{\text{op}}$
 senza luce, con 75^{mm} di carbone, la corrente era
 $54^{\circ} = 67^{\text{op}}$.

Un solo elemento rimesso coi conduttori minimi dell'esperimento I° diede la deviazione $55^{\circ}, 5' = 78^{\text{op}}$.

Dopo ciò si disarmò la pila, perchè non poteva più aversi luce continuata, e si trovò ripesando tutti gli zinchi che essi erano calati di 9 lib. e 4 onc., che è la quantità di zinco sciolto nell'esperimento.

Conclusioni. I°. — La forza diretta della pila nel suo maggior vigore essendo stata di 69° , ossia di 132^{op} ; e colla luce essendo in medio di 44° circa, cioè 50^{op} , si vede che i carboni e il nastro luminoso offrono una resistenza enorme alla corrente, e che supera assai quella dei carboni stessi se fossero freddi, i quali non l'hanno ridotta più che da

$$56^{\circ} = 84^{\text{op}}, \text{ a } 54^{\circ} = 67^{\text{op}};$$

la prima diminuzione è prossimamente :: 2,6 : 4 mentre l'ultima è :: 4,2 : 4.

II°. Il numero di 30 coppie è richiesto per avere costanza sufficiente. Infatti furono sottratti dal circuito prima 10, poi 45 elementi; sottratti 10 si ebbe diminuzione di luce, ma non gran fatto sensibile benchè più intermittente; sottratti 45 non fu possibile proseguire la continuità della luce in modo discreto: della parte fotometrica si dirà appresso.

III°. La stessa deviazione sussistendo ancora quasi identica quando la luce era enormemente indebolita e il nastro fiacchis-

simo e la corrente ridotta a soli $55^{\circ}5' = 80^{\circ}$ che è quanto dire $\frac{2}{3}$, prova un fatto interessantissimo, cioè che « collo stesso « numero di coppie la stessa quantità di corrente passa sempre « attraverso l'apparato, sia forte sia debole la luce; e il nastro « luminoso fa le veci di un reostato mobile che si adatta a « dare una corrente prossimamente costante. »

Questa conclusione in altri termini equivale a quest'altra; che la luce non dipende dalla quantità di corrente che circola, ma dalla quantità che tende a darne la pila: giacchè colla stessa corrente, circolante si ha ora maggiore ed ora minor luce; ma questa scema allo scemare della forza o energia della pila. Per strano che sembri ciò a prima vista è però conforme ad altri fatti noti in elettricità dinamica. Infatti ha dimostrato Faraday fino dai suoi primi lavori che quando si fa arroventare un filo di platino colla corrente elettrica, e si nota tanto il grado di luce che dà, quanto la quantità di gas svolto in un voltmetro inserito nel circuito, si trova che aumentando il numero delle coppie della pila si potrà arroventare al medesimo grado di luce una maggior lunghezza di filo; ma che, se si abbia cura di conservare in ambi i casi il filo ad egual roventezza, sempre si avrà la stessa copia di gas nel voltmetro. Ora nel caso nostro il nastro luminoso tiene le veci del filo, e la maggior luce dipende dalla maggior sua lunghezza e vivacità, e si sa che col crescere le temperature crescono le resistenze fino ad un equilibrio, giunto il quale la corrente che passa è una costante, invariabile. Così pure negli esperimenti suoi Despretz vide che, dopo passati i 400 elementi per aggiunta di nuove coppie in serie ordinaria non si ha aumento notabile nè proporzionale di luce; ma vide bensì allungarsi più il nastro. All'incontro congiungendo le medesime parallelamente tra di loro cresceva la luce, ma non la lunghezza del nastro (C. R. T. xxxi pag. 419). Non è difficile dar ragione di questi risultati dietro i principi dell'equilibrio fra le resistenze interne e le esterne della pila.

Era curioso il cercare se questo fosse il limite di massima utilità che presentava il circuito. È noto che un tal limite si ha quando la resistenza del circuito eguaglia la metà di resistenza della pila. Ammesso che la resistenza della pila in ciascun elemento fosse 9 giri, essa sarebbe 270° per 30 elementi. La

resistenza del circuito fu detto sopra essere stata circa 193 Ω onde non si verificherebbe l'effetto del massimo. Aggiungasi ancora che l'intervallo d'aria calda e il carbone rovente resistono assai più che il medesimo a freddo.

Queste conclusioni erano troppo singolari ed importanti per non esser studiate con maggiore diligenza che non fu potuto in questa prima esperienza. Fu quindi alcun tempo dopo armata la pila, in ordine specialmente a fare uno studio ragionato di questo soggetto, e inoltre di paragonare gli effetti della pila ad acidi tutti freschi e ad acidi già in parte usati.

ESPERIMENTO III. — Questa volta furono armati tutti e 60 gli elementi; ma 30 furono armati tutti ad acidi nuovi, e per gli altri 30 si usò l'acido nitrico che avea già servito nella precedente serie di esperienze. Tre apparati regolatori erano in pronto: due del Ministero, e uno del Collegio, e si fecero le ricerche seguenti. I conduttori principali erano stati raddoppiati onde resistevano per metà. Ecco i risultati:

a) 40 Ω 45 Ω . Trasmessa la corrente di 60 coppie unite in serie unica attraverso l'apparato A del Ministero l'ago oscilla tra 25° e 44° e fissasi talora a 38°. Coll'apparato B oscilla tra 26° e 48°. Coll'apparato del Collegio C oscillando tra 40° e 45°, si fissa a 43. La differenza è piccola tra A e B, ma grande con C, perchè quest' apparato ha molto minor resistenza nella sua spirale che è composta di tre fili grossi paralleli.

b) 44 Ω 20 Ω . Coll'apparato A si fissa a 45°, col C oscilla tra 25° e 35°.

44 Ω 50 Ω . Deviazione diretta senza apparati

$$= 60^{\circ},5 = 95^{\circ}p.$$

4 , 20. Idem senza apparati

$$= 57^{\circ},5 = 86^{\circ}p.$$

Qui si vede un rovesciamento d'intensità di corrente trasmessa negli apparati A e C; ma presto se ne riconobbe la causa: derivava ciò dall'essere, ora più, ora meno lungo il nastro: all'allungarsi di questo la forza della corrente scemava in modo che appena l'ago oscillava tra 20° e 40°, ed era anche minore quando il nastro era lunghissimo, sicchè la luce stava per estinguersi

per ogni piccolo allungamento maggiore che avvenisse. La poca precisione degli apparati medesimi ci ha privato del piacere di penetrare in ciò più a fondo; ma tuttavia non cessa di essere assai istruttivo. Coll'allungarsi del nastro sembra scemare alquanto anche la luce; ma non tanto, quanto parrebbe dover essere dalle indicazioni della bussola. All'incontro coll'allungarsi del nastro, si avvisa in modo straordinario la parte dello spettro fosforogenico che diviene sorprendente e cresce assai il fischio che fa la corrente che scocca tra le punte di carbone.

ESPERIMENTO IV. — Furono inoltre variate le combinazioni delle pile e provata 1° con tutti e 60 elementi, 2° coi 30 soli nuovi; 3° coi 30 armati di ac. stanchi. Ecco i risultati ove per maggior sicurezza si è preso il medio di molte oscillazⁱ. Con 60 elementi in serie unica, forza diretta = 57°,5.

Limiti delle Oscillazioni.

A destra	A sinistra
33°	45
32	42
30	45
28	43
33	52
34	50
37	46
34	43
32	39
30	49
<hr/> Medio 32,3	<hr/> 45,2

Il confronto coi gradi proporzionali è così:

$$\text{Forza diretta} = 57^{\circ},5 = 85^{\circ}0$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Limite destro} = 36^{\circ}0 \\ \text{sinistro} = 56 \end{array} \right\} = 46^{\circ}0 \text{ in medio}$$

onde sarebbe ridotta la forza quasi a metà.

2° Pila ad acidi nuovi 30 elementi.

$$\text{Forza diretta} = 64^{\circ} = 96^{\circ}0$$

Limiti delle Oscillazioni.

A Destra		A Sinistra
23°		45°
28		53
20		42
23		52
23		40
25		35
<hr/>		<hr/>
Medio = 23,6		44,7
Limite destro	23°,6 = 24°,5	} = 38°,6
sinistro	44,7 = 33,0	

La quantità diretta è maggiore che nelle due pile riunite perchè la pila stanca ritarda la fresca, ma essendo diminuito il numero degli elementi, la diminuzione è maggiore; perchè la resistenza esterna è molto più forte rapporto all'interna: però non tanto quanto sarebbesi aspettato. La luce peraltro pareva assai diminuita ed era almeno ridotta alla metà. Il nastro ora è notabilmente più corto, e più frequenti le interruzioni.

3° Pila ad ac. stanchi. Forza diretta 49° = 62°,5

Limiti delle Oscillazioni.

A Destra		A Sinistra
0°		44°
45		38
0		40
5		42
<hr/>		<hr/>
Medio	5	41
Limite destro	5° = 5°p	} = 27°p.
sinistro	44 = 49	

La luce era fiacchissima onde si aveano frequenti interruzioni, e si dovette tralasciare. Onde per dirlo qui, passate appena 7 ore dopo caricata la pila con tali acidi, non poteva più dar luce sufficiente al Faro.

