

Progetto Manuzio



Carlo Matteucci

Lezioni di elettricità



www.liberliber.it

Questo e-book è stato realizzato anche grazie al sostegno di:



E-text

Web design, Editoria, Multimedia
(pubblica il tuo libro, o crea il tuo sito con E-text!)

<http://www.e-text.it/>

QUESTO E-BOOK:

TITOLO: Lezioni di elettricità

AUTORE: Matteucci, Carlo

TRADUTTORE:

CURATORE:

NOTE:

CODICE ISBN E-BOOK:

DIRITTI D'AUTORE: no

LICENZA: questo testo è distribuito con la licenza specificata al seguente indirizzo Internet:
<http://www.liberliber.it/libri/licenze/>

TRATTO DA: Lezioni di elettricità : applicate alle arti industriali, all'economia domestica e alla terapeutica / di Carlo Matteucci - Torino : Pomba, 1852. - 199 p. : ill. ; 19 cm.

CODICE ISBN FONTE: manca

1a EDIZIONE ELETTRONICA DEL: 4 ottobre 2012

INDICE DI AFFIDABILITA': 1

0: affidabilità bassa

- 1: affidabilità media
- 2: affidabilità buona
- 3: affidabilità ottima

DIGITALIZZAZIONE:

Gianluigi Trivia, gianluigitrivia@yahoo.it

REVISIONE:

Ruggero Volpes, r.volpes@alice.it

IMPAGINAZIONE:

Ruggero Volpes, r.volpes@alice.it

PUBBLICAZIONE:

Catia Righi, catia_righi@tin.it

Informazioni sul "progetto Manuzio"

Il "progetto Manuzio" è una iniziativa dell'associazione culturale Liber Liber. Aperto a chiunque voglia collaborare, si pone come scopo la pubblicazione e la diffusione gratuita di opere letterarie in formato elettronico. Ulteriori informazioni sono disponibili sul sito Internet:

<http://www.liberliber.it/>

Aiuta anche tu il "progetto Manuzio"

Se questo "libro elettronico" è stato di tuo gradimento, o se condividi le finalità del "progetto Manuzio", invia una donazione a Liber Liber. Il tuo sostegno ci aiuterà a far crescere ulteriormente la nostra biblioteca. Qui le istruzioni:

<http://www.liberliber.it/aiuta/>

Indice generale

Gli editori.....	7
Al lettore.....	9
Lezione prima — Quadro generale dei fenomeni elettrici.....	16
Lezione seconda — Sorgenti e macchine per isvolgere l'elettricità.....	33
Lezione terza — Azione chimica della corrente elettrica.....	51
Lezione quarta — Galvano-plastica o elettro-tipia.....	61
Lezione quinta — Elettro-doratura-argentatura.....	78
Lezione sesta — Seguito dell'elettro-chimica.....	87
Lezione settima — Calore e luce sviluppati dall'elettricità.....	100
Lezione ottava — Principii generali dell'elettricità dinamica.....	114
Lezione nona — Dei fenomeni elettro-magnetici, della calamita temporaria e dell'azione universale del magnetismo.....	124
Lezione decima — Motori elettro-magnetici.....	140
Lezione undecima — Telegrafi elettrici.....	163
Lezione duodecima — Elettro-cultura; usi medici dell'elettricità.....	196
Indice delle lezioni.....	212

LEZIONI DI ELETTRICITÀ
APPLICATE ALLE ARTI INDUSTRIALI
all'economia domestica e alla terapeutica
DI
CARLO MATTEUCCI
VOL. UNICO

TORINO
Cugini Pomba e Comp.
1852

A CESARE BALBO E A GIACINTO COLLEGNO
IN SEGNO DI GRANDISSIMA STIMA ED
AMICIZIA

L'AUTORE.

Gli editori.

Il libro che pubblichiamo ora doveva venire in luce quattro anni or sono, e il nostro predecessore ne aveva in mano il manoscritto fino dal principio del 1848; ma le molte altre imprese tipografiche sue, tra le quali l'Enciclopedia Popolare ch'ei voleva condurre a termine per ritirarsi dal commercio, il che fu alla fine del 1849, furono causa che queste Lezioni sull'Elettricità del Chiar.^o Prof. MATTEUCCI restassero per non poco tempo dimenticate.

Intanto la scienza degl'imponderabili, fra cui è l'elettricità, faceva rapidi progressi, e di questa specialmente venivano apportati importantissimi perfezionamenti alle applicazioni sue, fra cui noteremo come principali quelli alla telegrafia, alla terapeutica e molti di non minor conto alle arti industriali. Il che visto da noi, ne concludemmo non poter essere quelle Lezioni, dettate già da quattro anni, più in armonia collo stato attuale della scienza, e pregammo l'Autore delle medesime di volerle corroborare delle nuove esperienze, delle nuove osservazioni, dei nuovi conquisti da essa scienza fatti in questo lasso di tempo; ed egli cortesemente e volentieri ripose mano all'opera sua, ce la ritornò quindi completata e quasi rifatta, e noi siamo ben lieti di poterla così presentare agli associati di questa nostra Raccolta di

Opere Utili.

Volemmo rendere di questa circostanza edotti essi Associati e il pubblico italiano in generale, per dimostrare ognora più quanto ci stia a cuore che le Opere da noi edite riescano per quanto è possibile perfette, e quindi veramente proficue a quella classe di studiosi, a cui sono rispettivamente indirizzate.

Al lettore

Nel settembre dell'anno 1847 imprendemmo a compilare alcune lezioni elementari di elettricità applicata alle arti industriali, all'economia domestica e alla terapeutica. Convinti che la diffusione delle cognizioni scientifiche, l'educazione delle menti agli studii sperimentali, e le applicazioni delle scienze fisiche all'industria sono, sopra tutto nell'età presente, strumenti principali della prosperità materiale e della grandezza politica di un popolo, di buon grado accogliemmo l'invito fattoci dal benemerito tipografo il signor Pomba di Torino, per la compilazione di quelle lezioni. Nutrivamo così la speranza di contribuire, come meglio ci era dato, al risorgimento della nostra Patria che appariva in quel tempo assicurato coi mezzi degni di una civiltà matura.

Gli avvenimenti politici hanno ritardato sino ad ora la pubblicazione di questo libro, sicchè ci siamo studiati di aggiungervi le invenzioni ed i perfezionamenti di cui si è arricchita la scienza dell'elettricità in questo lasso di tempo. Non potevano però quegli avvenimenti turbare la nostra opinione sui vantaggi che deve arrecare al popolo italiano la diffusione delle naturali discipline e delle loro applicazioni; al contrario non fecero che avvalorare le nostre convinzioni.

Si esclama oggi da molti contro il materialismo del

secolo, e si accusano i progressi delle scienze fisiche del culto servile alla materia che si dice dominare nella nostra società. E pure i sacrifici e gli sforzi delle generazioni che ci precederono da oltre un secolo, le agitazioni, i dolori, le speranze dell'epoca muovono principalmente dal bisogno universalmente sentito di libertà e di giustizia, enti tutt'altro che materiali, anzi eminentemente morali.

Non già vogliamo negare l'esistenza di passioni cupide e sregolate la di cui sinistra influenza per le rapide e moltiplicate comunicazioni fra gli uomini, e per la grande e pronta diffusione del pensiero, è forse oggi più che mai accresciuta. Ma non dimentichiamo quell'insegnamento della storia, che cioè nei disegni della Divina Provvidenza sta sempre di ammaestrare con terribili esempi l'umanità su gli abusi delle sue migliori potenze.

Ove la scienza umana e la nostra ragione non violino orgogliosamente i principii insiti nella coscienza di ogni uomo onesto, e non trascorran i confini assegnati dalla Divina Parola, non potremmo senza oltraggio della Provvidenza negare il benefico frutto di quelle grandi potenze. Basterebbe ricordare la nota pietà e la religione dei più grandi genii che splendessero nelle scienze fisiche, citando i nomi di Newton, di Leibnizio, d'Eulero, di Volta e di tanti altri sommi, per mostrare come dalla cognizione perfetta dei fenomeni naturali *resulti la fede in un Essere immateriale, intelligente, onnipotente e che vede immediatamente il fondo delle cose nella infinità*

*dello spazio e del tempo*¹.

Teniamo anzi per fermo che l'educazione delle menti coi metodi sperimentali ed induttivi, che costituiscono certamente il pregio della moderna filosofia, sia la più propria, se non la sola a moderare i trascorsi della ragione umana e a rendere veramente fruttuosa la libertà. Le cognizioni dei fenomeni naturali e la scoperta delle loro leggi sono acquisti non perituri dello spirito umano, e perciò atti ad essere accumulati ed accresciuti per virtù dello spirito stesso, il quale prende così fiducia nella verità e nella propria potenza.

Non pretendiamo qui spiegare la supremazia oggi riconosciuta del popolo d'Inghilterra e di America, la quale forse mette le sue prime radici in certe qualità di razza, di clima, di temperamento, impossibili a valutarsi giustamente; ma è naturale che in un'età come la presente, ove le moltitudini sentono ardentemente il bisogno della libertà e della giustizia, primeggi quel popolo presso cui le passioni non soverchiano la ragione, e l'operosità è comandata dal dovere e non stimolata dall'orgoglio. Chi oserebbe ora negare che in questo resultamento non entri per molta parte quella certa combinazione di ricerca sperimentale e di ragionamento teorico, quel *good sense* che regna negl'intelletti Anglo-Sassoni, più che presso ogni altra nazione dopo la riforma della filosofia e dopo la proclamazione del metodo sperimentale?

Non v'è oggi chi ignori come l'accrescimento delle

1 Newton, *Traité d'Optique*. Liv. III, p. 229.

popolazioni e del loro benessere, la potenza e la gloria delle nazioni siano fatti proporzionali al progresso delle applicazioni scientifiche all'industria, le quali consistono unicamente nell'utilità sempre maggiore che gli uomini hanno potuto trarre dagli agenti naturali. E che questi grandi vantaggi della nostra società non escludono dal cuore degli uomini l'amore del prossimo, manifestamente lo provano tutte quelle istituzioni di beneficenza che la carità dei privati viene moltiplicando in Inghilterra assieme alla potenza della nazione: lo provano gli sforzi perseveranti, le spese enormi incontrate per l'emancipazione degli schiavi, e per far cessare il traffico dei negri.

Le grandi invenzioni della locomozione colla forza del vapore sul mare, sui canali, sulle strade ferrate, e le comunicazioni col telegrafo elettrico sono di certo i mezzi più potenti che le scienze fisiche abbiano mai fornito al genere umano, onde accelerare l'alto destino a cui è chiamato dalla sua origine, cioè a godere, come una sola famiglia, dei doni sparsi dalla Provvidenza sulla superficie della terra, e del frutto dell'intelligenza e dell'operosità universale.

Quell'attività prodigiosa che si compone di interessi e di speranze tanto diverse, e che spinge l'Europa incivilita nel centro dell'Asia, che porta nel deserto e fra popolazioni non cristiane i benefizi della nostra industria, non è l'opera di un secolo immolato al materialismo, ma di una civiltà vigorosa che vuol diffondersi e compire la suprema legge dell'umanità. Il primo sentimento che l'e-

sposizione del 1851 deve ispirare, diceva sapientemente il suo illustre promotore, sarà quello di una profonda riconoscenza verso l'Onnipossente per i beni già sparsi sopra di noi, ed il secondo sarà la convinzione che noi non godremo del patrimonio che ci ha dato se non in proporzione dell'assistenza che ci porgeremo reciprocamente, sotto gli auspici della pace e di una carità attiva ed efficace, non solo fra individuo ed individuo, ma fra nazione e nazione.

Allorchè si considera che la potenza industriale della nostra epoca, origine prima della sua grandezza, può solamente conservarsi se fecondata dalla libertà e dalla pace, sarebbe errore grave ed ingiusto negare a quella potenza virtù vera di incivilimento.

L'Impero Romano, le Repubbliche del Medio Evo, le grandi Monarchie misuravano la loro forza dal numero degli schiavi e delle battaglie vinte: oggi la potenza delle nazioni si misura dall'accrescimento delle popolazioni e della vita media degli uomini, dalla somma dei prodotti manufatti e dai risparmi delle classi operaie.

Abbiamo tanta fiducia in questo processo della nostra civiltà da non ispaventarci alle grida di quei pensatori anche profondi che confusamente travedono il decadimento di alcune illustri razze e il totale rinnovamento degli ordini sociali e politici; nè ci vien meno il coraggio ritornando colla mente sulle vicende dolorose della patria nostra e di altri popoli generosi.

Non è questo il luogo, nè a me spetta tessere la storia

di quelle vicende, nè mostrare come, in forza di eterne leggi morali, gli errori e le sventure furono e saranno sempre seminate sulla via che deve condurre un popolo al suo perfezionamento: per esso come per gl'individui che lo compongono, il perfezionamento è sempre il frutto delle accumulate esperienze, e richiede una forza di volontà e una perseveranza che solamente si acquistano lottando colle avversità.

I moti impetuosi delle moltitudini appassionate, i delirii di quelle menti che promettono in questa vita la distruzione del male, i sistemi armati ad opprimere ogni anelito dello spirito umano, sono prove svariate della nostra debolezza non forze atte a turbare il processo della civiltà.

Le così dette teorie sociali che sostituiscono all'opera ardente della carità gli artifizii dei meccanismi governativi, repugnano all'umana natura, nè mai potranno allignare in quelle società che hanno per fondamento il legame della famiglia e il diritto della proprietà.

Ove i benefizi della libertà nell'industria e nel commercio fruttano specialmente alle classi povere, non è da credere che la società si lasci trasformare in un opificio nazionale.

Il rinnovamento degli ordini politici non può essere essenzialmente un'opera nè indeterminata, nè oscura, se si ammetta per vero il perfezionamento della civiltà presente. Il fatto della somma sempre crescente delle potenze individuali tende per necessità a restringere le co-

stituzioni politiche degli Stati in un sistema di difesa della libertà e di esercizio della giustizia, nel quale siano rappresentati tutti i veri e legittimi interessi della società.

Questo procedimento, per quanto conforme alla coscienza degli uomini, non crediamo avere necessariamente la virtù di rendere la nostra razza più felice e più perfetta; imperocchè le costituzioni politiche non possono avere assoluta efficacia sui sentimenti morali e sulle opinioni di un popolo, ma anzi da queste facoltà hanno esse origine e vita.

Dove la Provvidenza conserva scolpito nel cuore degli uomini il rispetto alle leggi divine, là solo le libertà e la scienza fruttificano, perchè da esso temperate e purificate.

Pensando ai tanti doni che Iddio profuse sopra questa terra italiana, alle vivide memorie di una antica e sapiente civiltà, alle condizioni economiche del paese, all'indole della nostra mente, confidiamo che il popolo italiano non sarà l'ultimo a riprender vigore nella fase presente dell'incivilimento.

Corliano, 22 novembre 1851.

C. M.

Lezione prima — *Quadro generale dei fenomeni elettrici.*

Pochi anni sono un corso di lezioni sull'elettricità applicata alle arti, agli usi domestici e alla medicina, sarebbe parso di lieve o nessun vantaggio pratico e reale, e piuttosto diretto a descrivere esperienze piacevoli e spettacolose, di quello che ad insegnare verità suscettibili di utili applicazioni. Tuttavia l'universalità di questo grand'agente della natura, che cominciando dagli atti i più reconditi degli esseri viventi, vediamo spingere la sua azione sino ai fenomeni più grandiosi dell'atmosfera, ora distruggendo le combinazioni chimiche, ora formandole, ora trasformandosi in luce, ora in calore, in una parola presentandosi all'osservatore sotto le forme le più strane e le più diverse fra loro, ha fatto sempre pensare che non avrebbe tardato anche l'elettrico a piegarsi all'umana volontà e a divenire, come fu del calore, della gravità, delle forze elastiche dei gaz e dei vapori un mezzo potente d'industria e di ricchezza.

Basterebbe oggi di citare le macchine elettro-magnetiche, i telegrafi elettrici, la doratura elettro-chimica, la galvano-plastica, le cure della paralisi e dell'aneurisma coll'elettricità, perchè fosse chiaro essere giunta l'epoca, in cui le applicazioni dell'elettricità sono una cosa non più di pura speculazione nè un giocolino scientifico, ma bensì una realtà pratica, non messa in dubbio da alcuno.

Se quindi esistono insegnamenti, manuali, trattati sulla forza del vapore acqueo e sul suo uso nelle macchine, sulle applicazioni alle arti del calore, dei venti, delle cadute d'acqua, ecc., perchè non avremo anche qualche cosa di simile per l'elettricità? Ecco il vuoto che mi sono proposto di riempire con questo libretto scritto nella forma di un insegnamento orale. Gravissime difficoltà s'incontrano in questa impresa, le quali non sono difficili a scorgersi. Sarà questo il primo libro elementare scritto sopra questo argomento, non esistendo nè grandi trattati, nè raccolte scientifiche, nelle quali siasi riunito ed ordinato sotto un sol punto di vista e ad un tal fine, tutto quello che fu scritto in proposito. Le applicazioni dell'elettricità esistono, le macchine mosse da questo agente operano continuamente, ma appena vi è stato tempo per farne la descrizione, per spiegarne la teoria e soprattutto per tesserne un libro pratico ed elementare. La mancanza di un libro modello è la prima e grande difficoltà per il lavoro che impendo; è la difficoltà inevitabile per chi fa il primo una cosa qualunque. Ma non è la sola. Destinato questo libro, non per gli scienziati, ma più specialmente per coloro che hanno appena i principii della scienza, sarò costretto, senza poter supporre che i miei lettori ignorino intieramente gl'elementi della fisica, a richiamare di tanto in tanto alla memoria quei principii, ed a ripeterli più volte. Ne esiste pure una terza, la quale consiste nel non essere le applicazioni dell'elettricità fondate sopra un sol modo di agire di questa forza, ma invece dipendenti ora dalla sua azione sulle affinità chi-

miche, ora dalla proprietà che ha di magnetizzare il ferro dolce, ora dagli effetti fisiologici. E di certo non è la stessa meccanica quella dell'elettricità che scompone l'acqua, della corrente che converte in calamita un pezzo di ferro dolce, che sveglia le convulsioni negli animali. Impossibile perciò di gettare in un sol tratto, con chiarezza e semplicità, quei principii generali d'elettricità che servono nelle applicazioni.

M'auguro che il quadro di queste difficoltà, che non ho di certo esagerato, vi sia sempre presente onde mi venga una qualche scusa delle imperfezioni che di certo si troveranno in queste lezioni, e onde sia incoraggiato a continuarle e a renderle in seguito meno imperfette.