Si vede ancora che la forza della pila di 60 elem. è poco diversa dalla media della somma delle due parziali perchè:

Pila ad acidi nuovi 96^{op}
 « ad acidi stanchi 63

Medio = 79,5

Pila di 60 elementi 85,0

Differenza = +5,5

Altra simile ricerca a 4^{ore}, 28^m

30 elementi nuovi = 58° = 87^{op}

30 elementi vecchi = 46 = 57

Medio = 72

60 elementi interi = 52° = 69,5

Come si vede le pile erano assai indebolite. Ecco la quantità che sul fine passava attraverso la bussola durante la luce.

3^{or} 48^m; 60. Elementi = Forza diretta = 52°, 5 = 71^{op}.

Limiti delle Oscillazioni.

A Destra	A Sinistra
36	48
35	42
34	48
35	39
34	38
<hr/>	<hr/>
Medio = 34,8	43,0
Pei gradi proporz.; 34°, 8 = 39 ^{op} 5	
43, 0 = 52,0	
Medio = 45 ^{op} 75;	

cioè quasi la stessa che fu trovata sopra, mentre la forza era 85^{op}, perchè allora ne passavano 47^{op}, 0. In un'altra esperienza l'ago si fissò stazionario a 43° = 52^{op}.

Si smonta alle ore 4 pom. dopo 8 ore di azione, delle quali però sole 6^{or} era stata usata la pila ad acidi stanchi. Quella poteva dar luce abbastanza per un'altra ora ancora, ma la 2^a non reggeva più.

Concludiamo quindi essere provato abbastanza che « fintanto « che le punte dei carboni possono scaricare la corrente per

« mezzo di un arco o nastro che li separa , la stessa quantità di elettrico passa sempre pel regolatore, qualunque sia la tensione e forza della pila, purchè sussista una sufficiente forza a tenere i carboni separati, e che il nastro luminoso fa da reo-« stato.» Variando però il numero delle coppie varia la quantità di elettrico trasmesso.

§ VI.

Ricerche fotometriche.

Una parte importante delle nostre ricerche sarebbe stato lo studio dell'intensità luminosa del faro; questo, a dir vero, non era fortunatamente da noi richiesto, giacchè dietro altre sperienze era stata da giudici competenti giudicata sufficiente per tale uso. Tuttavia fu fatto qualche tentativo anche su questo punto. Dico tentativo, perchè una grande difficoltà s'incontra nella diversità dei colori della luce elettrica, e della luce delle fiamme usuali; essendo queste gialle, e quella turchina: ond'essa riesce realmente oscura ad egualità di aree. Per fare questi studi, si proiettò l'immagine dei carboni mediante lenti sopra uno scrimaglio bianco; e, refratti i raggi attraverso un prisma, i risultati furono i seguenti:

I. La coppia dei raggi gialli era in proporzione assai minore che nello spettro della candela;

II. Gli azzurri erano abbondantissimi, e vivaci oltremodo;

III. Usando le carte intinte con solfato di chinina si rivelarono oltre il violetto tre striscie: la 1^a di colore azzurro di mare, la 2^a di verde di mare, e la 3^a di ceruleo smorto. Queste tre striscie erano separate da spazi oscuri assai larghi, e il limite dell'ultima striscia era tanto lontano dal violetto estremo, quanto questo dista dal verde-giallo dall'altra parte. Queste tinte erano sì intense che a qualche distanza eguagliavano in forza quasi lo stesso azzurro;

IV. Le ultime sperienze essendo state fatte di giorno, si è potuto verificare che questi raggi estremi, detti epipolici o fo-

sforogenici, erano più tendenti al ceruleo che i raggi solari, che si manifestano nel sito medesimo e che sono più bianchicci;

V. Il rosso e il giallo erano più larghi e belli nello spettro solare che nell'elettrico.

Consegue da ciò che la luce elettrica abbonda in raggi più refrangibili, e che perciò essa a pari intensità deve riuscire meno sensibile all'occhio che la luce gialla dei fari ordinari.

Per misurare l'intensità assoluta si fecero diversi esperimenti, confrontandoli alla luce di una candela stearica, fondandosi sul metodo dell'eguaglianza delle ombre, nel che si incontrò non poca difficoltà per la gran diversità di colore che hanno le ombre gettate con queste due luci.

Si trovò così per un medio, stando la candela lontana dallo scrimaglio $0^m,26$ dava la stessa ombra che il regolatore foto-elettrico distante $9^m,25$, a 30 elementi con corrente d'intensità media 43° . Quindi dal rapporto inverso del quadrato delle distanze, risulta che la forza della luce è eguale a 1236 candele steariche circa. Per comparare questa luce con quella dei fari ad olio, è mestieri tener conto della superficie illuminatrice. La fiamma della candela stearica era circa $2^{cmq},40$. Ora, secondo le dimensioni che dà Fresnel ne' suoi becchi quadrupli, trovasi che la fiamma ha una superficie $639^{cmq},8$ supponendo ogni fiamma circolare svolta da sè, e perfettamente trasparente; onde l'intensità di sua luce equivarrebbe a 256 candele. Noi possiamo sicuramente raddoppiare questo numero perchè la maggior temperatura dei becchi concentrici fa rendere la luce più bianca e viva; quindi si avrà 512 candele, che è meno della metà del numero trovato per la luce elettrica. Se non che il potere rischiarante di questa è certo minore per la scarsezza dei raggi gialli e per l'abbondanza degli azzurri; onde possiamo dire che non si va molto lungi dall' avere un' equivalenza nello splendore reale. Che, se la luce elettrica ferisce più l'occhio, ciò deriva dall'esser essa concentrata in area minore, ma per illuminare, ciò non produce vantaggio reale alcuno, anzi togliendosi colla grande concentrazione la diffusione e la penombra nella illuminazione degli oggetti, fa che riesca più molesta agli occhi: e infatti si usa in pratica circondarla di veli gialli o di altri involuppi diffondenti la luce.

Dai risultati di questo calcolo rilevasi una conseguenza che non è gran fatto favorevole all'uso della luce elettrica nei fari; perchè anche ammesso che la sua luce sia quadrupla del becco di Fresnel (il che è un limite eccessivo), per aver la forza di luce che si ha nel *fulgore* di questi, sempre bisognerà usare lenti o specchi, che è appunto ciò che si vuole evitare; ed in questo caso i piccoli specchi che sono stati inviati colla macchina, e che non arrivano a 4 piede quadro di superficie, sono ben piccola cosa, e certo insufficienti. Sicchè con un semplice becco fisso si potrebbe ottenere quasi la stessa forza illuminante, mentre il rapporto della spesa è enormemente diverso. Giacchè, come vedremo, la pila domanda almeno scudi 4,5 per ogni 8 ore; mentre in olio non ci andrebbe la quarta parte di spesa, anche supponendo che esso logori una libbra e mezzo d'olio per ora.

§ VII.

Conclusioni pratiche dedotte dai precedenti esperimenti.

Raccogliamo ora in breve quanto si è detto fin qui, e sotto un sol colpo d'occhio esaminiamo il soggetto della luce elettrica specialmente rapporto alla parte economica. Gli esperimenti precedenti mostrano:

I. Che la pila di Bunsen, caricata con acido nitrico di 40°, ed acqua acidulata a $\frac{1}{12}$ di acido in peso, non è costante; ma benchè variabile in forza può durare per il bisogno certamente 8 ore continue, con intensità sufficiente a mantenere buona la luce.

II. Rinnovando dopo ciò la dose dell'acido solforico interamente, a aggiungendo $\frac{1}{4}$ di acido nitrico nuovo a quello già usato nella prima durata di 8 ore di lavoro, potrà ottenersi corrente sufficiente a durare altre 8 ore. L'acido nitrico dopo aver servito due volte sarà inutile per la luce, e forse non avrà nemmeno altri usi artistici essendo molto indebolito, e facilmente misto ad acido solforico; onde lo considereremo come perduto.

III. Che i prodotti della pila essendo misti di solfato e nitrato di zinco difficilmente potranno essere oggetto di commercio, ed anche questi *finora* si devono giudicare inutili.

IV. Rapporto alla spesa di consumo si è avuto dal proprietario della fabbrica di Rimini la seguente attuale tariffa del corso degli acidi all'ingrosso; cioè

Acido nitrico di 40° . . .	sc. 12,00 per $\frac{1}{10}$ lib.
Acido » di 35° . . . »	9,00 »
Acido solforico di 66° . . . »	4,50 »

Si spera di poter diminuire i prezzi specialmente per l'acido solforico e pei porti dell'Adriatico, ma non così facilmente per l'acido nitrico e per Civitavecchia. Partendo quindi dalla supposta tariffa, suppongo che si usi acido nitrico di 40°, e ammetto che basti rinnovarne nella 2^a prova almeno $\frac{1}{4}$. Per armare 30 elementi della pila, si richiedono 44 lib. di acido nitrico, e 12 di acido solforico; e si logorano 9 lib. di zinco almeno, con una perdita di mercurio che finora stimar possiamo di 2 onces e $\frac{1}{2}$; quindi abbiamo la seguente spesa:

Acido nitrico lib. 40 . . .	sc. 4,80.
Acido solfor. » 12 . . . »	0,54.
Zinco » 9 . . . »	0,90.
Mercurio onc. . . 2 $\frac{1}{2}$. . . »	0,10.