Non avendo rinvenuto nelle applicazioni stesse dell'elettricità la ragione d'un certo ordine nella loro esposizione, ho creduto vantaggioso di seguire quello, con cui sono collegati i principii scientifici da cui dipendono. Ho creduto anche, che ad agevolare l'esecuzione di quest'opera e ad accrescerne l'utilità, dovessi in questa prima lezione disegnare a grandi tratti il quadro della scienza elettrica, specialmente insistendo sopra quei maggiori gruppi di fatti che caratterizzano questa forza e le sue principali applicazioni.

Tutti i corpi della natura, allorchè sono confricati l'uno coll'altro manifestano sempre un certo numero di fenomeni che prima non vi esistevano, e che cessano dopo un certo tempo. Vi sono alcuni corpi, che riscaldati convenientemente ci danno le stesse apparenze dei corpi

confricati. Anche in tutte le azioni chimiche, effetti simili si mostrano. Esistono animali, che per la loro organizzazione, producono gli stessi fenomeni dei corpi che furono confricati. Infine, nel seno della terra, come nelle alte regioni dell'atmosfera, spesso si generano e con grandissima intensità, quelle medesime proprietà che a nostro grado produciamo colle azioni meccaniche, col calore, colle chimiche affinità. Queste diverse sorgenti generano tutte uno stesso ordine di fenomeni, che chiamiamo *elettrici*. Qualunque corpo, che senza aver cambiate le sue qualità di colore, di consistenza, di peso, ha però acquistata la proprietà di attirare i corpi leggieri che gli si avvicinano, che trasfonde in alcuni altri questa stessa proprietà, conservandola allora in minor grado per sè, che presto la perde se comunica direttamente col suolo, e che in questi passaggi tramanda spesso scintille di una luce più o meno viva, capaci talora di far bruciare e di fondere le materie le più refrattarie, dicesi un corpo *elettrizzato*.

Talora i fenomeni elettrici si manifestano nel corpo che ha cessato di essere allo stato naturale per divenire elettrizzato, e talora si producono nel cessare che fa quel corpo di possedere l'elettricità per ristabilirsi nello stato naturale. Da ciò la grande distinzione di fenomeni d'elettricità statica o in equilibrio, e di fenomeni di elettricità dinamica o di movimento.

Ognuno dei primi è caratterizzato da due stati o modi diversi d'elettricità che sono sempre in presenza l'uno

dell'altro, e che a guisa dell'azione e reazione di ogni corpo elastico, si trovano costantemente sia dove l'elettricità si genera, sia nei corpi in cui si dispone in equilibrio, sia nel momento in cui quest'equilibrio elettrico si rompe. Sono questi due stati, che nelle varie ipotesi avanzate per spiegare l'elettricità, si chiamarono *elettricità* o *stato elettrico positivo e negativo* da Franklin, *vitreo* e *resinoso* da Symmer, *elettricità* semplicemente da Epino e *attrazione* fra la materia ponderabile e l'elettricità stessa. Chiamasi *vitrea* o *positiva* quell'elettricità che si svolge colla confricazione sul vetro o che dal vetro confricato è comunicata: invece le resine, lo zolfo, l'ambra confricate prendono l'elettricità *resinosa* o *negativa*.

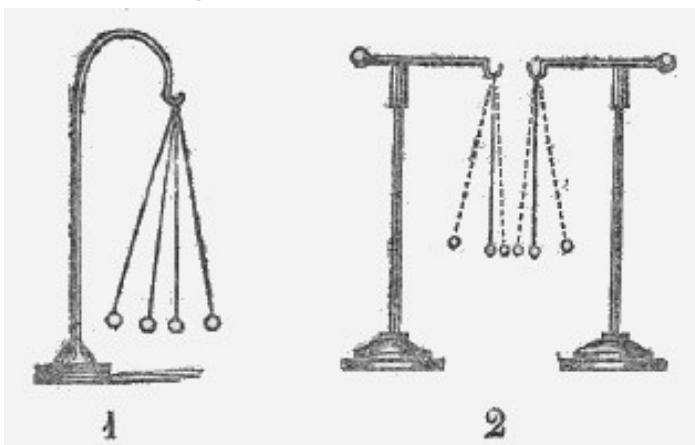
Che che ne sia del valore delle denominazioni di elettricità positiva e negativa e delle teorie che rappresentano, è un fatto costante che questi due stati sono sempre in presenza in ogni fenomeno elettrico, e che devono riguardarsi come si considerano nella meccanica le forze di segno contrario. Infatti se si accostano nello stesso istante ed alla stessa distanza due corpi elettrizzati, uno con elettricità vitrea o positiva, l'altro con elettricità resinosa o negativa, ad un corpo qualunque allo stato naturale, la loro azione sarà nulla sopra di esso se anche fossero questi corpi carichi di quantità enormi d'elettricità, mentre sarà grandissima fra loro. Basterà che uno solo di essi agisca sul corpo allo stato naturale, perchè all'istante i fenomeni dei corpi elettrizzati si manifesti-

no. Egualmente avviene, che mentre un corpo elettrizzato, o nell'uno o nell'altro stato, spiega la sua azione sui corpi esterni e qualche volta fortissima, cessa poi quest'azione, se gli si avvicina un altro corpo che possenga uno stato elettrico contrario. Così pure col mezzo di una lastra di vetro in parte ricoperta sulle due faccie con una lamina sottile di stagno componendo il famoso quadro magico di Franklin, si tengono separate quantità enormi di elettricità di natura contraria, cioè l'una positiva e l'altra negativa, senza che spieghino alcuna azione sui corpi esterni. Se ad una di queste lamine è tolta l'elettricità, quella che sta sull'altra all'istante si mostra con tutti i suoi effetti.

Materializzando in qualche modo l'elettricità, e più per facilitare l'intelligenza, di quello che per esprimere un concetto reale, possono paragonarsi questi due stati elettrici ad un acido e ad un alcali, che mentre hanno reazioni chimiche fortissime se non sono insieme combinati, formano colla loro unione un sale che è un corpo indifferente.

Mentre vediamo una ripulsione più o meno forte (fig. 1) svegliarsi sempre fra tutte le parti di un corpo elettrizzato, qualunque sia l'elettricità positiva o negativa di cui è carico, avviene poi che cessa all'istante questa ripulsione e si trasforma in attrazione (fig. 2) se si avvicinano tra di loro due corpi carichi d'elettricità diverse. Se questi due corpi giungono per la loro attrazione ad una piccola distanza e sino a toccarsi, la scarica elettrica ha

luogo, ed allora ogni fenomeno elettrico cessa.



La più grande scoperta del passato secolo fu quella che fece il nostro Volta, di un sistema di corpi, nel cui seno esiste un'azione elettro-motrice che incessantemente si rinnova e riproduce gli stati elettrici contrarii, per cui in un tempo piccolissimo e che sfugge ai nostri sensi, una scarica succede all'altra, generando così ciò che dicesi corrente elettrica.

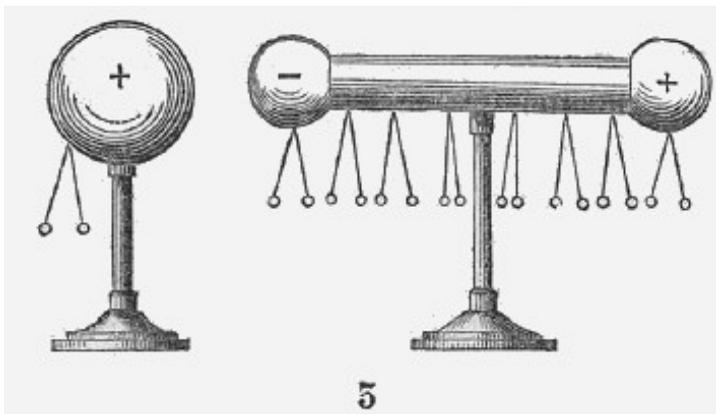
Una grande differenza apparisce in ogni fenomeno elettrico secondo la diversa natura del corpo, in cui si manifesta. Vi sono corpi che appena toccano un corpo elettrizzato, nel momento stesso si mostrano in ogni punto della loro superficie egualmente elettrizzati: sono questi i metalli, il carbone, l'acqua, il corpo umano, perlochè diconsi *conduttori dell'elettricità*; ve ne sono altri invece che diconsi *isolatori o coibenti, o non conduttori*, perchè resistono a ricevere e a lasciar passare l'elettricità, e fra questi mettiamo in primo luogo l'aria e tutti i

gaz, i vetri, lo zolfo, le resine, la *guttapercha*. Nei primi la scarica avviene con facilità, negli altri invece l'equilibrio elettrico non si può ristabilire se non lentissimamente e spesso rovesciando quello delle loro molecole materiali.

E poichè il corpo umano e l'acqua ed anche il suolo sono buoni conduttori dell'elettricità, ne viene che per conservare elettrizzato un cilindro metallico o uno qualunque dei corpi conduttori, conviene non tenerlo nè toccarlo colle mani, ed invece si deve isolare dal suolo per mezzo di un sostegno di vetro o di gommalacca o sospenderlo con cordoni di seta.

È oggi ammesso generalmente che i fenomeni elettrici risvegliati nei corpi conduttori come negli altri non conduttori, l'equilibrarsi cioè dell'elettricità e il restituirsi colla scarica allo stato naturale, sono atti sempre preceduti da una stessa condizione d'equilibrio elettrico molecolare. La prima azione di un corpo elettrizzato sopra un altro allo stato naturale, conduttore o isolatore, sarebbe sempre la stessa, e consisterebbe *nell'induzione elettro-molecolare*, per la quale i poli opposti di ogni atomo d'un corpo elettrizzato *per influenza*, si caricano delle due elettricità e acquistano stati elettrici contrarii. Una metà della molecola sarebbe così carica d'elettricità positiva, l'altra di negativa, e paragonando ogni molecola ad una sfera, queste due elettricità sarebbero raccolte nel massimo grado sui due poli e separate da una linea neutra. Si suppone quindi in questo modo di vedere sul-

la propagazione delle forze elettriche, che in ogni molecola di un corpo avvenga ciò che sappiamo accadere fra un corpo elettrizzato e uno allo stato naturale isolati (fig. 3).



Questa polarizzazione elettrica molecolare, che secondo l'ipotesi in cui ragioniamo, dovrebbe svilupparsi in ogni corpo costituisce il processo, con cui le azioni elettriche si trasmettono da un corpo all'altro. E per verità l'ipotesi di questi stati elettrici di natura contraria, che si succedono l'uno all'altro nelle molecole dei corpi, soddisfa lo spirito dell'osservatore più d'ogni altra, essendo analoga a quella delle interne azioni e reazioni molecolari, con cui ammettiamo che tutte le forze si diffondono nel seno dei corpi, e perchè spiega in un modo soddisfacente lo stato dei corpi benti elettrizzati e la loro influenza.

Se si continua a ragionare nell'accennata ipotesi, si deve supporre che fra' corpi isolatori e conduttori esista una differenza, la quale si palesa dopo che fu in essi

prodotto lo stato d'*induzione elettrica molecolare*.

Nei primi, gli stati elettrici contrarii rimangono separati sopra ogni molecola, e le forze elettriche di questi stati non possono vincere la resistenza dell'intervallo intermolecolare, per cui fra essi non avviene la scarica: nei secondi invece, queste scariche avvengono, e le elettricità di natura contraria abbandonano le molecole, corrono a spandersi sulla superficie del corpo e a raccogliersi sui punti più lontani della superficie stessa. Intenderà ognuno più facilmente con un esempio il modo diverso, con cui si spiega la trasmissione delle forze elettriche nei vari corpi. Si prenda un cilindro calamitato, che, come è ben noto, esercita colle due estremità delle azioni contrarie, d'attrazione cioè e di repulsione, sopra la stessa estremità di un altro cilindro calamitato. È pure noto, che ognuno dei due poli di una calamita agisce sopra i poli di un'altra, attraendone uno e respingendo l'altro. Effetti analoghi sono manifestati da un corpo, allorchè, dopo esser stato messo in presenza di un corpo elettrizzato e qualunque sia la sua natura, si trova in quello stato che dicesi d'*induzione elettrica*. Se il cilindro calamitato si supporrà ridotto in polvere minuta, ognuno dei più piccoli pezzetti di questo cilindro, presenterà i due poli magnetici di nome contrario; e v'è ogni ragione per credere che ogni molecola del corpo magnetico abbia gli stessi due poli. Un corpo isolatore, soggetto all'induzione elettrica, sarebbe analogo ad una calamita, cioè avrebbe in ognuna delle sue molecole i due poli elettrici

contrarii. Nei corpi conduttori invece, questi stati elettrici contrarii non rimangono sulle molecole, se non che nel primo istante in cui sono sviluppati; accade in essi la scarica fra una molecola e l'altra, per cui sulle faccie opposte del conduttore vengono a spandersi due quantità d'elettricità contrarie, tali che riunendosi fra loro, come accade per l'allontanamento del corpo induttore, tutto rientra nello stato naturale sul corpo indotto. Tanto nei corpi conduttori, quanto negl'isolatori, l'azione elettrica da essi esercitata, allorchè sono elettrizzati per induzione, e egualmente intensa e di direzione contraria in tutti i punti, in quella stessa guisa che le forze contrarie spiegate dalle estremità di una spirale elastica ora compressa ora stirata, esistono in ogni punto della spirale stessa, e sono uguali e contrarie alle forze che ad una estremità la tendono o la comprimono e che all'altra la tengono fissa.

Allorchè il corpo elettrizzato per induzione è tanto avvicinato al corpo inducente da essere l'attrazione delle contrarie elettricità sufficiente a vincere la proprietà isolante dell'aria, e da poter generare fra essi la scarica, il nuovo stato d'equilibrio è distrutto; lo che avviene però in un modo assai diverso secondo che il corpo indotto è conduttore o isolatore. Nel primo caso, tutta l'elettricità del corpo inducente e quella contraria dell'indotto, si combinano o si neutralizzano istantaneamente, ed allora sopra ambidue la stessa elettricità si sparge, che è quella che si trovava respinta e raccolta nella parte più lontana del corpo indotto.

Nei corpi isolatori il fenomeno non è mai così istantaneo nè completo; rimane sempre una gran parte del corpo carica per induzione elettrica molecolare, e solamente sopra i punti toccati avviene la scarica, che lascia un poco d'elettricità, che è perciò detta libera, la quale adagio adagio si diffonde sul resto del corpo.

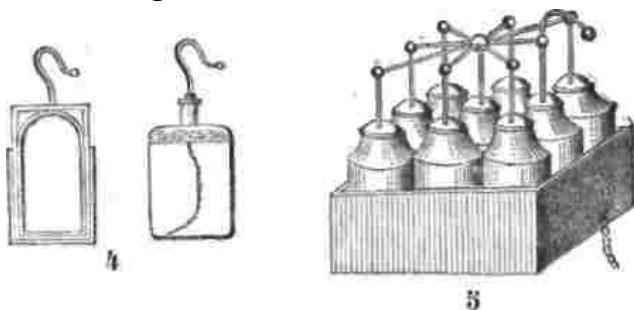
Diremo infine che queste differenze fra corpi isolatori e conduttori, non debbono riguardarsi come assolute, poichè l'esperienza ha provato che anche in un corpo conduttore gli effetti della scarica divengono sempre più deboli, quanto più è grande la distanza che in essi separa le due cariche di natura contraria; così l'esperienza ha dimostrato che un filo di rame lungo molte miglia, presenta alla scarica elettrica una resistenza comparabile e anche maggiore di quella che è prodotta da un sottilissimo strato d'aria.

Ammesse queste idee teoriche, non vi può essere difficoltà ad intendere che cosa sono un *condensatore*, una *bottiglia di Leyda*, un *elettroforo*.

L'elettricità, qualunque sia l'ipotesi che si adotta sulla natura intima di questa forza, può rappresentarsi come formata da un fluido, da una specie di polviscolo senza peso sensibile, le di cui parti si respingono fra loro in ragione inversa del quadrato delle distanze, ed attirano le parti che sono nello stato elettrico contrario, o piuttosto le molecole ponderabili, colla legge stessa.

Di necessità un tal polviscolo elettrico sparso in un corpo in cui si muove liberamente, corre e si raccoglie

alla superficie del corpo stesso ove s'arresta, perchè un corpo isolante, qual'è l'aria, lo circonda. Nel seno di questo mezzo isolante o dell'aria, l'induzione molecolare si genera, e così l'azione del corpo elettrizzato si trasmette in tutti i sensi sui corpi conduttori che lo circondano. Le quantità d'elettricità contrarie che in tal guisa si raccolgono, senza che la scarica avvenga, sopra i corpi conduttori e sullo strato del mezzo isolatore che li circonda, hanno per limite la resistenza che oppone alla scarica il corpo isolatore stesso, la quale resistenza viene ad essere reciprocamente misurata da quel grado di carica elettrica molecolare che può esistervi senza che la scarica abbia luogo.

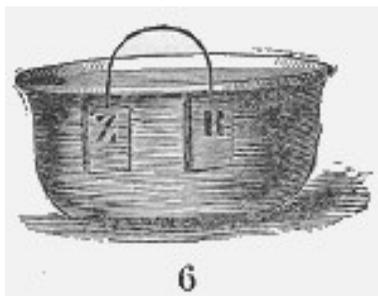


Nei corpi solidi isolatori, come sarebbero il vetro e le resine, queste cariche elettriche contrarie possono persistere a piccolissima distanza fra loro ed in un grado assai maggiore che nell'aria, senza che succeda la scarica, perlochè si producono le grandi accumulazioni di elettricità contrarie sulle armature delle bottiglie di Leida e delle batterie.

Ci rimane a parlare della corrente elettrica e dei suoi

effetti. Imaginiamo un anello formato da un corpo conduttore, ed ammettiamo che si generino costantemente in due dei suoi punti molto prossimi o in contatto, due stati elettrici di natura contraria: sarà evidente che in quest'anello esisterà un continuo movimento elettrico che potremo rappresentarci con una serie di stati elettrici molecolari di natura contraria, i quali col formarsi e distruggersi successivamente, generano delle onde elettriche che si propagano con una rapidità infinitamente grande.