Spesa totale sc. 6,34.

Si calcola lo zinco così lavorato a sc. 0,10 la libbra, il che è sotto del prezzo richiesto in Roma, ma in grande può aversi.

Per la 2^a esperienza sarà:

Acido nitrico lib. 40 . . .	sc. 4,20.
Altri oggetti	» 1,54.
Totale	sc. 2,74.

e per la 1^a partita » 6,34.

Per 16 ore spesa . . . sc. 9,08.

La spesa è vistosa, ed oltre l'acido nitrico due oggetti l'alzano assai, cioè 1° il mercurio, il quale se non si combina, almeno si perde in gran parte, e il riacquistarlo dagli avanzi dello zinco

amalgamato coll'evaporazione costa della spesa: 2° lo zinco stesso che nella pila attuale è laminato, ed è di prezzo primitivo alto, e porta non piccola mano d'opera nel prepararlo e chiodarlo al rame ecc. Sostituendo zinchi fusi, la spesa di quest' articolo sarà la metà circa. Ribassando pertanto tale spesa, essa sarà sempre poco inferiore a sc. 8,00 per 16 ore.

V. Per Ancona, la durata media nell'anno in cui deve stare acceso il faro, è 9 ore se è sereno, e almeno 40 ore nei giorni nuvolosi: quindi per serata sc. 4,50 almeno.

VI. La pila Bunsen ha il vantaggio di essere di comodo maneggio, di poco costo nell'impianto, di occupar poco posto e di conservazione sufficiente ma ha il grave incomodo di un forte sviluppo di acido nitroso che è nocivo alla salute dell' operaio, e che svolto continuamente e in gran copia, come avviene con 30 elementi a grandi dimensioni, può essere nocivo alle abitazioni vicine; oltre poi la fragilità de' vasi porosi.

Cotale spesa pertanto non potrebbe dirsi eccessiva pel pregio della bella luce che dà, qualora come abbiamo supposto realmente bastassero 30 elementi; ma nel caso delle attuali macchine in prova, si è veduto che per avere la sostituzione dei carboni continua, questa forza è debole, e forse dovrà raddoppiarsi usando 60 elementi; nel qual caso la spesa sarebbe doppia. Ma siccome dobbiamo sperare che si possa portare opportuno perfezionamento alle macchine, così potremo considerare 30 elementi come sufficienti. Per diminuire pertanto la spesa, si sono esaminate le altre sorgenti di elettricità per vedere se fossero meno dispendiose; ma prima di riportare i risultati, è necessario fare un' osservazione.

È dimostrato dalla scienza, che il principio fondamentale da cui dipende lo sviluppo della corrente è l'azione chimica, la quale nel caso nostro è l'ossidazione dello zinco provocata coll'acido solforico, come mezzo il più economico possibile fra quelli che si conoscono. Una tale azione è definita ed invariabile nelle sue proporzioni; talchè, con qualunque apparecchio si ottenga la corrente in un dato circuito voltiano per una sola coppia, si avrà sempre il medesimo consumo di zinco e di acido solforico per una stessa forza di corrente. In un circuito poi composto di più elementi, questo consumo sarà inoltre in proporzione del loro

numero. Ma se non può variarsi la quantità di materia impiegata, può bensì variare il prodotto della pila; ed esso può divenir tale che dia un compenso alle spese necessarie. La pila di Bunsen dà prodotti o inutili affatto, o di pochissimo valore; ma vi è la combinazione di Daniell nella quale sostituendo all'acido nitrico il solfato di rame, è possibile ottenere prodotti utili. Senonchè questa pila è più debole dell'altra e più costosa nel primo impianto.

Vediamo però se questa pila può arrivare se non a coprire le spese, almeno a renderle minori. Si è veduto, che;

1° Una cassetta di rame disposta alla Daniell, in cui lo zinco abbia $\frac{1}{4}$ di metro quadrato di superficie (cioè sia lo zinco un quadrato di $\frac{1}{2}$ metro di lato), dà la stessa corrente che una grande di Bunsen, qualora sia armata con buona soluzione saturata di solfato di rame preparata a freddo, e con acqua acidulata a $\frac{1}{16}$ di acido solforico. Questa pila è assai costante, e si conserva tale per un tempo lunghissimo, ed anche per giorni interi, se invece dell'acqua comune si usi acqua salata.

2° Benchè un elemento semplice sia pari a quello di Bunsen, pure messi in serie questi darebbero minor forza e sarebbe necessario aumentare il numero delle coppie: onde per avere l'effetto di 30 coppie alla Bunsen in vincere la resistenza del nastro, quindi dovrebbero esser 60, ma attesa la loro costanza, saranno bastanti 45 di Daniell della dimensione detta di sopra di $\frac{1}{4}$ di metro quadrato.

3° Durante la corrente, come è notissimo, si scompone il solfato, e il zinco si ossida e rimane libero un equivalente di rame sulla piastra di rame: si combina coll'acido un equivalente di zinco, ed i prodotti sono rame e solfato di zinco, quindi:

4° La spesa, teoricamente parlando, potrebbe venire tutta coperta perchè tutto il rame del solfato si ripristina, e il suo acido solforico recandosi sullo zinco forma il solfato di zinco, che è un prodotto il quale può sempre vendersi per la somma dei prezzi de' materiali che contiene; sicchè l'azione elettrica è gratuita. Anzi vi potrebbe esser perfino del guadagno, perchè il rame che si produce è purissimo, e può dare belle lastre compatte come quelle della galvano-plastica, il cui valore è sc. 33,00 per 100 lib.; mentre il rame usato nelle officine per formare il

solfato, essendo rame di scarto, vale sotto a sc. 25 p. $\frac{\circ}{100}$ lib. in Roma.

5° Però ad ottenere il vantaggioso risultato, vi sono delle difficoltà reali, e sono le seguenti:

a) Non tutto il rame può riacquistarsi in grado così eminentemente utile, ma molto si depone in polvere, e se l'operatore non è cauto può essere che tutto il rame prodotto sia d' inferiore qualità e solo utile a fare altro solfato, cioè valutabile meno di sc. 25,00.

b) I diaframmi porosi in questa pila essendo di tela, sono spesso permeabili ai liquidi cui sono destinati a separare, onde si ha perdita di forza e di capitale. Quindi io ho rivolto una attenzione speciale a questo soggetto, e dopo molte ricerche ho trovato che i sacchi di tela di canape, tessuti come sono i tubi dei condotti di tela usati negli incendi dai pompieri, soddisfano mirabilmente. La tela da vele detta *olona* dai marinari, specialmente se sia spalmata di farina mista a calce dà pure buon successo, ma rende sporchi i prodotti. Non sarebbe difficile di poter formare sacchi simili ai prefati tubi nei nostri paesi ricchi di canape. Essi però sono più costosi dei vasi di terra usati nella pila di Bunsen, e se non sono fragili, sono però soggetti a soffrire per l'azione degli acidi, e a guastarsi se non siano tenuti con cura.

c) Usando lo zinco amalgamato anche qui vi è la medesima perdita di mercurio; non perchè si combini, ma perchè resta disperso e aderente agli avanzi della lastra di zinco, e può ripetersi qui quanto si è detto di sopra: senonchè si può fare a meno dell'amalgamazione; ma allora bisogna crescere gli elementi, e si consuma più zinco.

d) Per guadagnare il solfato di zinco bisognerebbe provvedere ai soliti mezzi di concentrazione e cristallizzazione, attesa la quantità prodigiosa che se ne formerebbe, il che porta spesa di attrezzi e mano d'opera, che non è compensata dalla merce.

6° Discutiamo ora la spesa. La corrente che si esige per la luce è tale che, nell'ipotesi che si usino 45 cassette con forza = 50°, precipiterà circa 42 lib. di rame in 8 ore; il che secondo la composizione del solfato di rame esige 48, in 50 lib. circa di solfato, che tutto si scompone durante l'operazione: il che porta una

spesa in solfato di sc. 4,25: ma il rame in medio prezzo vale sc. 30 per 100, e 12 libbre sc. 3,60; onde resta la passività di sc. 1,25. Inoltre si forma solfato di zinco dal metallo sciolto per equivalente al rame, che sarà 13 lib. almeno, e sempre un poco più per le azioni locali, il quale cristallizzato, concentrato e fuso come usasi in commercio farà circa 30 libbre (28 lib. 46) di solfato, che rappresentando in valore dei materiali commerciali minimi varrà almeno sc. 1,15. Sicchè le spese e i compensi si possono riassumere nel seguente quadro:

Solfato di rame lib. 50 . . .	sc. 4,25
Acido solforico » 45 . . .	» 2,04,5
Zinco » 13 . . .	» 0,65
Mercurio	» 0,10.
<hr/>	
Spesa totale	sc. 7,04,5.
<hr/>	
Ricuperato — Rame lib. 12 a Sc. 30 %	sc. 3,60
Solfato di zinco . . .	» 1,15
<hr/>	
	sc. 4,75
Tolto questo dalla spesa . . .	» 7,045 -
<hr/>	
Restano per spesa finale . . .	sc. 2,295

Questo pare il calcolo che in pratica potrà *forse* verificarsi; giacchè l'ideale teorico contemplato di sopra non può aver luogo, perchè

1° Si deve usare zinco lavorato che costa più dello zinco ordinario del commercio;

2° Vi è perdita del mercurio nell'amalgamazione e spesa nella sua ricupera;

3° Vi sono altre perdite non leggere di acido solforico, onde 8 ore di luce costeranno *almeno* sc. 2,295. E siccome si può sperare un ribasso nel solfato e nell'acido solforico come si è ammesso per gli altri acidi; così le 8 ore non potranno venir a costare meno della detta somma, che è la metà del costo di quella di Bunsen.