Questa sorgente d'elettricità è la Pila del Volta. Una lamina di zinco è unita con un arco metallico ad una di platino o di rame, e le due lamine sono immerse nell'acqua o in un liquido conduttore qualunque. Lo zinco, per



la sua affinità coll'ossigene, scompone l'acqua, si ossida e rende libero l'idrogene. Lo zinco per la nuova disposizione degl'elementi dell'acqua generata dall'affinità chimica, prende uno stato elettrico negativo, e nel liquido o nel rame si diffonde il fluido elettrico positivo. Questi due stati elettrici contrarii persistono se le lamine sono isolate, ed invece si neutralizzano attraverso all'arco metallico, se comunicano insieme, e poichè l'azione chimica continua sempre, anche gli stati elettrici continuano a riprodursi e a neutralizzarsi successivamente. Ragionan-

do nell'ipotesi di un sol fluido elettrico si dice generalmente, che la corrente elettrica si muove nel liquido dallo zinco al rame o al platino, e dal platino o dal rame allo zinco nell'arco metallico.

Questo stato elettro-dinamico si manifesta tanto per gli effetti generali nel corpo percorso, quanto per le azioni esterne o sui corpi circostanti.

Muovendosi nei corpi solidi e metallici la corrente elettrica vi sviluppa calore che secondo l'intensità della corrente stessa e la natura del corpo, ora lo fonde, ora lo rende incandescente, ora lo brucia. Passando attraverso ai composti liquidi, come l'acqua, la corrente elettrica vince l'affinità e ne separa gli elementi in una data direzione e in quantità determinate e proporzionali agl'equivalenti chimici.

Questi effetti elettro-chimici, di cui più a lungo parleremo in seguito, sono sempre proporzionali alle quantità di elettricità che si muovono nel seno dei corpi decomposti, e quindi sono misurati dalle quantità equivalenti fra loro dei componenti delle combinazioni chimiche che sono separati dalla corrente. Di modo che considerando nello stesso tempo l'azione chimica dello zinco che scompone l'acqua e quella dell'elettricità da essa svolta, e che è capace di decomporre una quantità d'acqua, uguale a quella che fu decomposta dallo zinco, deve vedersi nella Pila quel prodigioso strumento fisico, nel cui seno le forze si trasmettono intatte e per cui le affinità chimiche si muovono dal punto in cui hanno

origine, e allo stato di corrente giungono intatte ad un altro punto qualunque del circuito, sempre in una data direzione e colla stessa intensità, in quella guisa stessa che l'urto dato da una palla elastica posta all'estremità di una serie di palle simili, si trasmette invisibilmente e senza perdita alla palla estrema della parte opposta.

Allorchè vediamo le scariche ottenute da enormi batterie di Leida essere appena capaci di scomporre piccolissime quantità d'acqua, e di riscaldare e fondere dei fili metallici sottilissimi, mentre questi effetti si ottengono da pile debolissime e per lungo tempo, siamo indotti a credere che se ci fosse dato di raccogliere e condensare tutta l'elettricità che si svolge dalle combinazioni chimiche, avremmo forse nella formazione di pochi grani d'acqua, delle quantità d'elettricità maggiori di quelle che traversano istantaneamente l'atmosfera nei più grandi temporali.

In quel giorno in cui giungeremo ad avere apparecchi atti a raccogliere e ad usare a nostro agio quelle quantità di elettricità che si svolgono fra le molecole dei corpi che si combinano, possederemo delle forze assai più grandi di quelle che abbiamo oggi nelle macchine a vapore.

Un conduttore percorso dalla corrente elettrica manifesta ancora alcune altre azioni esteriori che si esercitano trasversalmente alla direzione della corrente stessa. Sono di questo genere le attrazioni e le ripulsioni di due conduttori percorsi dalla corrente o nella stessa direzio-

ne o in direzione contraria. È pure un'azione esterna della corrente ed egualmente diretta, quella ch'essa esercita sulla calamita, sul ferro, sul nichelio e sopra altri metalli e sul gaz ossigene che magnetizza ed attira, non che quella spiegata sul bismuto e sopra tanti altri corpi che respinge.

Un'ultima e non meno singolare ed oscura azione della corrente elettrica è quella che essa ha sui nervi degli animali vivi.

La sensazione di un fortissimo dolore e la contrazione violenta ne' muscoli, sono sempre eccitate dal passaggio dell'elettricità nei nervi, ed anche questi fenomeni sono soggetti a leggi determinate.

Avevo dunque ben ragione di dirvi da principio che l'agente della natura il più grande il più vario il più universale nei suoi effetti è il fluido elettrico. Le generalità, quantunque succintamente e incompletamente espone in questa prima Lezione, ci serviranno nulladimeno a meglio intendere quei principii scientifici su cui si fondano le applicazioni dell'elettricità che a suo tempo avremo cura di sviluppare.

Lezione seconda — *Sorgenti e macchine per isvolgere l'elettricità.*

Prima di descrivere quelle macchine e quelle industrie, che si fondano sopra le applicazioni dell'elettricità, fa di mestieri che siano conosciute abbastanza le sorgenti, da cui questa forza si sviluppa. Volendo con queste lezioni diffondere le cognizioni relative alle applicazioni o già attuale o da tentarsi dell'elettricità alle arti, ci crediamo dispensati dall'intrattenervi nella descrizione della macchina elettrica ordinaria, e di tutte quelle esperienze, buone per un corso di Fisica; le quali sono dirette a provare che la pressione di alcuni corpi fra loro, il riscaldamento di certi minerali cristallizzati, la confricazione del maggior numero delle sostanze, svolgono fluido elettrico.

Nello stato attuale delle applicazioni dell'elettricità come potenza motrice o come forza atta a vincere le affinità chimiche, non v'è alcuno che possa sperare un risultato pratico ed utile, prendendo per sorgenti una tormalina riscaldata o il conduttore di una macchina elettrica ordinaria elettrizzato colla confricazione del disco di cristallo.

Perchè l'effetto utile di una macchina si verifichi è necessario che la forza che la mette in moto sia per quanto si può non troppo maggiore della resistenza che deve vincere; la spesa che deve incontrarsi nella produzione

di questa forza dev'essere ricompensata dal lavoro meccanico ch'essa produce, e ciò in confronto ad altre forze che potrebbero generare un effetto simile. Con questi argomenti diciamo oggi che una tal macchina a vapore ha un effetto utile maggiore di un'altra, perchè una libbra di carbone, che brucia sotto la caldaia della prima, genera una quantità di lavoro, che è maggiore di quella che produce la stessa libbra di carbone bruciata sotto la caldaia della seconda.

A proposito di forze applicate ad effetti utili convien anche tener conto della maniera di agire di queste forze e della possibilità di usarle a produrre il movimento di cui si ha mestieri.

Ragionando sopra l'elettricità con questi principii elementari di meccanica applicata, non potrà mai dirsi lavoro utile quello che si fa girando il disco di una macchina elettrica per poi ottenere che dal conduttore vengano attratti e messi in moto i corpi leggeri circostanti. Di certo colui che impiegò il suo braccio a girare il disco della macchina elettrica, avrebbe ottenuto un effetto meccanico molto più utile, girando l'asse della ruota principale di una macchina qualunque, e non v'è chi possa credere che produrrebbe maggior lavoro un cavallo applicato a svolgere l'elettricità col far girare il disco di una macchina, di quello che sollevando l'acqua per mezzo di un ordigno idraulico.

Malgrado queste considerazioni, di cui la verità è oggi palpabile, non può d'altra parte dirsi assolutamente

che non vi saranno mai applicazioni utili dell'elettricità svolta in un modo analogo a quello della macchina elettrica; forse la soluzione di questo problema risiede principalmente nel trovare la maniera o la forma con cui questa forza deve usarsi. Si tratta in una parola di scoprire quel meccanismo o quella specie d'azione nella quale l'elettricità possa essere utilmente impiegata. E difatti, chi oserà di asserire che non diventerà mai una potenza meccanica utile, quella che mette in moto pesi grossissimi e con grandi velocità, che può fondere col calore che svolge dei corpi refrattari ad ogni altra sorgente di calore, che può accendere delle quantità, tanto grandi quanto si vuole, del così detto miscuglio detonante d'idrogene e d'ossigene, generando in tal guisa delle forze elastiche enormi?

Ci mancano, lo ripeto ancora, le macchine, nelle quali l'elettricità ordinaria sia utilmente applicata, e siamo oggi forse a quel punto, in cui si era ai tempi di Papin per la forza del calore e del vapore acqueo.

Quindi è che senza fermarci a parlarvi della macchina elettrica a disco e dell'elettroforo, passeremo a dirvi della macchina idroelettrica di Armstrong e della pila.

La macchina di Armstrong svolge una quantità di elettricità enormemente più grande di quella che si ha dalle macchine elettriche ordinarie, e presenta per la prima volta il caso di una macchina elettrica in cui la quantità d'elettricità, misurata dai suoi effetti meccanici, può forse essere paragonata alla quantità di carbone o di va-

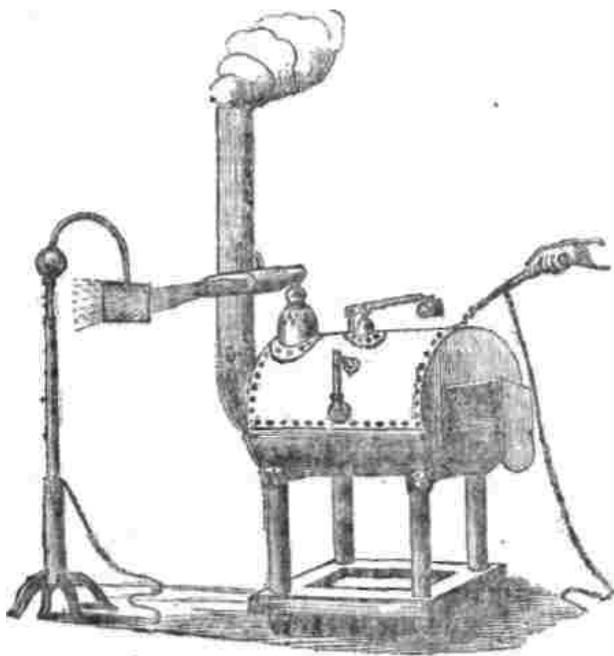
pore acqueo impiegato a produrla.

Questo sviluppo d'elettricità si ottiene in ogni macchina a vapore, e quando quest'elettricità così svolta potesse essere utilmente applicata, si troverebbe che ciò accadrebbe colle macchine attuali a vapore senza perdita alcuna della loro forza motrice. Armstrong ottenne per primo scintille elettriche fortissime avvicinando un dito alla colonna del vapore che esciva dall'orifizio della valvola di sicurezza d'una caldaia a vapore situata presso Newcastle. Armstrong stesso, e poscia Faraday, hanno trovato che obbligando il vapore ad attraversare un tubo di sostanza isolante terminato da un tubo metallico munito di *robinet*, il vapore usciva come prima carico di elettricità positiva; la caldaia però non dava più i soliti segni d'elettricità negativa, e questi invece si avevano allorquando era in comunicazione diretta col tubo metallico e senza il tubo isolante interposto. In luogo della caldaia si trova, nella disposizione suddetta, elettrizzato negativamente il tubo metallico posto all'estremità del tubo isolante. Se si stabilisce la comunicazione metallica fra la caldaia ed il *robinet* accennato, allora la caldaia ritorna ad essere elettrizzata negativamente. Non è dunque nella caldaia che si genera l'elettricità, ma bensì nel tubo per cui esce il vapore. La caldaia è naturalmente isolata dal suolo per la cattiva conducibilità dei materiali che costituiscono il fornello, e perciò agisce come il tubo isolatore descritto nella citata esperienza. I suddetti fisici hanno stabilito, non accadere lo svolgimento del-

l'elettricità che allorquando il vapore si forma sotto una grande pressione, nel qual caso esce mescolato a molte e piccole gocce d'acqua: per tal modo l'elettricità viene ed essere prodotta dalla confricazione dei globetti d'acqua trasportati rapidamente dal vapore contro le pareti del tubo metallico per cui escono. È curioso il vedere come basti una piccolissima quantità di sale o d'un acido qualunque aggiunta all'acqua, per far cessare ogni fenomeno elettrico, mentre con poche gocce d'olio di trementina o di olivo, s'invertono gli stati elettrici, ed il vapore da positivo si trova elettrizzato negativamente. Armstrong confrontando una macchina elettrica ordinaria, a quella in cui l'elettricità è sviluppata dal vapore, ha trovato che se si avevano in circostanze atmosferiche eguali nei due casi ventinove scariche per minuto dalla macchina elettrica, se ne avevano dugentoventi almeno da quella della caldaia a vapore.

Armstrong ha costruita una macchina assai semplice fondata sugli esposti principii, e che oggi esiste in tutti i gabinetti, dalla quale si ottengono delle quantità enormi d'elettricità. Consiste questa in una caldaia sostenuta da quattro colonne di vetro, formata da un cilindro di ferro laminato, il quale è circondato da un altro cilindro, entro cui si trova la camera a fuoco, in guisa che l'acqua è circondata dalla fiamma. La caldaia a vapore porta la solita valvula di sicurezza ed un tubo di vetro laterale per indicare l'altezza dell'acqua. Giunto il vapore ad una certa tensione, che non deve esser minore di quella di cinque

in sei atmosfere per ottenere uno sviluppo grande d'elettricità, si apre il *robinet* ed il vapore traversa con grande forza elastica il tubo di scarica: nell'annesso disegno vi sono quattro di questi tubi di scarica. Sono questi tubi circondati da una cassa metallica, nella quale si tiene sempre uno strato d'acqua fredda onde produrre un certo raffreddamento nel vapore e quindi condensarne una



7

piccola porzione. Si deve a questa porzione d'acqua condensata in goccioline e che trascinata dal vapore si conficca, prima di escire, contro le pareti del tubo di scarica lo sviluppo dell'elettricità.

Questi tubi di scarica sono di ferro, non levigati inter-

namente, ed hanno alla fine un'anima di legno duro fornita di una testa tondeggianti di ottone perforata onde lasciar escire il vapore. La conformazione del foro di questo pezzo di legno e della sua comunicazione col foro della testa di ottone è tale da obbligare il vapore a soffrire una grande confricazione prima di escire. Contro il getto del vapore si tiene un pettine d'ottone che fa parte di un conduttore sostenuto ed isolato dal suolo da una colonna di vetro. Allorchè si giudica dalla valvula di sicurezza che il vapore ha la tensione sufficiente, s'apre il *robinet*, ed allora, tenuta la caldaia in comunicazione col suolo, si hanno forti scintille d'elettricità positiva dal conduttore: mettendo questi in comunicazione col suolo si hanno le scintille d'elettricità negativa dalla caldaia: finalmente queste due scintille possono farsi passare per uno stesso arco riunendo assieme la caldaia ed il conduttore.

Armstrong ha costruito recentemente per gli Stati Uniti d'America una macchina idro-elettrica di dimensioni enormi: la caldaia ha $6\frac{1}{2}$ piedi di lunghezza e $5\frac{1}{2}$ di diametro, ed è fornita di 140 tubi di confricazione. Questa macchina ha potuto caricare a saturazione in un minuto una batteria di 2,000 piedi di superficie armata: è certo che gli effetti della scarica di questa batteria non possono esser minori di quelli prodotti dal fulmine.

Parliamo ora della pila di Volta e delle sue varie costruzioni immaginate in questi ultimi tempi; e a questo proposito non dimentichiamo mai che senza la corrente

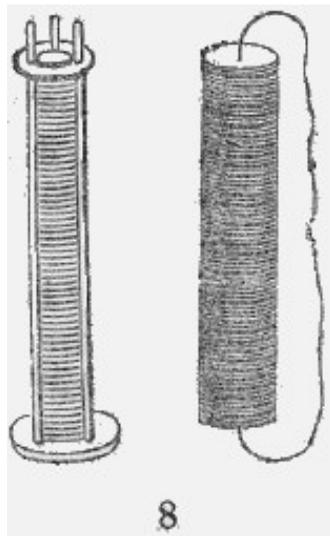
elettrica svolta dalla pila non avremmo mai conosciuto, nè la elettro-doratura, nè la galvanoplastica, nè i telegrafi, nè i motori elettro-magnetici.

La prima pila immaginata dal Volta si componeva di dischi di rame e di zinco saldati insieme, posti l'uno sopra l'altro nell'istesso ordine e separati fra loro da un disco di panno o di cartone bagnato nell'acqua salata o acida.

Questa prima forma della pila è oggi generalmente abbandonata, soprattutto nelle applicazioni dell'elettricità: perlochè insisterò più lungamente sopra quelle forme della pila che sono in uso.

Il dottor Wollaston fu il primo dopo la scoperta del Volta ad immaginare una forma di pila, di cui gli effetti elettrici parvero ed erano infatti allora fortissimi.

Questa pila consiste in una lamina di zinco intorno alla quale è disposta una lamina di rame in forma di scatola: i due metalli sono separati l'uno dall'altro per mezzo di zeppe di legno. Ogni zinco comunica col rame della coppia successiva, e le due lastre di rame e di zinco stanno immerse in un recipiente di vetro o di porcellana, in cui si versa un liquido acido. Vi sono anche delle pile alla Wollaston, nelle quali il recipiente stesso è formato



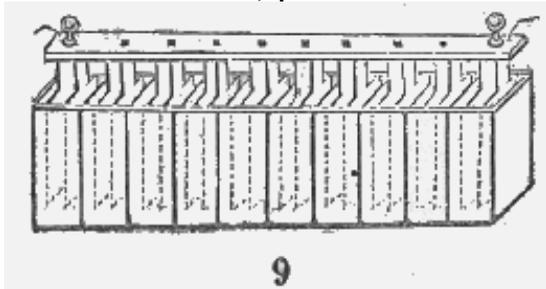
con una lastra di rame. Le coppie estreme sono formate l'una da una lamina sola di zinco e l'altra da una sola di rame, le quali si trovano, la prima immersa col rame della penultima coppia nello stesso liquido, e la seconda egualmente immersa collo zinco della prima coppia. Si chiude il circuito di questa pila riunendo insieme con un arco metallico le due lamine estreme di zinco e di rame.

Importa di far notare, che in questa costruzione della pila, la corrente viene ad esser diretta nell'arco metallico dall'estremo rame all'estremo zinco, cioè al contrario di quello che avviene nella pila a dischi o a colonna, nella quale la corrente circola nell'arco metallico dallo zinco al rame. È quasi inutile però di dirvi che in ambidue, e in tutti i casi, la corrente è sempre diretta dal polo carico d'elettricità positiva al polo carico d'elettricità negativa. In ogni pila, qualunque sia la sua costruzione, la corrente positiva cammina costantemente dallo zinco al liquido in cui sta immerso, e così seguita a circolare: è quindi facile di trovare sempre la direzione della corrente nell'arco metallico che congiunge i poli d'una pila qualunque.

Allorchè si hanno molte coppie della pila di Wollaston, si usa di sospendere tutti gli zinchi ad un'asta di legno, per mezzo della quale è reso facile di toglier tutte le coppie dal liquido ad un tempo e rapidamente ed egualmente d'immergervele. Faraday ha immaginato una pila assai comoda, la quale è formata da un certo numero d'elementi di Wollaston, in cui le lamine metalliche di

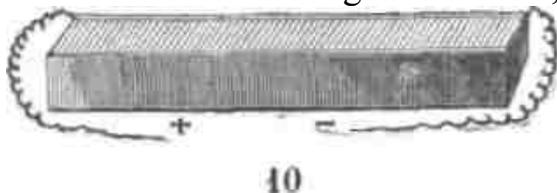
zinco e rame sono assai prossime, e tutte fissate a due stecche di legno, in modo che la pila intera viene immersa nello stesso liquido in un sol truogolo.

Il vantaggio della pila di Wollaston consiste nell'esser molto estesa la superficie del rame, e nell'ottenere questo risultato facendo per modo che la lamina di rame sia disposta intorno allo zinco, per cui diviene il più sottile



possibile lo strato del liquido che la corrente deve attraversare fra i due metalli della coppia. Questa disposizione favorendo la conducibilità interna della pila viene ad accrescere la quantità dell'elettricità che essa sviluppa.

Un'esperienza assai curiosa di Daniell merita di esser citata a questo proposito. Si abbiano delle sfere o dei cilindri vuoti di zinco e di rame di egual diametro, e delle



piccole sfere o pallottole di zinco e di rame: si formino due coppie una colla piccola sfera di zinco posta al centro della cavità sferica di rame, l'altra colla sfera piccola

di rame posta al centro della cavità sferica di zinco. Riempiendo dello stesso liquido queste due coppie, e misurando separatamente le correnti elettriche ch'esse sviluppano, si trova che la corrente è la stessa per ambedue, e che è pur eguale la quantità di zinco che si ossida nelle due coppie nello stesso tempo. La sezione efficace del conduttore liquido interposto ai due metalli è dunque la media delle loro faccie opposte.

Le altre pile, di cui passo a darvi la descrizione furono immaginate pochi anni sono, e quindi molto tempo dopo la scoperta del Volta. Gli effetti elettrici di queste pile sono di gran lunga superiori a quelli delle pile già descritte. Dobbiamo a Daniell la costruzione della prima pila *a forza costante*, fondata sulla sostituzione dello zinco amalgamato allo zinco ordinario, e sull'uso di due liquidi diversi e separati fra loro, in cui stanno immersi i due metalli della pila.

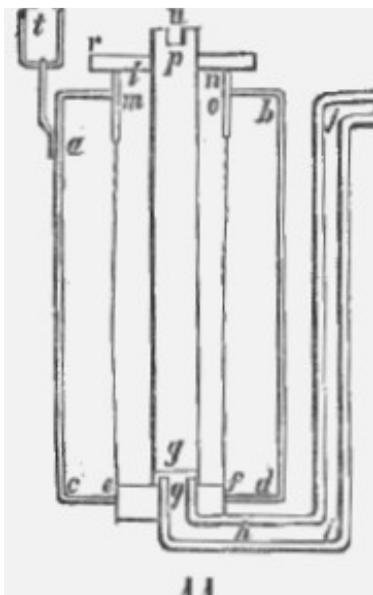
Se una lamina di zinco comune è immersa nell'acido solforico diluito con acqua, si vede presto disciolta con grande svolgimento di gaz idrogeno che rimane libero dalla decomposizione dell'acqua e dall'ossidazione dello zinco. Se invece la lamina è stata prima amalgamata, non vi è più azione chimica sensibile o è debolissima, nè vi è per conseguenza sviluppo di gaz. Basterà però di toccare questa lamina con un filo di platino, o d'un altro metallo qualunque, purchè meno ossidabile dello zinco, di cui un'estremità sia immersa nel liquido, per veder all'istante il gaz idrogeno svolgersi sul filo, e lo zinco os-

sidarsi e disciogliersi, e cessare poi ogni azione tolto che sia il contatto dei due metalli. Pesando lo zinco prima e dopo l'esperienza, raccogliendo e misurando il gaz idrogene, si trova che la quantità di zinco che fu ossidata e disciolta, è *equivalente* alla quantità d'acqua decomposta o d'idrogene svolto: per ogni parte di gaz idrogene sviluppato vi sono 32 parti di zinco che sono ossidate.

L'affinità chimica dello zinco coll'ossigene dell'acqua rimane inattiva, finchè gli stati elettrici contrari svolti da questa affinità non possono circolare e neutralizzarsi, determinando nel tempo stesso il trasporto dell'idrogene in direzione contraria a quella in cui si muove l'ossigene. L'arco formato collo zinco e col filo di platino completa il circuito, e su questo filo si svolge l'idrogene reso libero dall'affinità chimica dello zinco sull'ossigene, e trasportato dalla corrente. È evidente, che se intorno al filo di platino vi fosse un corpo avente affinità per l'idrogene, gli effetti elettrici così prodotti sarebbero anche più forti, perchè generati da due azioni chimiche concomitanti. Ammessi questi principii veniamo ora a descrivere la pila di Daniell.

La figura qui unita rappresenta la sezione di una coppia della pila di Daniell: *a b c d* è un cilindro di rame aperto in alto e chiuso inferiormente, ad eccezione della porzione *e f* destinata a ricevere un turacciolo di sughero al quale è adattato un tubo di vetro a sifone *g h i j*. Alla bocca superiore del cilindro si applica un collo *m l n o* di rame che ha un diametro eguale a quello del turaccio-

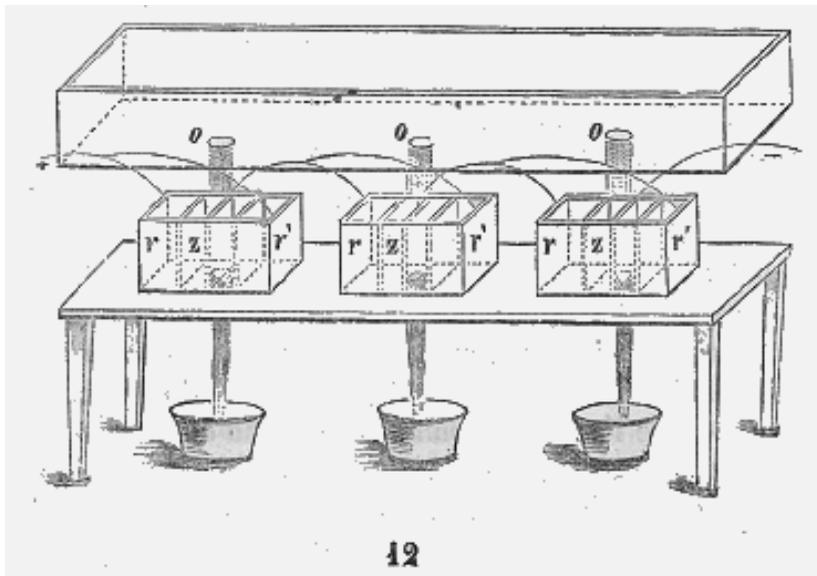
lo di sughero; prima di fissare questo collo, si lega al tu-
 racciolo un tubo di membrana fatto con un pezzo di sto-
 maco o d'intestino di bue. Questo tubo è fissato supe-
 riormente e nello stesso modo al collo *m o*. Con questa
 disposizione si ha una cavità a pareti di membrana che
 comunica col tubo *g h i j* a sifone, di modo che versan-
 dovi del liquido, questo vi rimane finchè non sia oltre-
 passato il livello *m o*. La più piccola quantità di liquido



aggiunta allorchè il livello è
 in *m o*, lo fa escire dall'aper-
 tura *j*. Ne viene, che introdu-
 cendovi per mezzo di un im-
 buto, un liquido a goccia a
 goccia, anche a goccia a
 goccia escirà dal tubo il li-
 quido più denso che si trova
 al fondo. In questa cavità
 piena di una soluzione di
 acido solforico formata di
 una parte d'acido e di 8 o 10
 d'acqua, si sospende il cilin-
 dro *q p* di zinco amalgama-
 to. Questo cilindro appoggia

sul collo *l n* con una tavola *r* di legno in cui è infilato.
 Questa stessa tavola ha un foro nel quale s'introduce il
 tubo dell'imbuto, da cui scola la soluzione acida che va
 a scacciarne altrettanta dal tubo a sifone. Lo spazio che
 rimane fra il cilindro di rame e quello di membrana, si
 riempie di una soluzione satura di solfato di rame. Si

possono costruire molte di queste coppie che si riuniscono a pila nel modo ordinario. Tanto il cilindro di zinco, quanto quello di rame, portano due piccole cavità *t* e *u* nelle quali si versa mercurio, e in cui si fanno pescare i fili metallici di comunicazione fra una coppia e l'altra; è questo il modo migliore di stabilire le comunicazioni fra le coppie di una pila. Le estremità metalliche che si vogliono congiungere devono essere amalgamate, e si è certi così di avere fra loro un perfetto contatto metallico.



Crediamo utile di descrivervi un'altra pila a forza costante, di cui la costruzione è anche più semplice di quella di Daniell. Ogni coppia si compone di una scatola di legno ben verniciata e separata in tre cavità per mezzo di due diaframmi di membrana che si fissano alle pareti della scatola con mastice. La cavità del mezzo ha in-

feriormente un foro, in cui è fissato un tubo di vetro terminato in un orifizio molto sottile e quasi capillare. Si dispongono le coppie sopra una tavola, da alcuni fori della quale passano al disotto i tubi di vetro. Una scatola rettangolare di legno verniciato è fissata sopra la tavola che porta le scatole descritte. Nel fondo di questa scatola rettangolare superiore sono praticati dei fori *o o o*, muniti di tubi di vetro terminati in orifizii sottili e simili a quelli dei tubi fissati al fondo della cavità media della scatola che contiene la lamina *z* di zinco. Nelle cavità laterali di ogni scatola, piene d'una soluzione satura di solfato di rame, pescano due lamine *r, r'* di rame riunite insieme con due fili metallici che vi sono saldati.

S'intende facilmente, che riempiendo la scatola rettangolare superiore della stessa soluzione d'acido solforico con cui si sono empite per una prima volta le cavità intermedie, il liquido che escirà da queste cavità per i tubetti inferiori verrà a mano a mano rimpiazzato da nuovo liquido, che scolerà in egual quantità dai tubetti della scatola superiore.

Una pila costruita in uno dei due modi che abbiamo descritto, ha dei grandi vantaggi sulle pile comuni. I suoi effetti si conservano per lungo tempo senza indebolirsi, mentre che nelle pile ordinarie a mano a mano che l'acido si combina all'ossido di zinco si va sempre più indebolendo l'azione chimica, e quindi l'attività della pila. L'uso del zinco amalgamato fa sì che tutta l'azione chimica che si produce, e quindi tutto lo zinco che è os-

sidato e disciolto allo stato salino, produce corrente elettrica. La lamina di rame per essere immersa in una soluzione satura di solfato di rame non soffre alcuna azione chimica, e quindi non vi è corrente che circoli in direzione contraria e distrugga porzione di quella prodotta dallo zinco.

Al contrario l'ossigene dell'ossido di rame combinandosi all'idrogene dell'acqua, toglie la presenza di questo gaz, che tenderebbe sempre a ricombinarsi coll'ossigene e perciò a diminuire la sua affinità collo zinco.

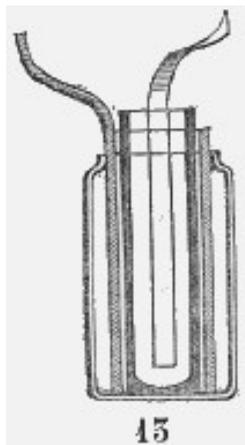
Non aggiungerò che due parole per spiegarvi come possa rendersi facile e durevole la costruzione di queste pile.

L'amalgamazione dello zinco si fa rapidissimamente o bagnando lo zinco con una soluzione di nitrato acido di mercurio, o piuttosto immergendo lo zinco, prima di applicarvi il mercurio con un panno, in una soluzione d'acido solforico. Il bagno acido scioglie l'ossido che vi è alla superficie, ed agevola l'unione dei due metalli.

Coll'uso anche non molto lungo delle pile descritte accade la lacerazione del tubo di membrana, e perciò più utilmente oggi si adottano dei tubi d'argilla appena cotta e non verniciata. Questi tubi s'inzuppano assai facilmente di liquido, e allora non presentano resistenza al passaggio della corrente. È anche utile nell'uso di queste pile di tenere nella soluzione del solfato di rame dei pezzi di questo sale allo stato solido: la corrente scomponendo questo sale e precipitando il rame a poco a poco

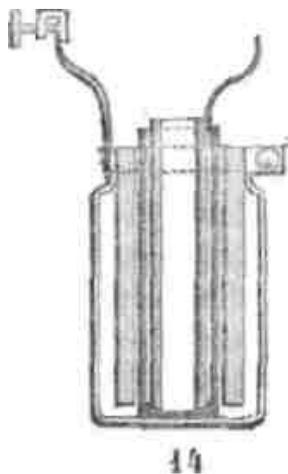
la soluzione cesserebbe di essere satura senza l'aggiunta di nuovo sale.

La più potente pila che oggi possediamo è quella immaginata da Grove, e che è perciò conosciuta sotto il nome di *pila di Grove*. Una lamina di zinco amalgamata e accartocciata a cilindro pesca in una



15

e accartocciata a cilindro pesca in una soluzione d'acido solforico o idroclorico nell'acqua. Usando il primo acido, si fa una soluzione di una parte d'acido e di nove d'acqua; coll'acido idroclorico si usa quello del commercio senza diluirlo con acqua. La lamina pesca in un bicchiere di vetro, ed ha nel suo interno un cilindro vuoto o una specie di cassetta di terra cotta assai porosa. Questa cavità si riempie di acido nitrico puro, nel quale s'immerge una lamina di platino: tanto al platino quanto allo zinco sono unite delle



14

appendici metalliche con viti onde congiungere una coppia coll'altra.

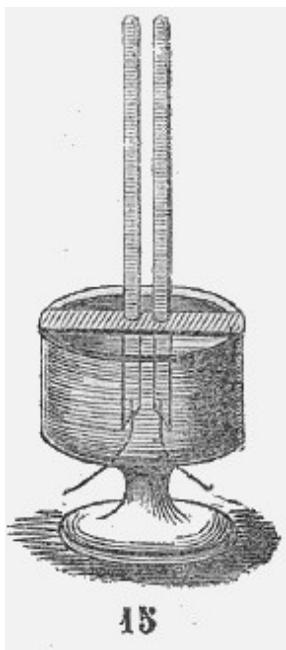
Bunsen finalmente ha variata la forma della pila di Grove lasciando gli stessi liquidi e lo stesso tubo cilindrico di terracotta: se non che lo zinco è contenuto nel vaso poroso, ed è di una superficie assai minore che nella pila di Grove. In luogo del

platino, Bunsen ha usato un cilindro formato con un miscuglio di coke e di carbon fossile polverizzati, e calcinati insieme dopo averli impastati collo sciroppo comune. Lo zinco pesca nella soluzione di una parte di acido solforico e di 10 a 14 di acqua, ed il carbone nell'acido nitrico.

La pila di Bunsen è sufficientemente costante nei suoi effetti, e quantunque alquanto inferiore alla pila di Grove nella quantità d'elettricità che sviluppa, presenta nulladimeno, e per l'economia e per la facilità ad adoperarsi, dei vantaggi che la fanno in molti usi preferire a quella.

Lezione terza — *Azione chimica della corrente elettrica.*

Le arti della elettro-doratura e della galvano-plastica sono le immediate applicazioni delle leggi della decomposizione elettro-chimica, senza la cognizione delle quali, non sarebbe possibile di farsi una giusta idea di quelle arti e di divenir capace di esercitarle. Ecco perchè ho creduto necessario di sviluppare prima sufficientemente quelle leggi, impiegandovi un'intiera lezione.



Comincerò da una breve esposizione dei casi più generali della decomposizione operata dalla corrente elettrica, e prima d'ogni altro da quello dell'acqua. Prendasi un bicchiere ordinario di vetro e per mezzo di due fori praticati nel fondo del medesimo vi s'introducano verticalmente due fili di platino alti venti o trenta millimetri. Si riempia il bicchiere d'acqua leggermente acidulata

con acido solforico e vi si rovesciano dentro due campane o cilindri di vetro pieni dello stesso liquido introducendole sotto l'acqua del bicchiere. Si dispongono le campane in modo che in ognuna di esse si trovi uno di

quei fili. Ciò fatto si uniscano i fili, l'uno al polo o elettrode positivo, l'altro al polo o elettrode negativo di una pila formata di un certo numero di coppie: si vedrà subito un torrente di bolle gazoze sollevarsi nell'interno delle due campanine da ognuno dei fili di platino. Se la corrente s'interrompe, anche lo sviluppo dei gaz cessa immediatamente. Con questo apparecchio, che si chiama *voltmetro*, si misura esattamente, come meglio vedremo più innanzi, la quantità di corrente elettrica che passa nel liquido.

Se si esaminano separatamente i due gaz raccolti nelle campanine, si trova che il gaz sviluppato al polo positivo della pila è ossigene puro, e che quello svolto al polo negativo è idrogene puro. Misurando poi i volumi di questi due gaz si rinengono tali da riprodurre esattamente l'acqua: in altri termini, è svolto sempre al polo negativo un volume d'idrogene che è doppio di quello dell'ossigene svolto al polo positivo.

Le combinazioni dell'ossigene e dei metalli, cioè gli ossidi metallici si lasciano pure decomporre dalla corrente, allorchè sono resi liquidi o per essere sciolti nell'acqua o perchè fusi. Dagli ossidi così disciolti si hanno alle due estremità metalliche o poli della pila, il metallo al polo negativo e l'ossigene al positivo.