VIII. Però ricordandoci che tra i proventi è assai difficile utilizzare il solfato di zinco, e perciò considerando questo come

perduto, la spesa salirà a sc. 3,44 almeno. Riflettendo poi al maggior costo primitivo di ciascun elemento che non può essere meno di sc. 20,00 per ciascuno, al loro maggior numero ed incomodità di maneggio, la spesa dev'essere non poco maggiore, onde arriverà ad esser quanto quella di Bunsen; quindi se questa fosse meno nociva per le sue emanazioni dovrebbe preferirsi per la sua comodità.

IX. Le altre specie di pile ad acqua di mare semplice, e ad acqua acidula, non sono idonee per nessun modo allo scopo, come appare dai molti esperimenti da me fatti in proposito. La pila Doat recentemente scoperta copre una parte delle spese, ma è debole e inferiore alla Daniell, e mettendosi in uso materiali rari e costosi, non può presumersi che possa essere per ora applicata in grande. Il solo mezzo che si vede praticabile in grande è quello di organizzare un grande stabilimento galvanoplastico per cui mercè il rame vecchio potesse ridursi a belle lastre di rame buono; ma il riescirvi esigerebbe condizioni, alle quali la luce non potrebbe forse adattarsi.

X. Fra le spese però che devono calcolarsi vi è la *guardia notturna* che colle macchine inviate deve star sempre a vista dello strumento. Anche nei fari ordinari vi è la guardia, ma questa è svegliata solo all'occorrenza da uno speciale meccanismo messo in moto al mancare dell'olio. Con migliori costruzioni di macchine può bensì diminuirsi il pericolo, ma non mai togliersi affatto, perchè le impurità accidentali dei carboni e mille altri inconvenienti possono interrompere la corrente, talchè contando anche questa spesa non pare che a meno di sc. 3, o 4 per sera non possa mantenersi la luce elettrica, anche facendo un calcolo certamente minore del vero, nè potrebbe farsi un preventivo prudente minore di sc. 6.00 (r).

XI. Finalmente avuto riguardo a tutto, la luce non è quale si aspetterebbe in intensità, e tale che dispensi da specchi o lenti per concentrarla a distanza, onde tutto considerato non pare che sia ancora giunta l'ora di usare questo agente come produttore di luce economica.

(r) Il sig. Du Moncel riferisce che la luce elettrica usata negli scavi di un dock in Francia, è venuta a costare 38 franchi per nottata. Eppure gli acidi colà si hanno a molto minor prezzo.

§ VIII.

Alcuni risultati teorici dedotti dalle precedenti esperienze.

Le esperienze esposte in questa memoria conducono ad alcuni risultati interessanti per la scienza che stimo non inutile raccogliere tutti in questo articolo.

I. Nella teoria della pila di Bunsen si dice che l'acido nitrico non agisca altrimenti che scomponendosi per somministrare ossigeno all'idrogeno nascente; ma che non concorra a formare sali di zinco. Questa teoria è trovata in difetto dalle nostre esperienze, in cui abbiamo veduto essersi sciolto assai più zinco che non poteva sciogliere l'acido solforico usato. Temendo che ciò dipendesse dai diaframmi e che fossero di poco buona qualità, li ho cambiati usando quelli di ottima specie; ma con lo stesso successo. Inoltre ho osservato che quando si è un poco impoverito l'acido nitrico, grande quantità d'idrogeno si viene svolgendo dal carbone, senza combinarsi in acqua come dovrebbe essere secondo la suddetta teoria.

II. Determinata che sia la forza elettro-dinamica della corrente dietro la graduazione, e la quantità di rame precipitato secondo i principi esposti di sopra, ricalcolando su di essa la quantità di zinco sciolto, si trova questa sempre minore dell'osservata. Questa perdita di zinco inutile può spiegarsi in più modi: 1° coll'ammettere azioni locali; 2° col supporre una perdita della corrente, cioè una circolazione per altra via oltre quella del filo; 3° coll'ammettere una trasformazione reale di corrente in calorico. Analizziamo ciascuna di queste cagioni a parte.

1° Le azioni locali sussistono certamente, e collo zinco ordinario non si possono evitare tutte anche amalgamandolo; e ciò tanto più, che abbiamo veduto che anche l'acido nitrico passa, a lungo andare, attraverso il diaframma, e finisce collo sciogliere zinco, e forse anche mercurio; e ciò deve render cauto nella scelta dei diaframmi, e nel calcolo del lavoro della pila. Tuttavia la diligenza usata nella preparazione delle pile, fa credere che questa causa non è l'unica. Più sensibile poteva riuscire la perdita per la 2ª cagione;

2° cioè per la dispersione della corrente. Per quanto i fili fossero ricoperti di sostanza isolante, e il vetro del vaso ben asciutto, certo è che sempre trova l'elettrico qualche via per sfuggire. La tensione di arche 30 elementi soli, era tanta che tenendo in mano il reoforo metallico direttamente, senza che la persona fosse isolata affatto, e toccando con esso un elettrometro, questo divergeva forte immediatamente, qualunque fosse la frequenza de' contatti; si vede di qui che così forti tensioni devono trovare molti modi per disperdersi e quindi una parte della corrente proporzionalmente grande andrà perduta senza attraversare il reometro;

3° ma il punto più importante per la scienza sarebbe l'esame della 3^a causa, cioè se vi sia una reale trasformazione di corrente elettrica in calore; è difficile poterlo dimostrare, ma operando con squisiti strumenti e facendo due circuiti con egual corrente, e disposti in modo che uno di essi fosse costretto a svolgere molto calorico in un conduttore, e l'altro ne svolgesse pochissimo: in tali circostanze, dico, facilmente potrebbesi rilevare se vi fosse qualche diversità nella quantità delle azioni chimiche interne della pila, con quelle che si dedurrebbero dalle indicazioni reometriche. Ho tentato un'esperienza su ciò armando un elemento e procurando di conservare costante la deviazione galvanometrica; e pesando a vari intervalli lo zinco ho trovato che, mentre la resistenza introdotta era 43 giri, e la temperatura del filo sensibilmente maggiore di quella dell'ambiente, in un'ora si logorava 1 oncia,98 di zinco; mentre indebolita la corrente, e usando 28 giri,6, si avea solo per logoro 1 oncia 83 di zinco. Ma non avendo potuto fare tali esperienze con ogni debita cautela, non oserei fondare su ciò solo veruna teoria. Se ciò si verificasse bisognerebbe rinunciare alla proporzionalità rigorosa, delle deviazioni magnetiche e delle azioni chimiche, assunta comunemente per vera.

Il sig. Despretz ha trovato nelle sue ricerche sempre una quantità negativa per differenza tra il lavoro interno e l'esterno della pila, la quale forse è dovuta allo svolgimento del calorico. Ciò parrà meno strano dietro le idee che ora vanno prendendo voga nella scienza sulla natura del calorico, e la sua trasformazione in potenza meccanica. Una generale considerazione dei

fatti della corrente ci porta a concludere che il calorico che si svolge è veramente un lavoro meccanico della corrente stessa; e se questo principio è giusto deve esservi consumo di corrente elettrica ogni volta che si produce calore (s). Se la elevazione di temperatura è un lavoro della pila, deve essa trovarsi proporzionale alla forza viva della corrente, ed esser quindi proporzionale al prodotto della massa scossa pel quadrato della velocità comunicata. Ora se non m'inganno le leggi finora trovate relativamente al calore prodotto dalla corrente, ci portano direttamente a tale conclusione.

Un breve svolgimento di queste idee non sarà inutile, tanto più che lo schiarire questo punto teorico è strettamente connesso collo studio della luce elettrica. Per far vedere ciò chiaramente, suppongasì che la corrente possa trasformarsi in calorico. Una pila che a circolo chiuso ma corto, cala bensì continuamente di forza, ma si sostiene per più ore sopra certo grado di forza; questa a circuito lungo o difficile, cui debba fortemente riscaldare, dovrebbe durare tanto tempo di più, quanto è minore la sua forza apparente. Ora abbiamo veduto che ciò non si verifica punto. È vero che comunemente ciò si attribuisce ad azioni locali, o a dispersioni, ma non so con quanta ragione (t). Se la corrente si trasforma in calorico dovremo guardarci dal diminuirne la forza con introdurre delle resistenze che si credono meramente ritardatrici, ma che sarebbero veramente consumatrici della forza viva. È dunque interessante anche alla pratica questa discussione; giacchè senza ciò si camminerà sempre al buio, e i nostri tentativi potrebbero essere, senza avvertirlo noi, della categoria di quelli destinati a trovare il moto perpetuo. — La luce e il calore destati dalla corrente sono moto, e quindi la corrente stessa deve essere un moto. La sola questione che può realmente farsi è, se la corrente sia moto della materia

(s) Ampère nel caso dei moti rotatori dei conduttori e delle calamite aveva già ravvisato un vero caso di produzione di forza viva e di lavoro meccanico fatto dalla corrente (Ampère, *Théorie des phénom. électro-dynamiques*).