Le quantità dei due corpi, ossigene e metallo, che in tal guisa si separano, sono sempre tali, che possono ricombinandosi riprodurre esattamente la quantità dell'ossido che è stata decomposta,

Un tal risultato si verifica facilmente decomponendo colla corrente l'ossido di piombo o quello di bismuto allo stato di fusione. Anche gli ossidi solubili nell'acqua si lasciano decomporre obbedendo a questa stessa legge; e se in qualche caso appariscono differenze, esse sono una conseguenza delle azioni chimiche ordinarie che insorgono a complicare il fenomeno. Ed infatti allorchè si decompone una soluzione di potassa colla corrente elettrica, si ha l'ossigeno al polo positivo e al polo negativo invece del potassio si ottiene la potassa che si discioglie nel liquido mentre si svolge una quantità equivalente d'idrogene. Nè può essere altrimenti, perciocchè il potassio scompone l'acqua a freddo, formando appunto potassa e idrogene. Sempre sussiste che questo idrogene, che è un prodotto *secondario* della corrente, è in quantità equivalente chimicamente al prodotto *primitivo* della corrente stessa.

Le famose scoperte di Davy movono tutte dall'azione elettro-chimica della corrente. Questo celebre chimico agendo con una pila molto forte, trovò che le terre e gli alcali, creduti sino a' suoi tempi corpi semplici, erano invece corpi composti. La potassa, la soda, la barite, la calce, ecc. sono combinazioni di ossigene col potassio, sodio, bario, calcio, ecc., cioè ossidi metallici, che Davy decompose colla pila.

Le combinazioni dell'idrogene col cloro, col jodio, col bromo, cioè gli acidi-idroclorico, idro-jodico, ecc. sono pure scomposti dalla corrente elettrica. Il cloro, il

jodio, il bromo si sviluppano al polo positivo, e l'idrogeno al polo negativo.

Le combinazioni del cloro, jodio, ecc. coi metalli, o fuse o disciolte nell'acqua, si lasciano pure decomporre dalla corrente. In ogni caso il metallo si separa al polo negativo, e il cloro o il jodio al positivo, ed è sempre vero che le quantità così separate di questi corpi sono equivalenti fra loro, e quindi tali da riformare esattamente la quantità della loro combinazione che è stata decomposta.

Non dimentichiamo però che vi possono essere, come già lo accennammo, dei prodotti elettro-chimici secondari. Così se si decompone colla corrente il joduro di potassio sciolto nell'acqua, adoperando per poli i soliti fili di platino, non si ha già il potassio al polo negativo, ma in sua vece la potassa e l'idrogeno, che sono i prodotti dell'acqua scomposta dal potassio. Se in vece di usare fili di platino si adoperano fili di ferro o di rame, in luogo dello jodio libero si ottiene il joduro di ferro o di rame.

Facciamo finalmente parola dell'azione chimica della corrente sulle combinazioni saline che sono, come è ben noto, il prodotto della combinazione di un acido con un ossido. La corrente elettrica scompone tutti i sali allorchè sono allo stato liquido o sieno fusi o sieno disciolti nell'acqua. I prodotti di questa decomposizione sono l'ossigeno e l'acido, che si separano insieme sul polo positivo ed il metallo che è portato al polo negativo.

Questi tre corpi sono pure separati dalla corrente in quantità equivalenti e perciò tali da riprodurre il sale decomposto.

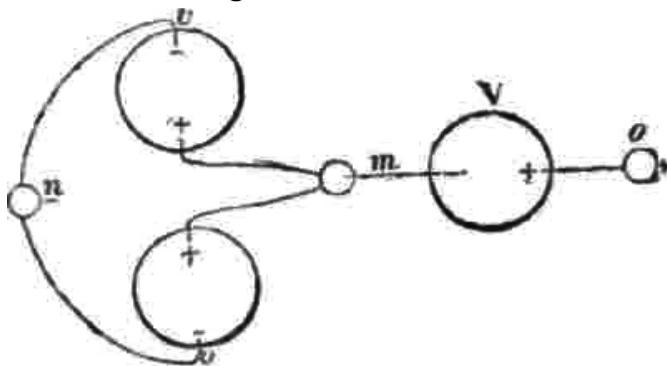
Credo inutile di dover ripetere in proposito di questa decomposizione dei sali dalla corrente, che vi possono essere dei prodotti secondari, come già vi dissi accadere nella decomposizione degli ossidi e dei cloruri,

Riassumerò i fenomeni generali della decomposizione elettro-chimica, dicendovi; 1° Che l'acqua non è essenziale per questa decomposizione, e che molti corpi sono egualmente decomposti, allorchè sono ridotti allo stato liquido col riscaldamento; 2° Che non tutti i prodotti che appaiono ai poli della pila sono dovuti direttamente all'azione della corrente, ma che ve ne sono dei secondarj, i quali si devono all'azione chimica dei prodotti primitivi sul liquido scomposto o sulla sostanza dei poli; 3° Che i prodotti della decomposizione elettro-chimica si separano sempre sui poli e in una relazione costante col loro nome o colla direzione della corrente: l'ossigene, il cloro, ecc. si svolgono sempre al polo positivo e l'idrogene, e i metalli al negativo; 4° Finalmente, le quantità di questi prodotti elettro-chimici sono equivalenti fra loro, e perciò tali da riformare il corpo decomposto.

Esposte così le generalità dell'azione chimica della corrente, non posso astenermi dal farvi note le leggi generali di quest'azione. Una prima legge è la seguente: *la quantità di una combinazione scomposta dalla corrente*

è sempre proporzionale alla quantità d'elettricità che è trasmessa per quella combinazione.

Per dimostrare questa legge si costruiscono alcuni voltametri simili a quello descritto, e solamente diversi fra loro per l'estensione degli elettrodi, per la distanza o grossezza dello strato liquido e per la maggiore o minor quantità d'acido solforico aggiunto all'acqua. Si fa passare la corrente di una pila per tutti questi voltametri riuniti insieme, cioè l'uno di seguito all'altro. La quantità d'acqua che è scomposta e misurata dal volume dei due gaz sviluppati, si trova eguale in tutti i voltametri. Questa quantità dei gaz sviluppati, benchè eguale in ogni caso nei diversi voltametri, è però sempre regolata dalla quantità che si raccoglie nel voltmetro di cui il liquido

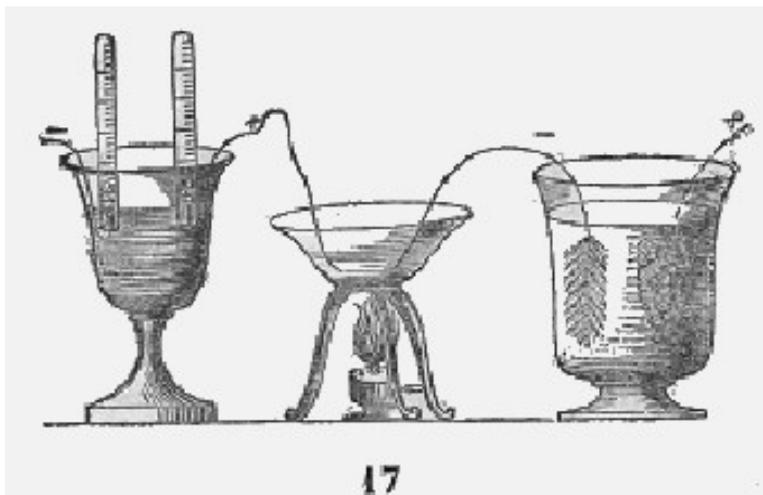


16

ha la minor conducibilità, perchè dipende dalla quantità d'elettricità che può attraversare quel circuito.

Per meglio dimostrare questa legge, si possono disporre tre voltametri simili in modo che la corrente passi interamente per uno V, e venga divisa nel suo passaggio

per gli altri due v , v . In questo caso la quantità d'acqua che è scomposta in ognuno dei due voltametri in cui la corrente è la metà, è pure la metà di quella scomposta nel primo voltmetro: se i voltametri fossero tre, la quantità scomposta in ognuno sarebbe un terzo di quella scomposta nel voltmetro in cui la corrente passa intera.



Dal che risulta ben provato, che l'azione elettro-chimica della corrente è sempre proporzionale alla quantità della corrente stessa. In fine per citare ancora un altro caso importante a cui questa stessa legge s'estende, diremo che allorquando la medesima corrente scompone nel medesimo tempo diversi composti chimici, la sua azione è sempre *definita*, in modo che le quantità scomposte delle diverse combinazioni sono tutte chimicamente equivalenti fra loro. Così, se una corrente scompone nello stesso tempo l'acqua, il protocloruro di stagno, il jo-

duro di piombo, l'ossido di bismuto, il solfato di rame, ecc., si trova che la quantità d'idrogene, di stagno, di piombo, di bismuto, di rame, ecc., separate sui fili che comunicano col polo negativo, stanno fra loro come i numeri 12,50; 735,29; 1294,50; 1330,37; 791,40; ecc. che sono gli equivalenti chimici dell'idrogene, dello stagno, del piombo, del bismuto, del rame, ecc.

La seconda legge dell'azione elettro-chimica della corrente è quella che esprime la relazione che passa fra la quantità di azione chimica che genera la corrente, e quella dei prodotti della decomposizione elettro-chimica di questa stessa corrente.



Si prenda una lamina Z di zinco amalgamato e s'immerga nell'acqua acidulata coll'acido solforico o nell'acido idro-clorico, e si vedrà la lamina coprirsi subito di qualche piccola bolla di gaz idrogene, e null'altro

accadere in seguito. Si tocchi allora la lamina di zinco con un filo di platino P, e all'istante il filo sarà coperto di bolle di gaz idrogene che si svolgeranno in grande quantità. Intanto lo zinco si ossida e scompare l'acqua: tolto il contatto l'ossidazione dello zinco e lo sviluppo dell'idrogene cessano istantaneamente. È dunque per la forza della corrente che l'idrogene libero è portato sul platino. Pesato lo zinco prima e dopo l'esperienza e misurato il gaz idrogene, si trova che la quantità di zinco

che è stata ossidata e che ha così generata la corrente, è equivalente chimicamente alla quantità d'idrogene trasportato e sviluppato dalla corrente sul platino.

Potrebbe anche dirsi più semplicemente, che tutta l'azione chimica si risolve in corrente elettrica, e che lo zinco che si ossida, decomponendo una certa quantità d'acqua, è impiegato a formare tanta corrente elettrica quanta se ne richiede per scomporre quella stessa quantità e a trasportare tutto l'idrogene rimasto libero sul polo negativo.

Se in vece di acqua acida si adoperasse in questa esperienza una soluzione acida di solfato di rame, non si avrebbe più idrogene sul filo di platino, ma in vece si otterrebbe precipitato il rame, il quale sarebbe in una quantità equivalente a quella dello zinco ossidato.

Noteremo che adoperando zinco non puro o non amalgamato e dell'acido nitrico in vece del solforico o dell'idroclorico, non si verifica più che la quantità dell'azione elettro-chimica ottenuta sia equivalente a quella dello zinco ossidato nella pila: in questi casi vi è una quantità di zinco che si discioglie senza generare corrente.

Diremo ancora che questa seconda legge si verifica nel caso di una pila di un solo elemento, come di una formata di un gran numero di coppie. In ogni pila, di cui lo zinco è amalgamato e di cui il liquido è una soluzione acquosa di acido solforico o di acido idroclorico, si trova sempre che la quantità di zinco ossidato in ogni cop-

pila o d'acqua scomposta, è equivalente alla quantità dei prodotti elettro-chimici che si sviluppano sui poli di questa pila, allorchè il circuito è chiuso.

Così vedremo, quando parleremo della galvanoplastica, che all'incirca tanto zinco si discioglie in ogni coppia quanto rame si precipita sul polo negativo della pila, gli equivalenti di questi metalli essendo all'incirca gli stessi.

Non posso tacervi di una delle più belle conseguenze dello studio dei fenomeni chimici dell'elettricità, quale è quella della teoria elettro-chimica dell'affinità. Berzelius ammise, che le molecole elementari dei corpi avessero uno stato elettrico proprio, contrario a quello del polo della pila su cui si sviluppano. Così l'idrogene ed i metalli sarebbero tutti corpi elettro-positivi perchè si separano al polo negativo della pila, e l'ossigene, il cloro, gli acidi, ecc. sarebbero corpi elettro-negativi, perchè si separano sempre al polo positivo.

Ne viene da quest'idea che la combinazione chimica è il risultato dell'attrazione elettrica dei corpi che hanno uno stato elettrico contrario, e che il calore e la luce che accompagnano tutte le azioni chimiche, non sono altro che gli effetti soliti della scarica elettrica.

Gravi obiezioni si sollevano ogni giorno più contro questa ipotesi, che tuttavia merita sempre di essere conosciuta, come uno dei più brillanti tentativi di analogie e di generalizzazioni che siensi fatte nelle scienze fisiche.

Lezione quarta — *Galvano-plastica o elettro-tipia.*

Stimo utile di dedicare un'intera lezione, ad esporvi le particolarità le più importanti relative all'arte della galvano-plastica, che è di certo una delle più eleganti applicazioni dell'azione elettro-chimica della corrente.

Il metallo che si separa sul polo o elettrodo negativo della pila, allorchè la corrente traversa la soluzione di un sale metallico, si depona in certe circostanze in forma di lamine solide e consistenti intorno alla materia dell'elettrodo.

I primi fisici che studiarono la decomposizione elettro-chimica, osservarono certamente che degli strati di rame, d'argento, di piombo, si formavano sul polo negativo della pila, facendo passar la corrente nelle soluzioni di questi metalli.

Dobbiamo però, ai Signori Jacobi di Pietroburgo e Spencer d'Inghilterra l'aver convertita quest'esperienza in una utile applicazione. Adoperando per polo negativo di una pila, di cui la corrente è trasmessa in una soluzione satura di solfato di rame, un pezzo metallico formato dallo stampo di una medaglia o di un basso rilievo qualunque, il rame precipitato si raccoglie sopra quel polo in modo da formare uno strato di una certa grossezza, e da comporre una medaglia od un basso rilievo identico e corrispondente a quello su cui s'è precipitato. Non è dif-

ficile di scorgere di quanta utilità possa essere un tal processo, potendosi con esso riprodurre tanti esemplari quanti si vogliono e perfettamente simili all'originale di una medaglia qualunque. Si ottennero anche collo stesso metodo delle tavole o medaglie portanti dei disegni o dei caratteri in rilievo coi quali si poterono poi ricavare incisioni e stampe. Si pensò pure di ottener statue di rame, e di riprodurre in rilievo le forme di un cadavere umano, coprendolo per mezzo della corrente di uno strato di rame; in fine associando insieme la bella scoperta di Daguerre a quella dell'elettrotipia si poterono rendere i disegni fatti col dagherrotipo, atti ad essere incisi, per lo che si ottennero in stampa riproduzioni esatte e moltiplicate di quelle prodigiose copie della natura. E ben con ragione diceva Grove, a proposito di questi disegni, che vi si sarebbe dovuto scrivere al posto solito del nome del disegnatore e dell'incisore, *disegnato dalla luce* e inciso dall'*elettricità*.

Cercheremo in questa lezione di esporre il processo della galvano-plastica con quella sufficiente estensione che è richiesta onde mettere il lettore in grado di riescire di primo colpo nei suoi tentativi. Parleremo distintamente della preparazione degli stampi, di quella delle pile, e degli apparecchi d'elettrotipia, ed in fine di alcune particolari pratiche seguite onde meglio riescire nell'intento.

Soglionsi usare diversi corpi per formare gli stampi; a tutti è però preferibile, specialmente per i piccoli pezzi, quella lega di Darcet che fonde alquanto al disotto del-

la temperatura dell'acqua bollente, e che si ottiene fondendo insieme otto oncie di bismuto, tre di stagno, e cinque di piombo in un cucchiaino di ferro che si avrà cura di adoperare ben pulito.

Ad impedire l'ossidazione dei metalli di questa lega, ciò che potrebbe renderla, specialmente alla superficie, non liscia e regolare, si terrà sopra di essa mentre si tiene nel cucchiaino nello stato di fusione un piccolo strato di grasso. Si cola la lega fusa in una cavità conveniente, fatta in un piano di marmo, e indi vi si preme sopra la medaglia che dev'essere alquanto riscaldata. La medaglia dovrà essere ben pulita prima di usarla onde ottenerne lo stampo.

Ho visto anche riescire assai bene gli stampi colando la lega in una scatolina di carta, raffreddandola col agitarla leggermente e indi premendovi bene sopra la medaglia al momento in cui sta per solidificarsi. Lo stampo così ottenuto, dovrà essere lavato con un poco d'alcool o d'etere solforico, che si evaporeranno facilmente, onde togliere ogni traccia di materia grassa.

Non rimane più allora che a fissare un filo di rame sul di dietro dello stampo, lo che si fa facilmente scaldando un grosso filo di rame alla fiamma della lampada ad alcool e indi calcandolo entro lo stampo stesso. La lega si fonde intorno al filo e poscia nel raffreddarsi si consolida e lo fissa convenientemente.

Onde lo stampo sia pronto ad essere messo in esperienza, non si ha più che a coprirlo insieme al filo di

cera vergine o di una vernice qualunque in tutti quei punti sui quali non si vuole che il rame si precipiti, che sono per conseguenza il di dietro della medaglia e quasi l'intero orlo.

Allorchè si hanno delle grandi medaglie o dei grandi bassi-rilievi di cui si vuole lo stampo, conviene abbandonare l'uso della lega fusibile, perchè malamente si riesce ad avere una bella impronta sopra una grande estensione col processo descritto e in tutti i casi il pezzo rimane troppo pesante.

Si fanno allora gli stampi di cera o di stearina o piuttosto di un miscuglio di cera, di stearina e di piombagine fuse insieme. Si unge da prima la medaglia e indi dopo averla circondata di un piccolo orlo di carta, vi si versano fuse le suddette materie, e si lasciano passare molte ore onde siano ben solidificate prima di distaccare lo stampo.

Gli stampi in gesso sono quelli che in generale si preferiscono per i grandi bassi-rilievi. Si prepara una specie di pasta gettando gesso assai fine, o *da formare*, in molt'acqua, la quale si stende con un pennello sul basso-rilievo che dev'esser stato prima leggermente unto. Avendo bassi-rilievi di gesso che si vogliono riprodurre in rame si possono utilmente imbeverare prima di cera fusa, lo che rende anche più facile di averne lo stampo con altro gesso.

Onde rendere gli stampi di cera, di stearina o di gesso, capaci di condurre la corrente, conviene rivestirli di

una sostanza conduttrice, e a questo effetto si può usare e si è usata una foglia d'oro, benchè di rado con questo metodo si riesca ad avere il rame precipitato uniformemente sopra tutta la superficie.

La sostanza che meglio di ogni altra si applica a questo fine è la piombagine, conosciuta in commercio sotto il nome di grafite, la quale, come i chimici l'hanno recentemente dimostrato, non è altro che carbonio puro in un certo stato molecolare. Si distende la piombagine minutamente polverizzata per mezzo di un pennello, e si ha cura di persistere nell'operazione sin che si vede che tutto lo stampo ha preso il color lucido della piombagine stessa. Si fissa in fine con un poco di cera un filo metallico sull'orlo dello stampo, e si sparge della piombagine intorno al filo, onde esser ben certi che il filo e la superficie preparata dello stampo comunicano insieme.

Si preferisce oggi da qualcuno l'argentatura degli stampi di gesso, all'uso della piombagine. A questo fine s'immerge lo stampo di gesso in una soluzione di nitrato d'argento sino a tanto che ne è bene imbevuto: allora si espone ai vapori che si svolgono scaldando una soluzione di fosforo nel alcool o nella trementina. Si vede la superficie dello stampo cambiar colore, divenire nera, ed a quel punto essa è ricoperta d'uno strato d'argento ridotto.

È inutile di dire che egualmente si preparano gli stampi con cui si vogliono eseguire delle statue: si hanno allora le due metà dello stampo che si uniscono assieme, come si farebbe se si dovesse colarvi dentro il

metallo. Vedremo più innanzi come si riesca ad avere nell'interno di questo stampo, che comunica colla massa della soluzione di rame per mezzo di uno o due fori, le condizioni richieste per ottenere un buon risultato.

Così preparato lo stampo basterà di sostituirlo all'elettrodo negativo di una pila di cui la corrente traversa una soluzione di solfato di rame, per ottenere il rame precipitovi sopra, e quindi la medaglia.

Non si creda però di riescire sulle prime e senza alcuna precauzione ad un risultato soddisfacente. Colui che si propone dei lavori di galvano-plastica troverà vantaggio a studiar prima la decomposizione elettro-chimica della soluzione del solfato di rame, nelle varie circostanze. Credo utile di entrare a questo proposito in qualche particolarità.

Si supponga di avere una soluzione satura di solfato di rame che dovrà esser stata filtrata; si apparecchi una esperienza di elettrotipia avendo una pila molto forte, come sarebbe una di 15 o 20 elementi di Bunsen, e per riunire in un sol caso tutte le circostanze che tendono a produrre un'azione elettro-chimica troppo viva, si usino degli elettrodi assai stretti, e la soluzione del solfato di rame sia calda. In queste circostanze la decomposizione elettro-chimica sarà assai viva, vi sarà dell'idrogeno che si svilupperà assieme al rame sul polo negativo e in vece di aver il rame precipitato ben lucente ed aggregato, si avrà una polvere bruna di cui le parti non hanno alcuna coesione fra loro.

Oltre di che per la decomposizione tanto rapida, la soluzione sarà presto carica di acido solforico reso libero, per cui il rame precipitato al polo negativo non tarderà ad essere ossidato.

Lo sperimentatore imparerà da questo primo saggio che con una decomposizione troppo viva e colla soluzione di rame non perfettamente neutra, non si riesce mai bene, e che il rame si precipita in questi casi con qualità contrarie a formare una medaglia. Sarà pur facile di assicurarsi che il risultato non è buono, usando una soluzione di solfato di rame non satura, nel qual caso la corrente scompone nello stesso tempo il sale e l'acqua, per cui il gaz idrogeno svolto insieme al rame impedisce a quest'ultimo di aggregarsi. Verrà in tal guisa l'operatore ammaestrato a non usare mai una corrente troppo forte e ad avere la soluzione del solfato di rame satura e neutra costantemente.

Mi è impossibile di descrivere minutamente tutte le regole precise per ottenere l'intensità della corrente necessaria ad assicurare un buon risultato, poichè questa varia coll'estensione della superficie su cui il rame deve precipitarsi, colla forza della pila e colla conducibilità della soluzione. Ma per poco che si acquisti pratica, si vedrà sin da principio dal colore del primo rame che si precipita e dalla rapidità della precipitazione, se la corrente è troppo forte, nel qual caso si diminuisce il numero delle coppie della pila o si usano soluzioni meno acide in contatto dei metalli delle coppie, o si tiene la solu-

zione di rame ad una bassa temperatura o in fine si allontanano convenientemente i due elettrodi.

Si può anche e con utilità far passare la corrente in un galvanometro onde misurarne esattamente la forza: in questo modo è facile di diminuirla o di accrescerla e di ridurla sempre alla stessa intensità, avendo nel circuito un filo sottile d'ottone o uno strato d'acqua di cui si usa una lunghezza più o meno grande secondo che si vuole indebolire o rafforzare la corrente stessa.

Onde esser ben certi che la soluzione di rame rimane sempre satura, si fa pescare nel liquido un sacchetto di tela in cui si tengono dei cristalli di solfato di rame.

Perchè poi la soluzione non divenga acida, l'elettrodo positivo sarà formato di una lastra di rame su cui portandosi l'ossigene e l'acido, si viene a riprodurre costantemente una quantità di solfato eguale a quella che si decompone.

Possono ancora incontrarsi altri ostacoli che meritano di essere notati onde ottenere un buon precipitato, i quali si verificano se la pila è troppo debole, e se la superficie dello stampo è proporzionalmente troppo estesa. In questi casi il rame si precipita troppo lentamente ed è allora cristallizzato, friabile, di un rosso bruno. In questi casi si giunge con facilità a riparare all'inconveniente indicato, accrescendo convenientemente la forza della corrente.

In generale è sempre più a temere la troppa forza della corrente, di quello che la poca.

Onde esser certi che l'operazione procede bene, si estrae di tanto in tanto lo stampo dal liquido, ciò che può farsi senza pericolo di turbare l'esperienza, e allorchè si vede che tutta la superficie ha un colore di rame eguale e lucido, si è certi del risultato. Si continua l'esperienza sino a che la lamina di rame precipitato ha raggiunta la debita grossezza; è soprattutto nei primi momenti dell'esperienza che è necessaria la maggiore attenzione.

Dirò anche che per ben riescire, conviene immergere lo stampo nella soluzione del solfato di rame prima dell'elettrode positivo: in questa guisa lo stampo è interamente immerso allorchè il circuito si chiude. Quando si formano pezzi assai estesi, è utile disporli orizzontalmente; coi pezzi piccoli la posizione dell'elettrode negativo è indifferente.

Finita l'operazione, la lamina di rame precipitato è distaccata dallo stampo introducendo delicatamente fra essa e lo stampo la lama di un coltello.

Onde conservare la medaglia così ottenuta si usa generalmente di formare separatamente le due faccie della medaglia, e indi riunirle assieme, saldandone convenientemente gli orli.

Volendo anche meglio imitare la medaglia si può colare fra le due lamine prima di saldarle la della lega di Darcet, nel qual modo si rende la medaglia più pesante e più solida.

Se si volesse dare alla medaglia la tinta del bronzo,

basterebbe bagnarla con una debole soluzione di idroclorato d'ammoniaca o di solfato acido di potassa.

Eccoci alla fine a descrivere l'apparecchio che deve usarsi per ottenere la corrente elettrica necessaria nei lavori di galvano-plastica.

Sin da principio e tuttora s'usano due sistemi: si adopera una pila ordinaria alla Wollaston a più elementi e si fissa al suo elettrodo o polo negativo lo stampo che si fa pescare in una soluzione di solfato di rame insieme all'altro elettrodo: si può anche avere un elemento solo analogo ad una pila di Daniell a forza costante, ed in vece della lastra di rame usare lo stampo. Entriamo in

maggiori particolarità sopra questi due sistemi.



19

La pratica ha mostrato che se si vogliono ottenere dei pezzi un poco grandi, la prima maniera è sempre preferibile alla seconda.

Non v'è di meglio di una pila di Daniell, per ottenere la corrente, poichè da questa pila sola si riesce ad avere per molti giorni una forza quasi costante. Si noti

che non mai meno di due o tre giorni si richiedono per ottenere un buon saggio di galvanoplastica.

La pila o l'elemento della pila di Daniell si ottiene fa-

cilmente avendo un grosso cilindro di zinco Z di 4 in 5 centimetri di diametro (fig. 19) che si conserva sempre bene amalgamato alla superficie, passandovi sopra un po' di mercurio dopo averlo bagnato in una soluzione di acido solforico.

Si tiene questo zinco in una cavità cilindrica B che può essere o di legno, o di cuoio, o di grossa tela, o meglio poi di una porcellana appena cotta e non verniciata. Si riempie questa cavità di una soluzione formata di una parte d'acido solforico del commercio con nove d'acqua in volume, e indi s'immerge in una soluzione satura di solfato di rame nella quale pesca una lastra di rame R che circonda il cilindro. Un sacchetto di tela pieno di cristalli di solfato di rame si tiene immerso alla superficie della soluzione del solfato di rame, per conservarla satura durante tutta l'operazione.

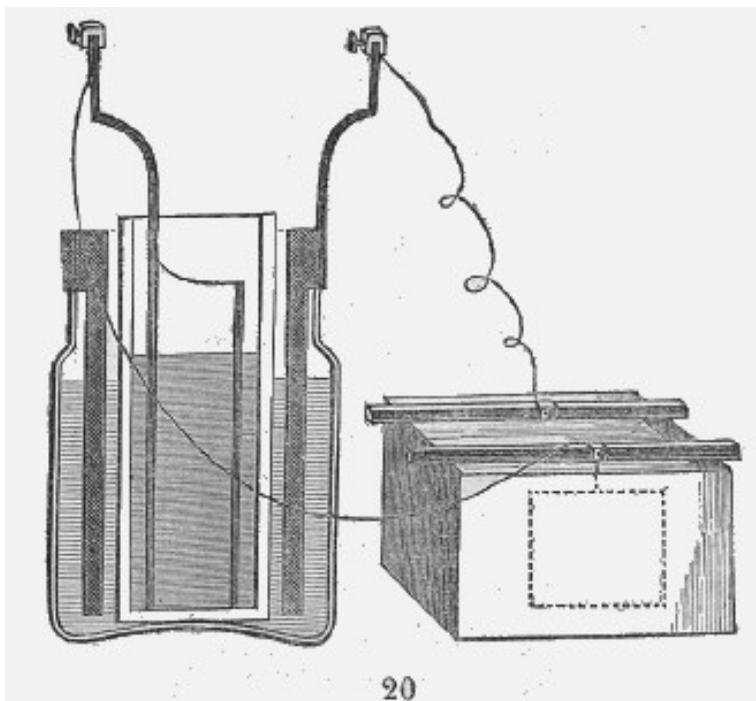
Pochi elementi di Daniell così fatti e riuniti in pila servono per ottenere qualunque saggio di galvanoplastica anche assai grande di superficie.

Se il pezzo fosse di una straordinaria grandezza si adoprerebbe una pila d'un maggior numero di questi elementi.

Stando ai pesi atomici dello zinco e del rame, si dovrebbero ottenere per ogni 403 parti in peso di zinco ossidato e disciolto nella pila, 395 parti di rame, cioè circa lo stesso peso, ed è in fatti questo il risultato che si ottiene in una buona esperienza di galvano-plastica. I due reofori della pila terminano, come già si è detto, l'uno

collo stampo e l'altro con una lastra di rame. Lo stampo deve esser congiunto collo zinco della pila, e la lastra col rame.

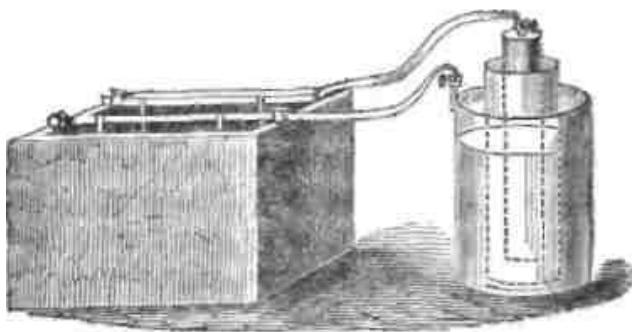
Avendo uno stampo di superficie molto estesa è utile che la vasca di legno o di terra in cui è la soluzione satu-



ra di solfato di rame che dev'essere decomposta dalla corrente, abbia tali dimensioni che lo stampo stesso possa tenersi orizzontale; parallelamente ad esso e alla distanza di 5 o 4 centimetri si tiene pure la lastra di rame o il polo positivo della pila che deve avere sempre un'estensione eguale a quella dello stampo. Sarà bene che lo stampo sia disposto inferiormente, essendo così più

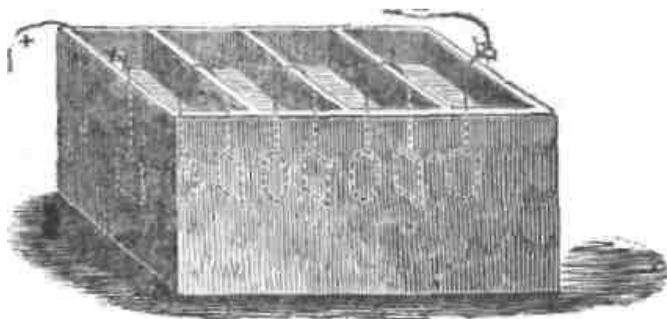
facile ad essere sostenuto, lo che si fa posandolo sopra sostegni di vetro o di porcellana che sono nel fondo della vasca, e sui quali si colloca colla sua faccia verniciata.

Volendosi ottenere varie medaglie in una sola esperienza, si usa di avere per vasca una delle solite cassette



21

di porcellana che si usano per la pila di Wollaston, divise in più compartimenti da tanti strati di porcellana o di vetro. In questo modo a cavallo di ognuno di questi strati si colloca un arco che termina da una parte con una la-



22

stra di rame, dall'altra collo stampo. Tutti gli stampi sono volti da una stessa parte, in guisa che sempre in ognuno di essi entri la corrente positiva e che per conseguenza in ogni cavità si trovi la lastra di rame di uno degli archi e lo stampo dell'altro.

Per costruire delle statue colla galvano-plastica, s'incontrano difficoltà che non esistono per i bassi rilievi e per le medaglie. Dissi già che conveniva formare lo stampo, come se si volesse colarvi dentro il metallo; la difficoltà maggiore proviene dal doversi precipitare in questo caso il rame nell'interno di una cavità che comunica colla massa liquida per mezzo di uno o due fori assai stretti, per cui la corrente è assai indebolita. Oltre di che è quasi impossibile di tenere la massa liquida interna satura egualmente di solfato di rame in tutti i punti, per cui accade spesso che esso si precipita assai disugualmente sulla superficie dello stampo e non di rado avviene che si chiudono i fori.

Per queste ragioni non si è riesciti fin qui a formare colla galvano-plastica delle statue di grandi dimensioni. È a credersi che si riuscirà sempre meglio in questo intento formando le due metà della statua separatamente come per le medaglie, e poscia saldandole assieme.

Nello stesso modo con cui abbiamo visto ottenersi delle medaglie o dei bassi rilievi, precipitando il rame sullo stampo per mezzo della corrente, possono anche ottenersi e collo stesso processo gli stampi delle medaglie o dei bassi rilievi. Si ottengono così delle tavole si-

mili a quelle con cui si fanno le edizioni stereotipe.

L'altro sistema od apparecchio per la galvano-plastica è quello, come già vi dissi, in cui lo stampo forma l'elemento negativo di una pila di Daniell. Non è che per piccole medaglie che quest'apparecchio può servire, e in ogni caso le prove riescono sempre meno perfette di quelle che si hanno usando la pila separata dalla vasca di decomposizione in cui si tiene lo stampo.

Per compiere questa lezione, mi rimane finalmente a dirvi dell'incisione galvanica. In questo processo la corrente elettrica fa quello che fa l'acqua forte o l'acido nitrico nel metodo ordinario d'incisione. Si prende una lastra di rame sulla quale si stende a caldo uno strato della vernice da incidere formata d'asfalto e di cera o pece nera. Indi sopra questa superficie verniciata ed affumicata s'incide con una punta d'acciaio il disegno. La lastra così preparata si fissa, non più al polo negativo, ma al polo positivo della pila, nel qual modo l'ossigene e l'acido, che la corrente porta sui punti della lastra di rame lasciati scoperti nel fare il disegno, disciolgono questi punti e vi formano l'incisione. Bastano generalmente dieci minuti perchè l'esperienza sia finita. Onde l'incisione riesca perfetta conviene ritirare la lastra di tanto in tanto, per ricoprire con vernice i tratti più fini, che formano le mezze tinte. È certo che in meno di due ore si può avere così una lastra assai bene incisa.

Si è usato ancora di adoperare la lamina di rame dorata coi metodi che descriveremo nella lezione prossima

in vece che verniciata, tracciando il disegno sullo strato d'oro come si fa sulla vernice. In questo modo il disegno e l'incisione possono essere ottenuti di una maggiore finezza che colla vernice.

Parlerò per ultimo dell'incisione elettrica delle prove dagherriane. È noto che in queste prove le tinte nere sono prodotte dall'argento e le chiare dal mercurio.

La lastra di Daguerre si congiunge al polo rame della pila, e allo zinco si unisce una lamina di platino. Queste due lastre, una di platino e l'altra di Daguerre s'immergono assai prossime e parallele in una soluzione formata di parti eguali di acido idro-clorico e di acqua. Fatta passare per un certo tempo la corrente, si ritira la lastra di Daguerre e si lava nell'acqua distillata, e si ottiene il disegno originale con un bel colore di terra di Siena. Non si ha più che a lavare la lastra con una debole soluzione d'ammoniaca e quindi ad asciugarla, perchè l'operazione sia finita. È accaduto in questo processo che l'ossigene e il cloro, portati dalla corrente sul polo positivo della pila, hanno formato uno strato di ossicloruro di mercurio per essersi combinati con questo metallo a preferenza dell'argento. In tal guisa divenendo oscuri i chiari, e rimanendo per conseguenza chiari i punti che erano scuri prima, la prova ritorna, come si dice, positiva, cioè colle tinte lucide ed oscure come nell'originale.

Il processo della galvano-plastica, che abbiamo cercato descrivere con sufficiente ampiezza potrà essere destinato a grandi ed utili applicazioni? Convien confessa-

re, stando ai tentativi sin qui fatti, che la risposta non sembrerebbe affermativa.