(t) Le dispersioni, benchè forti, abbiám veduto che in 7 ore non fanno calare che 12°; ora pare che quando il circuito è corto e caldo vi sia perdita maggiore.

ponderabile, o della imponderabile. Nella ignoranza in cui siamo della vera costituzione dei corpi, la decisione di ciò ora è impossibile (u), ma fortunatamente non è necessaria per il nostro soggetto. A noi basta l'essere sicuri che la corrente sia moto, onde vedere dalle leggi con cui si produce, se la luce col calore che l'accompagna possano essere trasformazione di questo moto che sotto nome di elettrico propagasi invisibilmente nell'interno dei corpi. Vediamo adunque quali siano le leggi con cui si produce la luce e il calore. I fisici hanno stabilito: 1° che » se la corrente investe un conduttore, la medesima quantità » di elettrico circola in ogni sua sezione » (De la Rive, tom. II, pag. 48 e seg.); 2° che « se in questo si restringa la sezione, » ivi innalzasi la temperatura in ragione inversa dei quadrati » delle sezioni del filo; ossia pei fili cilindrici, come le quarte » potenze dei raggi. » Questa legge trovata vera per le correnti di brevissima durata, è complicata dalle proprie reazioni nelle correnti molto continuate; ma non può nemmeno in queste mettersi in controversia.

Tale legge, che lega la temperatura al quadrato delle sezioni, è assai singolare al primo aspetto, e finora non è stata congiunta alle altre; ma questa unione non parmi difficile. Infatti un'altra legge ben dimostrata si è: 3° che « il calorico svolto » in uno stesso filo da correnti diverse è in ragione del quadrato di ciò che i fisici appellano *intensità*. » L'intensità della corrente (restando la stessa la massa del fluido in moto), non può esser altro che la velocità del medesimo. La deviazione dell'ago essendo forza attuante si dovrà assumere proporzionale alla quantità di moto mv , ma la forza riscaldante essendo una continua azione contro le resistenze che incontra, è un vero lavoro, e sarà proporzionale a $(mv)^2$. Quindi potremo assumere che la temperatura è proporzionale al quadrato della velocità, cioè

(u) Il fatto certo, che non si ha corrente senza materia ponderabile, come nemmeno si ha calore propriamente detto (giacchè il calore raggianti come semplice oscillazione eterea è tutto distinto col calorico dei corpi), sembra favorevole all'opinione di chi crede la corrente moto della materia ponderabile; ma anche in questo caso l'imponderabile potrebbe agire scuotendo la materia ponderabile, come l'etere nel calorico radiante scalda i corpi ponderabili.

$$\frac{t}{t'} = \frac{v^2}{v'^2}.$$

Dalla legge poi citata più sopra, che la stessa quantità di fluido debba passare in tutte le sezioni di un dato conduttore, avremo che le velocità saranno per ciò solo in ragione inversa delle sezioni; cioè,

$$\frac{v}{v'} = \frac{\omega'}{\omega}.$$

Dalla quale è evidente che sostituendo nel rapporto precedente si ha

$$\frac{t}{t'} = \frac{\omega'^2}{\omega^2};$$

e se il conduttore sia cilindrico sarà

$$\frac{t}{t'} = \frac{r'^4}{r^4};$$

cioè la temperatura è in ragione inversa della quarta potenza del raggio, ossia del quadrato della sezione, che è la legge trovata pel calore svolto nei fili di vario diametro citata di sopra.

AmMESSo adunque che il calorico sia proporzionale al quadrato della velocità dell'elettrico, restano ben congiunte le due leggi che parevano assai disparate. Del resto, che il calorico dipenda dalla velocità dell' elettrico, oltre i fatti accennati, dimostrati da Riess (V. De la Rive, tom. II, pag. 171) colle scariche delle batterie, esso ha pure concluso lo stesso, studiando l'effetto della induzione laterale, la quale ritardando com'è noto l'elettrico, diminuisce la temperatura. Questi fatti congiunti coi belli sperimenti recenti di Latimer, Clark, Faraday e Wheatstone finiscono di togliere qualunque dubbio potesse rimanere in questa parte della teoria. Un tale collegamento di leggi, al primo aspetto così distanti, forma una dimostrazione non dispregevole che il calorico svolto dalla corrente sia paragonabile ad un lavoro meccanico; e che, per ciò che riguarda il modo di calcolare gli effetti, vi si possano applicare i principi della meccanica de' fluidi. Queste idee sono anche conformi ai principi suggeriti dalla elettro-chimica. Il fatto sicuro, che l'arco scaricatore è condizione almeno *sine qua* non hanno luogo le chimiche azioni nella pila, prova che

non è arbitrario nè assurdo concetto l'assumere che realmente il conduttore metallico serva come di tubo comunicatore tra le due piastre, onde mettere in equilibrio la materia delle atmosfere eterree, che si trovano disequilibrate nelle piastre polarizzate per la tendenza a formare una nuova combinazione chimica. Anche chi abborrisce dalla idea del fluido imponderabile potrà trovar giusti tali concetti meccanici, sostituendovi le quantità di materia oscillante più o meno rapidamente, ecc. Come poi, e perchè la comunicazione possa farsi solo attraverso tal arco, questo è un passo a cui non mi accingo; nè è necessario il farlo per concepire l'ammissibilità della idea a cui siamo stati condotti sulla maniera di agire della corrente.

Veniamo ora alla considerazione di un altro elemento da cui dipende la temperatura. La legge completa dell'evoluzione di calore è così formulata: « la temperatura è in ragione diretta della resistenza del filo, e del quadrato della intensità. » Se la legge è vera, almeno la sua enunciazione è un poco suscettibile di storta interpretazione, perchè potrebbe parere che più si aumentasse la resistenza, più crescer dovesse il calore; ed in fatti è stata capita così da alcuni, i quali hanno attribuito la facoltà di arroventarsi del platino più che del rame a pari diametro, alla sua maggior resistenza. Anzi la legge crudamente intesa conduce ad un assurdo; il quale sarebbe che più si aumenta la resistenza e più cresce la temperatura, il che pure trovasi creduto vero al vedere che quella corrente, che non arroventa un filo grosso, ne arroventa uno fino che più resiste. È dunque necessario svolgere alquanto la legge, onde ne verrà lume al nostro concetto (v).

(v) De la Rive, tom. II. pag. 152, ha queste parole: « le développement de la chaleur produit par le passage du courant, provient de la resistance que ce courant rencontre: puisque là où elle est plus grande, l'élévation de température est plus considérable. » Il che sarebbe come dire in idraulica che la forza della turbina proviene dalla resistenza che trova l'acqua nel passaggio per le sue bocche ecc. Ognun vede l'inesattezza di tali enunciati. Se io cito qui questo celebre autore non è per criticarlo; ma solo per usare una vera autorità scientifica nel linguaggio adoperato dagli scienziati in questa materia, ove non può negarsi esservi grande incertezza nata da inevitabile oscurità d'idee.

L'esperienza dimostra che arroventato un filo, se esso si allunga, scema la sua bianchezza, e che quindi col crescere la resistenza, cala la temperatura; che se si vuole che un filo più lungo si conservi rovente egualmente, è mestieri aumentare il numero delle coppie. Dunque la quantità di filo riscaldato riuscendo proporzionale al numero delle coppie voltiane e proporzionali alla forza elettro-motrice di Ohm, e se non m'inganno questa legge c'insegna che la quantità k , in cui in ragione diretta è la temperatura nella formula ordinaria

$$f = Kv^2,$$

è quella che dai meccanici chiamasi massa. Infatti nei fenomeni elettrici essa è veramente proporzionale allo sforzo che bisogna fare per vincere l'inerzia della materia, e metterla in vibrazione calorifica. È certa la condizione di fatto che le azioni chimiche nella pila non possono aver luogo senza circuito, come si è detto sopra: ora in una pila di più elementi ciascuno di essi mette in moto, o (come dicesi in termine elettrologico) desta una tensione sua propria che sommasi colla tensione del precedente elemento, e si trasmette così sommata al seguente. Questa tensione non può esser altro che la massa dell'elettrico (giacchè velocità a circuito aperto non vi è, mancando trasporto); e se si voglia paragonare l'elettrico ai fluidi elastici, la tensione sarà la pressione nata dalla massa condensata. In qualunque modo ciò si voglia ravvisare, la 2^a coppia della pila avrà doppia massa di elettrico da far circolare, la 3^a una tripla, e via discorrendo: e in tutto il circuito, chiuso che sia, circolerà una massa proporzionale al numero degli elementi. Questa massa di materia elettrica messa in moto non potrà essa sola esser la misura della forza destinata a vincere resistenze, cioè a lavorare; ma come avviene in meccanica, la vera misura sarà la metà della sua forza viva. Siccome un solo elemento può mettere in moto una massa equivalente a due o tre di altra specie, quindi ciò che dicesi della forza elettro-motrice in elettrologia, dovrà applicarsi qui alla massa. Onde potrà avvenire che un solo elemento di una specie possa avere tensione, e quindi massa, quanto due o tre di un'altra. Ohm ha stabilito che la intensità di una corrente è in ragione diretta della forza elettro-motrice e inversa, delle

resistenze. Questa legge nulla c'insegna sulla meccanica dell'elettrico; giacchè per ogni forza si verifica questo principio, che la sua energia residua è sempre in ragione inversa delle resistenze incontrate. Ma se la resistenza è un *lavoro*, ne segue che questo sarà in ragione della forza viva acquistata dalle molecole agitate, cioè in ragione diretta della massa scossa del conduttore pel quadrato della velocità che gli comunica. Dietro questo principio non è difficile capire le tante apparenti bizzarrie che incontransi nelle leggi del riscaldamento dei fili; e come possa aversi la stessa temperatura in un filo con un solo elemento voltiano e con più elementi riducendosi alla semplice eguaglianza dei prodotti

$$mv^2 = m'v'^2,$$

che può ottenersi in molti modi.

Le conclusioni a cui siamo qui arrivati non sono nuove, e molti valenti matematici hanno tentato dedurle dal calcolo basato sulle teorie molecolari più o meno astratte: ma parmi che la via tenuta mediante un'indagine accurata dei fatti sia più persuasiva, almeno per chi non può molto raggiungere le alte speculazioni teoriche.

Ho già fatto avvertire da principio che in questa digressione non perdevamo di vista il nostro scopo, cioè l'esame della produzione della luce colla corrente. Si trattava infatti di vedere se con qualunque disposizione di convenevoli conduttori potesse aumentarsi l'effetto assoluto della pila in somministrare luce. Ora se la corrente fa un lavoro, come pare, è evidente che i conduttori lunghi che servir debbono da reostato produrranno perdite inutili di forza, come gli attriti in meccanica; non altrimenti che gl'isolamenti imperfetti producono l'effetto di recipienti mal chiusi. Ma anche senza ciò non potrà ottenersi altra luce che quella, la quale è equivalente alla forza viva della corrente, ossia dell'azione chimica svolta colle minime resistenze; appunto come in meccanica non può aversi altro lavoro che quello ch'è ad essa forza viva proporzionale. Quindi possiamo essere sicuri che non potrà mai ottenersi luce assai forte, senza avere una spesa chimica corrispondente, e se per questa si userà l'ossidazione dello zinco, sarà sempre necessario ossidarne una certa definita

quantità per avere certa luce; e la questione economica non potrà riguardare la *quantità*; ma solo il *modo* di ottenere per una via o per un'altra, più o meno economica, tanta azione chimica quanta ne abbisogna. Quindi le pile fiacche non sono servibili, e le diverse disposizioni dei materiali poco giovano. Così per esempio il sig. Guerini ha già notato che la luce non cresce anche trasmettendo la corrente per più apparecchi illuminatori; il che prova il principio meccanico. Ho procurato di determinare la quantità assoluta di calore che si svolgeva da un certo numero de' nostri elementi, facendo passare la corrente per un filo di platino immerso nell'acqua, e perciò ho fatto i seguenti esperimenti.

ESPERIMENTI — Armati 6 elementi alla Bunsen s'introdusse nel circuito un filo di platino lungo 46 poll. 2 lin., grosso 0^{mm},5, avvolto a più spire, che nell'aria tutto si arroventò. Durante lo arroventamento la bussola segnò

$$27^{\circ}, 3 = 29^{\circ}, 0.$$

Preparato poscia un vaso di vetro con 6 oncie di acqua pura (= 169^{gr},5) alla temperatura di 42°, 6 C. s'immerse nell'acqua la spirale, e si osservarono i tempi e gli innalzamenti seguenti:

Tempi	Differenze dal principio	Termometro	Elevazioni
0 ore, 57 ^m	0 ore, 0 ^m	44°, 9	—
1 , 2	0 , 5	32 , 0	47°, 4
1 , 7	0 , 10	46 , 5	34 , 6
1 , 12	0 , 15	56 , 5	44 , 6

Durante questo tempo la bussola segnò

$$39^{\circ}, 9 = 47^{\circ}, 2$$

e finito, ritornato il filo nell'aria segnò come prima

$$27^{\circ}, 3 = 29^{\text{op}}, 0.$$

Aggiunti altri 6 elementi alla pila si ripeté l'esperimento. — Corrente colla spirale nell'aria

$$35^{\circ}, 4 = 40^{\text{op}}, 0;$$

immerso il filo si ha

40 ^{or} , 49 ^m	0 ^{or} , 0 ^m	42°, 2	—
40 , 54	0 , 5	30 , 9	48°, 7
40 , 59	0 , 10	44 , 0	34 , 8
44 , 04	0 , 15	59 , 3	44 , 4

Corrente durante l'esperimento

$$44^{\circ}, 9 = 55^{\text{op}}, 4.$$

Rinnovata l'acqua si comincia l'esperimento. — Corrente nell'aria

$$35^{\circ}, 4 = 40^{\text{op}}, 0;$$

immerso il filo si ha

44 ^{or} , 9 ^m	0 ^{or} , 0 ^m	43°, 0	—
44 , 14	0 , 5	34 , 0	48°, 0
44 , 19	0 , 10	45 , 5	32 , 5
44 , 24	0 , 15	57 , 5	44 , 5
44 , 34	0 , 25	74 , 8	64 , 8
44 , 39	0 , 30	80 , 0	67 , 0
44 , 44	0 , 35	83 , 9	70 , 9
44 , 49	0 , 40	85 , 0	72 , 0

Corrente nell'acqua $44^{\circ},8 = 54^{\circ}\text{p},8$. Riuniti gli elem. a 6 a 6 in due serie parallele.

Corrente nell'aria $= 32^{\circ},4 = 35^{\circ}\text{p},6$.

Tempi	Differenze dal princip.	Termom.°	Elevazioni
10 ^{or} , 24 ^m	0 ^{or} , 0 ^m	42°, 6	—
10 , 26	0 , 5	24 , 5	41°, 9
10 , 34	0 , 10	34 , 2	21 , 6
10 , 36	0 , 15	43 , 9	31 , 3

Corrente nell'acqua $45^{\circ},3 = 55^{\circ}\text{p},3$.

Annotazioni. — È notabile assai la differenza della corrente nell'aria e nell'acqua: ciò può dipendere dalla grande resistenza del platino che è assai maggiore quando è rovente, che non freddo; ma anche un poco dalla conducibilità dell'acqua. Il filo di platino era saldato collo stagno a due tronchi di filo di rame più grosso, e nell'immersione anche questi capi erano sott'acqua. Si vedea quindi dai capi del rame discendere due piccole nubi di ossido, che presto ridotte venivano a precipitare ad una estremità del platino un poco del rame e dello stagno disciolto. La corrente non passava quindi tutta nel filo, come trovò Poggendorf ne'suoi esperimenti (V. De la Rive tom. II); ma una porzione deviavasi a decomporre l'acqua. Si teneva sempre agitata l'acqua col termometro, che era a bulbo piccolo e cilindrico assai delicato; ma ad onta di ciò era difficile avere una temperatura eguale in tutta la massa: entro la spirale essa era sempre un poco maggiore. Il filo di platino si lavava ogni volta nell'acido nitrico onde sciogliere il precipitato che vi si formava sopra, il quale però era sempre piccola cosa per esser piccola la corrente deviata, spesso si vedevano sfuggire delle gallozzolette dalla sua superficie che per qualche tempo vi restavano aderenti e danzavano su di esso. Non fu esaminato se fossero gas o vapore, ma si possono credere gas perchè arrivavano senza rompersi alla superficie: sicchè la decomposizione

si faceva sulla stessa superficie immersa, benchè il conduttore fosse continuo, il che non deve sorprendere dopo i principi delle correnti derivate; ma ciò viene a complicare assai il problema, onde sarebbe meglio servirsi di un liquido isolante, e non decomponibile.