Una volta che si ha un conio, si fanno coi metodi comuni e facilmente tante medaglie quante si vogliono, e di certo più facilmente che colla galvano-plastica. Forse riuscendo, come può sperarsi, a formare statue, quel processo avrebbe notevoli vantaggi sopra quello della fusione. V'è fin qui un sol caso in cui sembra che la galvano-plastica possa esser assolutamente utile ed è quello della riproduzione delle tavole incise, su cui può occorrere di dover tirare un numero illimitato di copie. Secondo un rapporto fatto dal capitano Richoux al ministero della guerra in Francia, sarà molto più utile di riprodurre colla galvano-plastica le tavole incise della gran carta della Francia, di quello che di farle rinfrescare coll'incisione; si assicura che la spesa del primo metodo non sarebbe che un quinto di quella che dovrebbe farsi volendo ritoccare le lastre.

Lezione quinta — *Elettro-doratura-argentatura.*

La precipitazione dell'oro, del platino e dell'argento, sopra le superficie metalliche che formano il polo negativo della pila, in mezzo alle soluzioni d'oro, di platino e d'argento, è un fatto semplice di elettrochimica identico a quello su cui si fonda l'arte della galvano-plastica.

Questo fatto costituisce una delle più belle ed utili applicazioni dell'elettro-chimica, essendosi per esso sostituito un metodo di dorare facile, egualmente economico, e sotto tutti i rapporti soddisfacente, ad uno generalmente giudicato nocevole alla salute degli operatori e non suscettibile di tanta varietà ed estensione.

L'ignoranza dei nuovi processi, i pregiudizi degli artisti non illuminati dalla scienza e non capaci perciò d'escire dalle antiche pratiche, possono solamente conservare l'arte della doratura a fuoco. Da che l'elettro-doratura ed argentatura sono inventate, l'uso degli oggetti dorati ed inargentati per servizio di tavola, di cucina, dei laboratorii, ha preso una grande estensione, e basterebbe per persuadersene di visitare le officine di Elkington e di Ruolz. Cercheremo di esporre questi nuovi metodi colla estensione necessaria a metter chiunque in grado di adoperarli senza troppa perdita di tempo e di denaro nei tentativi necessari ad acquistare la pratica di un'arte.

L'arte dell'elettro-doratura fu indubitabilmente scoper-

ta dal prof. Brugnatelli di Pavia. Si legge in una lettera di questo chimico al Van Mons in data del 1805 il seguente paragrafo: «Ho recentemente dorato in un modo perfetto due grandi medaglie d'argento, facendole comunicare col polo negativo di una pila immerso nell'ammoniuro d'oro ben saturo e di fresco preparato.»

Non può esservi dunque discussione sul vero inventore del principio scientifico dell'elettro-doratura. Affrettiamoci però a dire che questo metodo era caduto in dimenticanza e che non divenne mai un'arte vera, come oggi lo è, sino a che il professore De la Rive di Ginevra, 56 anni dopo al primo annunzio del Brugnatelli, non richiamò di nuovo l'attenzione degli scienziati e degli artisti sopra questo soggetto. È giusto quindi di dire che si deve al fisico ginevrino la vera scoperta dell'arte dell'elettro-doratura; nè questo merito gli è tolto dal non seguirsi più oggi il suo primo metodo di dorare.

Sarei troppo lungo, e forse nuocerei alla chiarezza dell'esposizione dei metodi più generalmente seguiti di dorare coll'elettricità, se mi proponessi di esporvi diffusamente, tutti i metodi proposti e tentati.

Ruolz, Elkington, gli Autori del rapporto fatto all'Accademia di Parigi, compilato dal signor Dumas sui processi di elettro-doratura, Boettger, Selmi, Giorgi e Puccetti, Walker, Breant, ecc. ecc. sono i nomi di coloro che, colla scorta della scienza e coi lumi dell'arte pura, principalmente contribuirono a creare e perfezionare l'elettro-doratura.

Saranno perciò i loro scritti la nostra miglior guida nella compilazione di questa lezione.

Il processo di dorare coll'elettricità, consiste nel tenere il metallo che si vuol dorare immerso in una soluzione d'oro e congiunto al polo negativo della pila.

De la Rive teneva il pezzo d'argento o di rame che voleva dorare in una soluzione diluita di cloruro d'oro neutro, contenuta in una specie di sacchetto di membrana animale: stava immerso questo sacchetto in un liquido acido in cui era una lamina di zinco congiunta con un filo metallico al pezzo da dorare. In una parola, l'apparecchio di De la Rive consisteva in una pila elementare, simile a quella di Daniell, nella quale la soluzione d'oro era sostituita a quella del solfato di rame. De la Rive consigliava l'uso di una corrente assai debole, dello zinco puro e distillato, e di una soluzione d'oro neutra e assai diluita.

Questo metodo di De la Rive non tardò ad essere perfezionato: ed infatti non si avevano mai, così operando, dorature forti e di quel colore che più piace. L'arte vera doveva ancora formarsi.

Questa fu principalmente creata da Ruolz e da Elkington che immaginarono di sostituire al cloruro semplice d'oro le soluzioni di questo composto combinato al cloruro di potassio o alla potassa, e d'impiegare una pila comune a più elementi per decomporre la soluzione, tenuta in un recipiente distinto da quello della pila.

Sarebbe impossibile di fissare giustamente fra le tante

e varie soluzioni d'oro proposte da Ruolz quella che merita la preferenza sopra tutte le altre: è noto che si sono ottenuti dei risultati perfetti adoperando diverse soluzioni d'oro.

Dobbiamo registrare qui le varie soluzioni generalmente più stimate, e che noi stessi riconoscemmo atte a produrre ottimi effetti. La Commissione dell'Accademia delle scienze di Parigi operò con una soluzione formata di un grammo di cianuro d'oro disciolto in 100 grammi d'acqua e contenente 10 grammi di cianuro di potassio in dissoluzione. Si fa bollire il miscuglio per mezz'ora, e lasciato raffreddare il liquido, si filtra.

Una soluzione aurea che pure si è trovata assai buona ed atta a dare una doratura perfetta e di un bel *mat* di Parigi, è quella usata dal signor Breant, e che si ottiene trattando l'ossido idrato d'oro con una soluzione bollente di cianuro ferroso-potassico e di potassa all'alcool. Le proporzioni sono le seguenti: ossido d'oro tratto da 8 parti di metallo; ferro-cianuro potassico 96; potassa 24; acqua 960.

Il prof. Selmi ha pure ottenuto dorature perfette componendo il liquido con una parte di cloruro d'oro a cui s'aggiunge prima tanta ammoniacca da rendere alcalina la soluzione, e poscia 2 parti di carbonato di soda, 2 di ferro-cianuro di potassio, e 100 d'acqua.

Diremo infine che i professori Giorgi e Puccetti di Lucca assicurano di essere riesciti ad ottenere bellissime dorature adoprando una soluzione formata calcinando il

ferro-cianuro di potassio col nitro, trattando con acqua il residuo, e feltrando: il liquido così ottenuto era mescolato colla soluzione di cloruro d'oro ed il miscuglio filtrato.

Nella impossibilità in cui siamo di asserire se vi sia fra queste soluzioni una che abbia un deciso vantaggio sulle altre, ci limitiamo a dire che da lunghe e ripetute esperienze fu dimostrato che ognuna di queste, convenientemente usata, può dare dorature perfette.

Secondo la varia pratica ed abitudine ad usare una soluzione piuttosto che un'altra, ognuno degl'inventori tien con ragione la sua preferibile alle altre.

Checchè ne sia della maniera non ancora ben analizzata scientificamente con cui procede la decomposizione elettro-chimica di queste varie soluzioni di oro, certo è che la presenza d'un alcali nel liquido a dorare, toglie qualunque possibilità d'ossidazione pel metallo che comunica col polo negativo della pila, e ciò tanto prima del passaggio della corrente, quanto nel tempo dell'operazione.

Ci rimangono a descrivere le varie pratiche che compongono l'arte dell'elettro-doratura: lo che imprendiamo nella speranza di riescire ad insegnare, come possa ottenersi una doratura forte e tale che mai si stacchi lo strato d'oro, e di quel vario colore e grado di tinta e lucentezza che possono desiderarsi in commercio.

La più importante delle operazioni che deve subire il pezzo d'argento o di rame che si vuol dorare, è quella di

renderne perfettamente pulita la superficie metallica, senza di che l'adesione perfetta dei due metalli non può ottenersi. Si suol fare quest'operazione ora a caldo con soluzioni diluite d'acido solforico, ora coll'immersione per pochi istanti nell'acido nitrico, ora a freddo passando con polvere di pomice sulla superficie da dorare. Si può a questi metodi supplire usando un bagno di proto-nitrato di mercurio. Il pezzo che vuol dorarsi si tiene immerso in una soluzione assai diluita di questo sale sino a che si faccia bianco per l'amalgamazione. Si lava allora con molt'acqua, e si distende egualmente il mercurio passandovi sopra con una pelle. Si rinnova l'operazione finchè la superficie amalgamata ha preso un'apparenza uniforme in tutti i punti. Secondo lo stato diverso dell'amalgama superficiale può ottenersi ora la doratura lucida e brillante, ora quella che dicesi *mat* di Parigi.

È provato oggi che le differenze nella tinta o grado della doratura, non dipendono già, come fu creduto da primo, dalla presenza di una certa quantità di rame mista all'oro, ma da uno stato diverso molecolare dell'oro deposto, e più ancora da quello della superficie su cui la doratura si è fatta. Un velo d'oro così sottile come quello che forma la doratura, lascia alla superficie quelle qualità fisiche che ha naturalmente.

La superficie dell'argento che fu immersa in un bagno d'acido solforico e d'acqua, ha un bel bianco *mat*: ed in questo stato anche la doratura prende la stessa bella apparenza.

Il rame amalgamato alla superficie, lavato nell'acqua acida, e liscio con una pelle, ha l'apparenza *mat* dell'argento: la doratura allora riesce egualmente. Meglio anche si riesce ad ottenere il rame dorato d'un bel *mat* cupo, riscaldando prima il pezzo.

Volendo invece un *mat* brillante, basterà di rendere la superficie del rame più amalgamata e di confricarla poscia perchè divenga essa pure brillante.

Così preparata la superficie del pezzo a dorare, si mette nel bagno a doratura, e indi si unisce al polo negativo di una pila.

Le stesse disposizioni e regole che già descrivemmo a proposito della galvano-plastica, possono ripetersi egualmente per la doratura.

È essenziale che il bagno a dorare sia alla temperatura di + 20 a + 50° C: a una più bassa temperatura, il pezzo non tarda ad annerire, e la doratura riesce rossa.

Alcuni elementi della pila di Daniell a forza costante, sono il miglior apparecchio per ottenere la corrente onde dorare.

Una lamina d'oro deve formare quella parte del polo positivo che sta immersa nel bagno, ed è estremamente utile che i due pezzi che formano le parti immerse dei due poli, cioè la lamina positiva e il pezzo a dorare abbiano, per quanto è possibile, la stessa estensione e la stessa forma. Solamente in tali condizioni il deposito dell'oro è uniforme. Si può facilmente stabilire la gros-

sezza dello strato d'oro così deposto, pesando il pezzo prima e dopo la doratura.

Allorchè il pezzo sembra dorato a sufficienza si toglie e si lava con molt'acqua. Alla fine poi è asciugato tenendolo per alcuni istanti nell'acqua bollente e poscia all'aria.

Non staremo qui a descrivere alcune altre operazioni che si fanno subire ai pezzi dorati, e che sono comuni alla doratura a mercurio, come all'elettro-doratura, e che sono dirette a far variare il grado della tinta e della lucentezza del pezzo dorato.

Per dar termine alla descrizione del metodo dell'elettro-doratura diremo come questo si applichi ad altri metalli oltre il rame e l'ottone. Le differenze consistono nella preparazione del pezzo. Volendo dorare l'argento si scalda il pezzo a rosso, e si tuffa nell'acido solforico allungato. Allora il pezzo dorato ha una bella tinta *mat.* Per ottenere la doratura brillante conviene pulire la superficie dell'argento con polvere di pomice assai fina e sino a che divenga ben levigata e lucente.

Onde dorare il ferro s'usa da alcuni di ricoprirlo prima di uno strato di rame, immergendolo in una soluzione di solfato di rame, o di cianuro di rame e di potassio: vi è chi usa di ricoprire il ferro di amalgama, tenendolo in un miscuglio di nitrato di rame e di mercurio.

Compiremo questa lezione con alcune parole sull'inargentatura e platinatura per mezzo della corrente.

Il liquido o bagno per inargentare si forma sciogliendo un grammo di cianuro d'argento in cento grammi di cianuro di potassio.

S'usa di lavare il pezzo dopo averlo inargentato e prima di metterlo in colore, in una soluzione di sal borace.

Per deporre il platino, la soluzione che si adopera è composta di un doppio cloruro di platino e di potassio disciolti in una soluzione di potassa caustica. Il bagno per la platinatura s'usa assai caldo. Si è trovato che un milligrammo di platino ricuopre perfettamente una lamina d'ottone di cinque centimetri di lato: la grossezza della lamina deposta viene ad essere di 1/100000 di millimetro.

Si precipita il rame sul ferro formando il bagno col doppio cianuro di potassio e di rame.

Il ferro laminato e la ghisa sono i metalli che si usano ricoperti di rame.

Finalmente il ferro che dicesi in commercio galvanizzato, non è che ferro coperto di zinco. Il bagno che a questo fine si usa, è ottenuto sciogliendo l'ossido di zinco in una soluzione di potassa.

In tutte queste operazioni fu trovato vantaggioso d'impiegare una pila a varii elementi, piuttosto che una copia sola.

Lezione sesta — *Seguito dell'elettro-chimica.*

Per compiere l'esposizione di tutte le applicazioni che si sono fatte delle teorie elettro-chimiche alle arti industriali, dobbiamo parlarvi ancora di alcuni tentativi di elettro-metallurgia.

Becquerel ha annunziato il primo di essere riuscito con processi elettro-chimici ad estrarre il rame, l'argento e il piombo dai loro rispettivi minerali. Più volte lo stesso Becquerel mostrò ai suoi colleghi dell'Accademia delle scienze dei grossi pezzi di rame, e d'argento che si dicevano separati colla corrente elettrica dai minerali ordinarii, e si pubblicava in tanto che grandi officine di metallurgia-elettrica erano stabilite. Queste cose accadevano molti anni sono, e ci duole di dover oggi confessare che le speranze del signor Becquerel non si sono per anco realizzate.

Tuttavia crediamo di dovervi intrattenere alcun poco di questo soggetto, al fine di esaminare se vi sia un qualche fondamento onde sperare che questi processi elettro-metallurgici possano mai divenire di una qualche utilità.

Quantunque il signor Becquerel abbia sempre lasciato ignorare tutte le particolarità dei suoi metodi, è certo che esso non ha potuto condursi con operazioni generalmente molto diverse dalle seguenti. La prima cosa a farsi è

quella di trasformare il minerale in un composto che sia solubile in un liquido conduttore della corrente elettrica; trattandosi di minerali di rame, i quali consistono nel maggior numero dei casi in carbonato, ossido, solfuro semplice o solfuro doppio di rame e ferro, si comincerà dal trasformare in solfato i due primi coll'acido solforico, i secondi col calore e coll'arrostitura. Ottenuta la conversione di questi minerali in solfati, si dovrà decomporre la dissoluzione col passaggio della corrente, tenendola sempre il più possibile al massimo grado di saturazione.

Considerando *a priori* questo processo metallurgico, si trova difficilmente che esso possa essere più economico dei processi ordinarii. La trasformazione in solfati dei minerali di rame è di certo una operazione di cui la spesa deve interamente aggiungersi a carico del metodo elettro-chimico. Oltre di che rimane sempre la riduzione del minerale, che nel metodo attualmente praticato si fa col carbone, mentre col nuovo processo si farebbe collo zinco. Ora gli equivalenti del carbone e dello zinco son ben diversi fra loro, essendo il primo assai più piccolo del secondo nel rapporto di circa 75 a 405; e deve aggiungersi che per uno stesso peso, il prezzo dello zinco supera notabilmente quello del carbone.

Indipendentemente da queste considerazioni aggiungeremo che il signor Jacobi che si è tanto studiato di perfezionare e rendere economico il suo processo della galvano-plastica, non ha mai potuto ottenere un chilo-

grammo di rame precipitato colla corrente a meno di 12 franchi.

E per far questo, il fisico di Pietroburgo suppone che si adoprinò delle pile a molti elementi, e che il rame per conseguenza non solo si precipiti sul polo negativo della pila, ma ancora sopra l'elemento negativo di ogni coppia. Il signor Becquerel invece ha sempre annunziato che conveniva adoperare un apparecchio semplice per la separazione del rame.

I signori Gauthier de Claubry e Dechaud hanno annunziato di aver portato ai processi di metallurgia elettrica applicati al minerale di rame, alcuni perfezionamenti che li renderebbero più semplici ed economici di quelli che si suppongono praticati da Becquerel.

Quantunque si ignori anche qual risultato abbiano avuto in pratica questi loro tentativi di laboratorio, eseguiti sono già varii anni, crediamo nondimeno di non doverli totalmente tacere.

Il processo di quei chimici consiste nel sovrapporre in una gran vasca due dissoluzioni, l'una satura di solfato di rame assai densa, l'altra di solfato di ferro meno densa, e d'immergere una lamina di rame nella prima la quale comunichi con una lamina di ferro o di ghisa immersa nella seconda.

Si ha realmente con questa disposizione un elemento voltiano, ed il rame si precipita da principio sulla lastra di rame. Ma intanto che il ferro si discioglie, le soluzioni si mescolano, e il ferro viene a precipitarsi insieme al

rame a misura che la dissoluzione del solfato di rame diviene meno densa. Perchè dunque il processo continui come da principio, converrebbe poter rinnovare le soluzioni.

Ecco come i signori Gauthier de Claubry e Dechaud hanno perfezionato questo processo e riparato a questo inconveniente. Il loro apparecchio si compone di una cassa di legno rivestita internamente di piombo coperto di uno strato di cera, e destinata a ricevere la dissoluzione del solfato di ferro. Questa cassa porta due aperture, l'una superiore per l'introduzione del liquido normale, l'altra inferiore che serve per mezzo di un sifone a rigettare il liquido più denso.

Nell'interno di questa cassa e ad una conveniente distanza dalle sue pareti, vi stanno immerse delle casse più piccole di cui il fondo è di metallo, e di cui le pareti laterali sono a giorno e guarnite di fogli di cartone solidamente fissati.

In ognuna di queste casse vi sono due aperture, cioè una inferiore che coi sifoni riceve la dissoluzione satura di rame, e l'altra superiore per lasciar scolare la dissoluzione a misura che diviene meno densa. I due liquidi comunicano coll'arco voltiano formato da una lastra di rame e da una di ferro fuso. L'apparecchio è regolato in maniera che continuamente le due dissoluzioni, cioè la satura di solfato di rame e la debole di ferro entrano in quelle stesse quantità con cui ne escono la dissoluzione di rame meno densa, e quella divenuta più densa di fer-

ro.