Un altro filo di soli 7 poll. 2 lin. di lunghezza, e grosso come il primo diede i seguenti risultati, mettendo gli elementi a sei a sei:

Tempo d'im- mersione	ESPERIMENTO I. Corrente nell' aria = 47°,7		ESPERIMENTO II. Corrente nell' aria = 43°,4	
	Temperat.	Differenze	Temperat.	Differenze
0 ^m	43°, 5	—	42°, 5	—
5	27, 6	44°, 4	25, 6	43,4
10	38, 9	25, 4	36, 4	23,9
15			45, 5	33,0
	Corrente nell' acqua 54°,2 = 76°p,0		Corrente nell' acqua 53°,6 = 73°p,5	

Da questi esperimenti si possono dedurre diverse conseguenze; ma io mi limito alla conferma della legge dei quadrati delle forze della corrente, e a dare una idea della relazione che passa tra il calorico svolto dalla corrente, e la sua azione chimica. Con un calcolo approssimato, e servendomi della formula

$$\theta = \frac{n}{k} \left(1 - \frac{1}{e^{tk}} \right),$$

ove k è il coefficiente del raffreddamento, e θ la elevazione osservata nel tempo t ; ho trovato che pel filo lungo $k = 0,077$ e pel corto sarebbe 0,076 con molta concordanza: la quantità

n che esprime la elevazione di temperatura nell'unità di tempo, che qui è il minuto primo, si ha pel filo lungo con 12 elementi $n = 4^{\circ}, 46$, e pel corto $n = 3, 24$; il rapporto de' quali numeri è $= 1, 284$. Se ora si moltiplichi la lunghezza dei due fili $12^{po1} 2^{lin}$, e $7^{po1} 2^{lin}$ pei quadrati delle rispettive forze della corrente in gradi proporzionali, e che sono $55^{\circ}, 3$, e $73^{\circ}, 5$, si trova 1,276 per loro rapporto, il che essendo vicinissimo al precedente 1,284 si prova che la temperatura dell'acqua è in ragione composta del quadrato della deviazione e della lunghezza del filo immerso in essa (z). Ora la corrente che comunica $4^{\circ}, 46$ di calorico a 6 onces di acqua deviando l'ago di $55^{\circ}, 3$ scomporrebbe in un'ora grammi $\frac{55,3}{4,328} = 12,7$ di rame dalla soluz. di solfato, ossia $0^{\circ}, 213$ in un minuto, il che può esprimersi anche dicendo che tal corrente innalzerebbe di 4° C. 756 grammi d'acqua in un minuto. Gli elementi usati essendo soli 12, ed anche armati ad acidi usati, una pila di 30 elementi operante con egual corrente potrebbe arroventare un filo almeno 3 volte più lungo, e quindi alzare di 4° C. in un minuto 2268 grammi d'acqua. Dietro la forza della corrente usata nella luce si vede che essa potrebbe sicuramente alzare di un grado da 2 in 3 kilogr. di acqua in un minuto di tempo, che è quantità assai considerabile.

Ma è manifesto che se il filo non fosse stato di platino, o fosse stato più grosso, non si sarebbe avuta tanta elevazione, però tenendo conto delle resistenze tanto della pila che del circuito, non sarebbe difficile ridurre tutto a misure assolute, e trovare per questa via il rapporto tra l'azione chimica e la quantità di azione calorifica. Un lavoro simile è già stato fatto dal sig. Favre, e non è da noi l'occuparcene. Lo studio di queste relazioni è assai importante e getterà qualche lume su questa oscura materia; ed è da sperare, che come dalla teoria dei raggi luminosi, mediante il sistema delle onde sono sparite le misteriose emissioni, e le polarità molecolari, ma tutto è ridotto a semplice meccanica, così anche la corrente elettrica sia presto riconosciuta mero fatto meccanico.

(z) De la Rive, tom. II, pag. 179, nel riferire le esperienze di Lenz deduce da esperimenti simili a questi essere il tempo in ragione inversa della resistenza: ma ivi la resistenza essendo misurata per la lunghezza, viene esattamente a combinare con noi.

III. Abbiamo veduto che la forza elettromotrice delle pile di Bunsen non resta costante; ciò può derivare dal grado di conducibilità dei liquidi che varia secondo che è stato già osservato da molti (V. De la Rive tom. II): quindi si possono spiegare le incertezze nelle determinazioni delle forze elettromotrici di queste pile secondo le varie cariche.

IV. Noterò anche qualche cosa sul fenomeno già osservato da Quet, ma che non era a me noto quando lo vidi. Messo in fondo di un bicchiere del mercurio, e in esso immerso il reoforo del carbone, immergendo quindi l'altro attaccato allo zinco nell'acqua acida posta nel medesimo bicchiere appariva il filo tutto luminoso. Studiando attentamente questo fenomeno, e usando fili di platino riconobbi doversi stabilire tre stadi nel modo seguente:

1° Con una piccola immersione dei fili, per es. una linea al più, si avevano continui crepiti nel liquido e scintilluzze che si diffondevano tutto intorno; e il liquido conformavasi in imbuto cavo come fosse allo stato sferoidale, e non si avea sensibile decomposizione.

2° Immerso più il reoforo, esso si vestiva come di una guaina lucida, e un leggier sibilo mostrava l'uscita di un gas tra il liquido ed il metallo: con acqua calda a 75 R. il filo poteva immergersi fino a parecchi centimetri e continuare luminoso. Il polo zinco era sempre luminoso in maggior lunghezza del polo rame: tal luce non era da ciò che il filo fosse rovente, ma solo era involto di uno strato di gallozzolette lucide. In questi due stati l'acqua si scaldava rapidamente, ma non vi era che sensibile decomposizione.

3° Immersi più ancora nel liquido i fili, si avea copiosissima la decomposizione chimica. Questi fatti sono ancora oscuri nella loro spiegazione e meritano di essere studiati.

V. Ho già accennato sopra la gran copia di raggi chimici che contiene la luce elettrica, e le tre belle zone visibili nelle sostanze epipoliche o fosforogeniche con essa, e la diversità della sua tinta da quelle che sono nello spettro solare: onde qui non ne farò altra menzione.

VI. Ogni punto del filo non era egualmente caldo, contro ciò che dicesi da De la Rive tom. II. p. 164. Infatti la gutta-percha del nostro reostato si fondeva nei primi giri e non più in

là: forse col tempo può essere che tutto il filo riesca di uniforme temperatura: ma è già fatto noto da un pezzo che il capo+° si scalda più: quindi la difficoltà di applicare la legge del quadrato delle sezioni alle correnti continue. L'arroventamento stesso dei fili di platino non è punto istantaneo. Un fatto curioso mi è venuto osservato, ed è che ci fu impossibile di arroventare colla gran pila un sottil filo d'argento; perchè questo fondevasi immediatamente al luogo del contatto col reoforo; onde la corrente appena cominciata ad entrare trovava la via interrotta. Ciò parmi che si possa spiegare coll'ammettere appunto che la temperatura non si stabilisce la stessa subito su tutta la lunghezza del filo.

VII. Siccome la pila di Bunsen ha molto maggior forza da principio, che dopo certo tempo, così è evidente che usando carboni assai lunghi la stessa loro lunghezza maggiore può servire da reostato; onde per questa parte non sarebbe da darsi gran pena, come ha fatto il sig. Jaspas, di usare sempre carboni corti applicandovi il suo congegno per allungarli: ma potrebbero usarsi tanto lunghi che la loro resistenza al principio non diminuisse la corrente, più che essa non è quando è ridotta al fine della sua azione utile: però non vi sarebbe per questo speranza di prolungare notabilmente più la forza utile della corrente secondo quello che si è veduto accadere negli esperimenti riferiti di sopra. Infatti proiettando le curve dei diversi elementi mantenuti a circuito lungo o corto, passate le 10 ore di tempo, tutti vengono ad intersecarsi nello stesso luogo: soltanto quelli a circuito lungo camminano per gran tratto in linea retta, mentre quelli a circuito corto fanno una curva discendente. Onde riflettendo che il nastro fa già esso stesso da reostato, l'opera di Jaspas sarebbe veramente utile per aver più luce; qualora potesse congegnarsi meglio che nelle macchine a noi consegnate. Non riferirò nemmeno i vari tentativi usati per ottenere luce in altro modo che coi regolatori proposti essendo riusciti tutti poco soddisfacenti. Solo dirò che ritenendo in parte la costruzione Jaspas, o mettendo un altro semplice apparecchio mosso ogni tanto tempo da una pila particolare che lasciasse allungare di tanto in tanto i carboni, l'esito sarebbe molto più assicurato che non è ora. Combinando poi i fulgori di scintille d'induzione con forti

rocchetti come nelle macchine di Ruhmkorff, potrebbe anche ottenersi con modica pila luce sufficiente. Con una sola coppia grande e un quadro magico di 4 piedi di superficie le scintille da un'ordinaria macchina di Ruhmkorff erano vivaci quanto quasi il nastro tra i carboni, ma la troppa loro intermittenza e l'istantanea durata saranno un ostacolo serio nell'applicazione ai fari.

SULLA COSTITUZIONE DE' COMPOSTI ALLILICI;

M. BERTHELOT e S. DE-LUCA.

I. Una differenza marcatissima esiste tra lo stato molecolare del propilene iodato, C^6H^5I , e quello dell'ioduro di allile, $C^6H^5I^2$, composti, la cui formula differisce per un solo equivalente d'iodo, come lo abbiamo fatto osservare nel precedente nostro lavoro inserito in questo stesso giornale (T. III, p. 43). Le distinzioni da noi notate sono tanto più importanti, in quanto che esiste un gruppo intero di composti, aventi formule le quali non differiscono tra loro che pel numero variabile degli equivalenti d'iodo, di bromo e di ossigeno ch'essi contengono.

Noi abbiamo accennato all'esistenza

	Dell'etere allile-iodidrico (propilene iodato)	C^6H^5I ;
e a quella	Dell'ioduro di allile	$C^6H^5I^2$.
Si conoscono pure	L'etere allile-bromidrico	C^6H^5Br ;
	Il bromuro di allile	$C^6H^5Br^2$;
	La tribromidrina	$C^6H^5Br^3$;
	Il bromuro di propilene bromato	$C^6H^5Br^3$;
e si può ammettere l'esistenza	Dell'etere propile-bromidrico bibromato	$C^6H^5Br^5$.
Analoghe relazioni esistono tra	L'etere allilico	C^6H^5O (1).

(1) L'etere mesitico di Kane e la metacetone di Fremy sono isomeri e non identici all'etere allilico.

L'etere glicerico	$C^6H^5O^6$
E l'acido propionico anidro	$C^6H^5O^5$.
Finalmente si possono paragonare e ravvicinare da una parte:	
L'etere allile-cloridrico	C^6H^5Ch ,
L'epicloridrina	$C^6H^5ChO^2$,
ed	
Il cloruro propionico	$C^6H^5ChO^2$;
e dall'altra :	
L'etere allile-bromidrico	C^6H^5Br ,
L'epibromidrina	$C^6H^5BrO^2$,
ed	
Il bromuro propionico	$C^6H^5BrO^2$.

I corpi che precedono sono stati preparati per mezzo del propilene C^6H^6 , all'eccezione dei composti glicerici, i quali potranno senza dubbio fra non molto riattaccarsi per sintesi allo stesso propilene.

Questi corpi si distinguono tra loro per le loro reazioni: gli eteri allilici, i composti alogeni dell'allile, i derivati della glicerina e specialmente quelli dell'acido propionico, hanno proprietà chimiche molto diverse.

Assimilare questi diversi composti sotto il punto di vista del loro stato molecolare, riattaccarli ad uno stesso carburo d'idrogeno C^6H^3 , nello stesso modo che si possono aggruppare attorno ad un metallo i suoi ossidi, i suoi bromuri ed i suoi ioduri, sarebbe lo stesso che introdurre nella scienza un' inutile confusione, non riconoscere l'importanza della funzione chimica de' corpi, e sostituire pure relazioni di simboli allo studio delle realtà sperimentali.

II. Analoghe considerazioni si applicano allo stesso alcole allilico; questo corpo presenta la stessa composizione e lo stesso equivalente dell'acetone e dell'aldeide propionica; ma la sua funzione chimica e le sue proprietà fisiche sono differentissime. L'alcole allilico ed i suoi eteri sono gli analoghi dell'alcole e degli eteri vinici; conformemente a talune relazioni ben note a' chimici, essi costituiscono il primo esempio di una nuova serie di alcoli monoatomici rimarchevoli per la loro formazione e pe' rapporti che presentano cogli alcoli poliatomici.

III. Infatti, l'alcole allilico ed i suoi eteri differiscono per 2 soli equivalenti di acqua dal glicole propilico e da' suoi eteri manoa-

mici, composti analoghi del glicole, recentemente scoperto da Wurtz:

Alcole allilico $C^6H^6O^3$. . Propile glicole $C^6H^8O^4$
 Etere allile-acetico $C^{10}H^8O^4$. . Id. monacetico $C^{10}H^{10}O^6$.

La stessa relazione ravvicina tra loro la monocloridrina $C^6H^7ClO^4$, e l'epicloridrina $C^6H^5ClO^2$, la monobromidrina $C^6H^7BrO^4$, e l'epibromidrina $C^6H^5BrO^2$, composti tutti neutri ed eteri che derivano dalla glicerina.

Rapporti analoghi esistono fra l'ioduro ed il bromuro di propilene da una parte, e gli eteri allile-iodidrico ed allile-bromidrico dall'altra

Questi corpi differiscono gli uni dagli altri per un equivalente di acido iodidrico o bromidrico, il quale corrisponde a due equivalenti di acqua. La stessa differenza esiste tra la dibromidrina e l'epibromidrina:

Donde risulta che l'ioduro di etilene può a volontà, fornire sia del glicole biatomico

sia dell'etilene iodato monoatomico, (etere acetile-iodidrico)

Il fatto che segue, conosciuto da molto tempo, conferma pure le idee che precedono e stabilisce il passaggio tra la serie allilica e la serie del propile-glicole. Secondo Will, l'essenza di senape (etere allile-solfocianico) può unirsi a due equivalenti di acido solfidrico e dare origine ad un composto doppio particolare. Ora questo composto si avvicina alla serie del propile-glicole, ed è un etere doppio formato dagli acidi solfidrico e solfocianico: propile-glicole solfidro-solfocianico;

Per completare simili analogie, è d'uopo aggiungere che il punto di ebollizione dell'alcole allilico e de'suoi eteri, può calcolarsi approssimativamente, appoggiandosi sulle considerazioni che precedono.

In conclusione di ciò che precede, il propile-glicole, composto biotamico, potrebbe, perdendo due equivalenti di acqua, cambiarsi in alcole allilico monoatomico: la serie allilica, si ravvicinerebbe quindi, come serie secondaria, a' derivati degli alcoli biatomici, nello stesso modo che l'epibromidrina, ed i suoi analoghi, a' derivati della glicerina triatomica. Vi sono gli stessi rapporti tra i nitrili e le amidi. Per conseguenza l'alcole allilico per tali relazioni, ed in vista della sua formazione per mezzo del propilene iodato, si ravvicina, in un modo diretto, ai carburi d'idrogeno.

IV. Infatti, l'alcole allilico come l'alcole benzoico di Cannizzaro, deriva da un carburo d'idrogeno modificato per sostituzione: l'equivalente d'idrogeno del carburo è stato rimpiazzato dall'equivalente d'un corpo alogeno, cioè da una molecola attiva, la quale si elimina per doppia decomposizione sotto forma di un sale aloide (equivalente ad un idracido); nello stesso tempo 1 equivalente di un nuovo acido, ovvero 2 equivalenti di acqua si combinano al posto dell'idracido eliminato, e perciò un carburo d'idrogeno modificato per sostituzione fornisce un alcole e degli eteri composti; la qual reazione è una delle più generali e delle più feconde della chimica organica.

Gli eteri acetilici, benzoici ed allilici, sono stati già ottenuti per doppia decomposizione; con lo stesso metodo Wurtz ha preparato il glicole ch'è il primo degli alcoli biatomici semplici, e lo stesso metodo permetterà senza dubbio di preparare fra non molto un gran numero di nuove serie alcoliche, e di produrre artificialmente nuovi alcoli suscettibili di unirsi ora ad 1, ora a 2, e senza dubbio a 3 e ad un più gran numero di equivalenti di acido, ottenendo in tal modo gli analoghi degli alcoli poliatomici naturali. Queste reazioni non sembrano avere altri limiti che quelli della stabilità dei composti organici, e rischiarano di nuova luce la teoria delle sostituzioni.

Questi risultamenti hanno molta analogia con una parte delle idee sostenute per molto tempo da Berzelius, il quale proponeva di fare agire i sali di argento col liquore degli Olandesi, ed in-

dicava la formula dei composti che ne risulterebbero. Tutto ciò caratterizza uno dei punti di vista sotto i quali Berzelius considerava taluni composti clorati; ma sarebbe molto ingiusto scorgervi altra cosa.

Il numero delle previsioni, cioè di possibili, è infinito; ma in generale la realizzazione sperimentale è la sola che presenta un valore scientifico, e tanto più che Berzelius non sospettava la esistenza degli alcoli biatomici.

Comunque sia però, questi processi permettono di trasformare i carburi d'idrogeno in corpi ossigenati di natura alcolica, e riuniscono intorno a questi carburi il più gran numero dei composti organici. I carburi d'idrogeno sono quindi i veri radicali della maggior parte dei principi contenenti carbonio, e la sintesi delle sostanze organiche, sembra dover risultare dalla sintesi dei carburi d'idrogeno.

Parigi, 15 novembre 1856.

OSSERVAZIONI SOPRA L'AZIONE ESPLOSIVA DEL SODIO IN CONTATTO DELL'ACQUA, E SUI PRODOTTI DELLA DISTILLAZIONE DEL RICINOLATO DI POTASSA; LETTERA DI F. MALAGUTI A R. PIRIA.

« Nel fascicolo di luglio del *Philosophical Magasin* havvi una nota di Griffin sopra l'azione esplosiva del sodio sull'acqua. Egli osservò, come altri prima di lui avevano osservato, che il sodio produce qualche volta l'esplosione quando è messo in contatto dell'acqua. Dopo avere esclusa la possibilità che il fenomeno dipenda dall'accensione di un miscuglio d'idrogeno e d'aria, cagionata dal contatto dei gas col metallo portato ad alta temperatura, ammise che il fenomeno potesse ripetersi dal riscaldamento dell'acqua. Di fatto, si sa che un grosso pezzo di sodio gettato nell'acqua si riscalda talmente per la rapida sua ossidazione che le fa prendere lo stato sferoidale, di modo che esso trovasi così circondato da uno strato di vapore d'acqua, e in tal caso lo svolgimento dell'idrogeno è