Una volta che l'apparecchio è così montato il processo procede da sè, bastando di conservare il livello costante nelle vasche esterne in cui pescano i sifoni che devono conservare le densità costanti nei liquidi. Di tanto in tanto si tolgono le lastre su cui il rame si è precipitato, e se ne rimettono delle nuove: egualmente si fa per le lamine di ghisa, le quali possono essere della qualità la più cattiva.

Tutto il rame precipitato con questo metodo non è però ottenuto allo stato di lamine: invece una gran parte del metallo si precipita allo stato di polvere o di frammenti che devono poi esser fusi.

Questo processo, che non potrà mai realizzarsi con vantaggio che nel caso in cui i minerali di rame possano con poca spesa essere interamente trasformati in solfato di rame, deve tuttavia essere riguardato come un perfezionamento di questa parte dell'elettro-metallurgia.

Sussistendo sempre le obiezioni che già facemmo al metodo in generale, attenderemo ancora l'annuncio di favorevoli risultati ottenuti operando in grande, per credere che la separazione elettro-chimica dei metalli dai loro minerali possa essere più vantaggiosa di quella che si fa coi metodi ordinarii.

Fra le molte altre applicazioni dell'elettro-chimica alle arti che vedemmo annunziate in questi ultimi tempi, ci limitiamo qui a dire una parola di una che fu tentata nelle fonderie del ferro dell'Inghilterra. Crediamo di do-

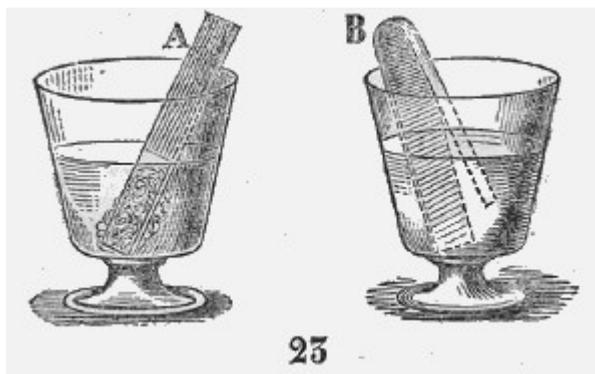
ver tacere di molte altre, perchè per la semplice lettura possono essere giudicate prive di fondamento anche dalle persone appena istruite delle scienze fisiche.

L'applicazione di cui voglio parlare, consiste nell'aver tentato di ottenere colla corrente elettrica la purificazione del ferro dall'arsenico, fosforo, solfo, ecc.: questi corpi, anche in piccolissime quantità, alterano grandemente le qualità fisiche del ferro, e quindi nuocono al suo uso nelle arti. Non è contro le leggi dell'eletto-chimica di concepire che facendo passare una corrente elettrica nella ghisa in fusione, i corpi suddetti vengano a separarsi al polo positivo. Una grande obiezione a questo metodo potrebbe trovarsi nella conducibilità dei carburi di ferro molto maggiore di quella delle combinazioni in cui sono il fosforo e l'arsenico, e nelle piccolissime quantità di queste combinazioni che vi esistono rispetto ai carburi stessi, che perciò sarebbero i primi ad essere decomposti.

Per terminare l'esposizione delle applicazioni dell'eletto-chimica, ci rimane a dire del metodo di Davy per difendere il rame dei vascelli, e dei colori ottenuti colla corrente elettrica sui metalli da Nobili e da Becquerel.

L'Ammiragliato inglese richiamò l'attenzione di Davy sopra la rapida alterazione che soffre il rame che riveste quella parte della superficie esterna dei vascelli che è in contatto dell'acqua marina. Alcune esperienze semplici di quell'illustre Chimico bastarono perchè fosse trovato il metodo onde salvare il rame da quel danno.

Prendansi due lamine di rame ben pulite e lucenti, e ad una di queste si saldi o si leghi un filo di ferro o di zinco onde farne una coppia voltiana: ciò fatto, s'immergano separatamente nell'acqua di mare. Dopo poche ore la lamina semplice A comincerà ad apparire ossidata, mentre l'altra B che è unita allo zinco o al ferro si troverà lucida anche dopo molti giorni.



Basterebbe dunque di saldare al rame dei vascelli, e nella porzione che s'immerge nell'acqua dei pezzetti di ferro o di zinco, perchè l'ossidazione non avesse più luogo.

Disgraziatamente però la stessa cagione che riparava questo male ne crea un altro, e tanto grande da doversi dichiarare il rimedio, almeno in certi casi, peggiore del male. La lamina di rame unita a coppia collo zinco, immersa nell'acqua del mare, diviene il polo negativo della pila su cui si svolge l'idrogeno, e per la quale l'ossidazione è resa conseguentemente impossibile. Ma come polo negativo, questa stessa lamina si ricopre degli ossi-

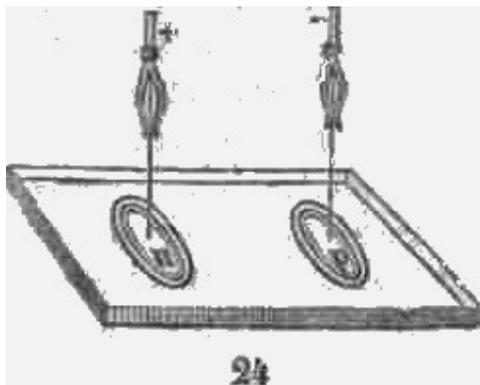
di metallici, e per ciò vi si forma sopra un deposito di calce e di magnesia. Si videro per conseguenza i vascelli di cui il rame era salvato col metodo di Davy dall'ossidazione, ricoprirsi di grosse incrostazioni calcaree su cui si deponavano conchiglie, ostriche, ecc. Questo strato rendeva grandissima la resistenza incontrata dal vascello nel suo movimento, e tanto era il male così prodotto che l'Ammiraglio decise non potersi adottare il metodo di Davy che per i bastimenti che stanno fermi nei porti.

Il processo di Davy è tuttavia sempre di grande importanza, e si applica frequentemente allorchè si hanno delle verghe o dei tubi di rame immersi nell'acqua o nel terreno umido; così per quella porzione della verga del parafulmine che pesca nell'acqua, si usa sempre di difenderla dall'ossidazione col-l'unirvi un pezzo di zinco.

Diciamo finalmente della colorazione dei metalli ottenuta dal Nobili colla corrente, e da esso chiamata *metallo-cromia*. Nel fondo di una cassula di vetro o di porcellana si mette una lamina metallica che può essere di platino, di acciaio, d'argento, d'ottone, ecc. alla quale è saldato un lungo filo di rame. Si ricopre questa lamina di uno strato alto poche linee, di una soluzione d'acetato di piombo: s'immerge nel liquido e alla distanza di appena mezza linea dalla lamina, un filo sottile di platino. Se allora è stabilita la comunicazione della lamina col polo positivo, e del filo di platino col polo negativo di una pila di 12 o 15 elementi alla Wollaston di piccola superficie, si vedranno dopo pochi secondi apparire sulla lami-

na, diverse iridi concentriche di colori vivissimi e brillanti, come quelli delle penne della coda del pavone. Queste iridi nascono le une dentro alle altre quasi incalzandosi a modo delle onde: i colori sono tanto più vivi quanto più è lucente e levigata la lamina, che si è adoperata.

Quanti sono i fili negativi adoperati, altrettanti sono i sistemi circolari di iridi che si producono sulla lamina e tutti hanno per centro costante il punto che corrisponde verticalmente al filo. Se i fili negativi sono prossimi, i cerchi non si sormontano; si schiacciano invece nelle parti interne, e sembrano quasi fuggirsi. Se fra le due punte o i due fili negativi s'interpone una lastra di vetro, gli anelli colorati si formano allora regolarmente anche



nella parte interna. Quando la lamina è negativa e il filo positivo, mancano i cerchi colorati colla soluzione d'acetato di piombo. Adoperando invece l'acetato di rame, le iridi si producono sulla lamina negativa, e specialmente sull'argento: da primo apparisce un cerchio nero,

poi uno giallo, poi un terzo nero, indi uno di rame puro, e così di seguito. Affine di avere le due apparenze o iridi sopra una stessa lamina, si adopera una soluzione composta di acetato di rame e di piombo. Si colloca la lamina metallica, sopra cui si vogliono produrre gli anelli colorati, nel fondo del recipiente che contiene la suddetta soluzione. Due fili di platino terminati in punta sono immersi nel liquido, in modo da essere assai prossimi colla loro punta alla lastra. La disposizione la più comoda per queste esperienze è quella immaginata dal Nobili stesso, consistente in due pinzette d'ottone fissate a due bracci metallici, i quali possono alzarsi ed abbassarsi con un movimento di cremagliera. I fili di platino sono fissati a queste pinzette, e sono tutti ricoperti di vernice meno che sulla punta.

La corrente elettrica che circola nel liquido da una punta all'altra passa in parte anche per la lamina metallica, per lo che si generano due poli secondari sui punti della lamina più prossimi alle punte di platino. È quasi inutile di dire che il polo secondario della lastra che è sotto la punta comunicante col polo positivo è negativo, e *viceversa* per l'altro.

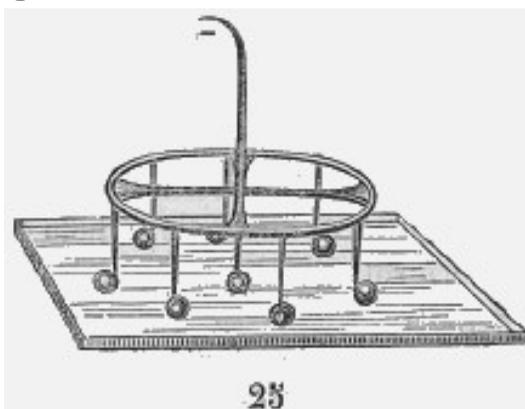
Volendo una sola serie di anelli colorati basta di toccare direttamente la lamina con uno dei fili di platino.

In ogni caso si usa una corrente assai debole per ottenere dei colori ben distinti: con una corrente troppo forte i corpi precipitati in veli sottili sulla lastra e che formano quei colori, sono irregolarmente distribuiti, e si

guastano troppo presto.

Nobili era giunto a distribuire questi colori in modo così regolare da poterne comporre dei disegni; forse nella speranza di riescire un giorno a fare un'applicazione molto utile della sua scoperta alle arti, tenne sempre nascosto il processo che egli adoperava nell'eseguire questi disegni.

Disgraziatamente i colori così formati sono di una grande instabilità, e non resistono che poco tempo allorchè sono esposti all'atmosfera.



Molte lamine colorate a rosone con disegni assai eleganti lasciate da quel Fisico, se non fossero ricoperte con lastre di vetro e conservate in luogo asciutto non presenterebbero più quelle eleganti apparenze.

Non sarebbe difficile d'immaginare le maniere con cui questi diversi disegni possono ottenersi. Volendo, a cagion d'esempio, un rosone ad occhi di pavone, con un bell'anello colorato al centro, basta di avere al polo ne-

gativo non più una punta sola, ma una serie di punte distribuite sulla periferia di un circolo, come in una ruota dentata: con una punta sola si fa poscia l'anello del centro. I colori di questi anelli si fanno variare prolungando più o meno il passaggio della corrente. Volendo gli anelli non circolari, ma schiacciati od elittici, basterà che la punta negativa che guarda la lamina sia tenuta obliquamente o si termini in punta smussata. Se si vuole un anello assai largo si userà un disco metallico invece di una punta.

Becquerel ha cercato dopo il Nobili, di perfezionare i metodi adoperati dal fisico italiano, proponendosi specialmente di ottenere meglio fissati e più stabili quei colori.

Becquerel ha tentato di raggiungere questo risultato facendo deporre sopra la superficie metallica per mezzo dell'elettricità certi ossidi che, come sono il perossido di piombo e di ferro, resistono all'aria. A questo fine Becquerel prepara una soluzione di 200 grammi di potassa caustica in 2 litri d'acqua distillata, a cui aggiunge 150 grammi di litargirio o di protossido di piombo. Questa dissoluzione è adoperata dopo averla fatta bollire per mezz'ora. Si versa questa soluzione in un cilindro di porcellana o terra cotta simile a quella della pila di Daniell, e il cilindro s'immerge poscia nell'acqua acidulata con 1/20 d'acido nitrico.

Si fa pescare nel liquido acido una lamina di platino che comunica col polo negativo della pila, mentre il

pezzo che si vuol coprire col perossido di piombo, s'immerge nella soluzione preparata colla potassa e col litargirio dopo averlo messo in comunicazione col polo positivo della pila.

Il ferro, il rame, l'argento, ecc. che sono stati ben puliti prima di sottoporli all'esperienza, si ricuoprono in pochi minuti di uno strato di perossido di piombo che ha un bel color nero con una tinta bruna, resistente al pulimento col rosso inglese.

Volendo deporre uno strato di perossido di ferro si discioglie prima il protossido coll'ammoniaca.

Becquerel ottiene degli strati di diversi colori sull'oro assai resistenti, adoperando la soluzione descritta di protossido di piombo e di potassa, e una corrente assai debole, cioè di uno o due elementi.

Prolungando più o meno il passaggio della corrente si vede lo strato del perossido passare per la serie dei colori, rosso, aranciato giallo, verde bleu, indaco e violetto successivamente.

Sembra che per riescire in queste colorazioni tutta l'arte consista nel preparare bene (*decaper*) il pezzo: perciò si deve pulire prima col rosso inglese sino a che sia ben lucente, per poi passarlo in un bagno di potassa bollente.

Concluderemo non essere anche noto che questo metodo del signor Becquerel siasi convertito in una vera arte industriale.

Lezione settima — *Calore e luce sviluppati dall'elettricità.*

Prima di descrivere le applicazioni all'industria fatte o tentate dei fenomeni di riscaldamento e di luce prodotti dall'elettricità, comincerò dall'espervi brevemente le leggi di questi fenomeni.

È stabilito oggi dalle molte esperienze di Joule, di Edmondo Becquerel e del prof. Botto che la quantità di calore svolta dalla corrente in un filo metallico o in un liquido qualunque, è proporzionale al quadrato dell'elettricità che vi passa in un dato tempo, ed è in ragione inversa della conducibilità del filo o del liquido.

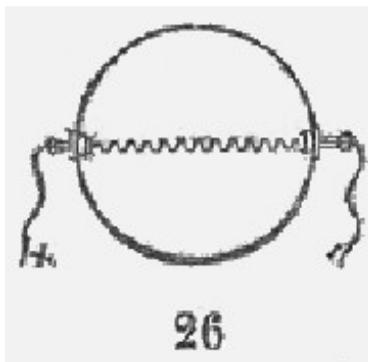
È facile di dimostrare coll'esperienza, facendo passare una corrente elettrica in una specie di catena formata con tanti pezzi di fili metallici diversi saldati insieme, che il riscaldamento maggiore si produce sempre nei punti delle unioni e nei metalli più cattivi conduttori dell'elettricità.

Questo riscaldamento è tanto forte, allorchè è grande il numero delle coppie della pila, da fondere e volatilizzare i corpi i più refrattarii.

Il signor Jaquelin, e più recentemente Despretz, facendo passare la corrente di una pila di 40 a 50 sino a 600 elementi di Bunsen attraverso a punte di carbone o di grafite, riescono a riscaldare talmente questi due corpi da renderli in uno stato di quasi fusione. Le estre-

mità delle punte di carbone fra le quali si è fatta passare la corrente di una pila molto forte si veggono semifuse, di un'apparenza cristallina, ed hanno acquistata la durezza del diamante.

Lo stato d'incandescenza in cui è mantenuto un filo di platino percorso dalla corrente di due soli elementi di Grove, se questo filo è assai sottile, può servire, come il Grove stesso lo ha proposto, a formare una lampada di sicurezza per i minatori del carbon fossile. A questo fine il filo di platino è piegato a spirale ed i di lui capi sono congiunti con



due grossi fili di rame. La spirale è fissata nell'interno di un cilindro o globo di vetro dalle pareti del quale per mezzo di ghiere di ottone escono i fili di rame. Una corrente di due coppie di Grove, fatta passare per questo filo, lo rende talmente incandescente da potersi facilmente illuminare una piccola stanza o alcuni punti dell'interno di una miniera. Le due coppie di Grove adoperate in quest'esperienza possono agire molte ore senza che la corrente diminuisca sensibilmente d'intensità, e persistendo quindi l'incandescenza del filo.

Ignoriamo se la lampada descritta, sia stata anche messa in pratica, e se meglio convenga della lampada di sicurezza di Davy, che in qualche caso non corrispose

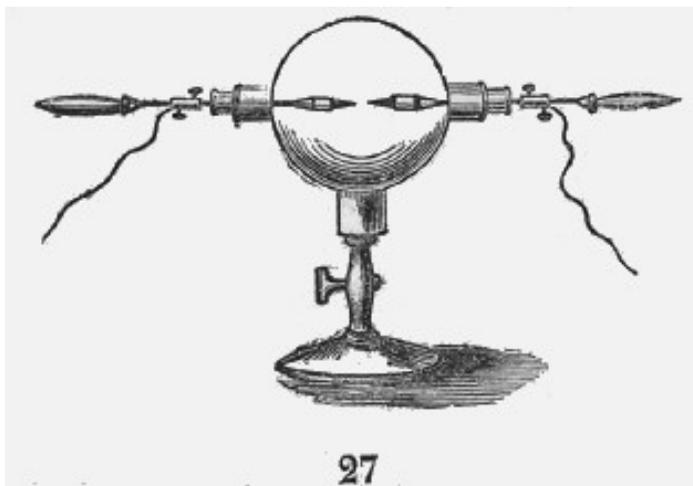
alla denominazione ricevuta.

Lo stesso Grove è riuscito in questi ultimi tempi ad ottenere dal calore svolto dalla corrente elettrica in un filo di platino degli effetti chimici che non si sarebbero facilmente preveduti. Fra gli altri dobbiamo citare quello della decomposizione dell'acqua in contatto del platino incandescente: il quale fatto è tanto più singolare in quanto che è noto esser proprietà del platino di ricombinare i due gaz che sono gl'elementi dell'acqua. È impossibile di prevedere sin d'ora tutte le conseguenze che potrà avere nelle azioni chimiche, nelle analisi e sulla molecolare costituzione dei corpi questo modo di ottenere un enorme sviluppo di calore.

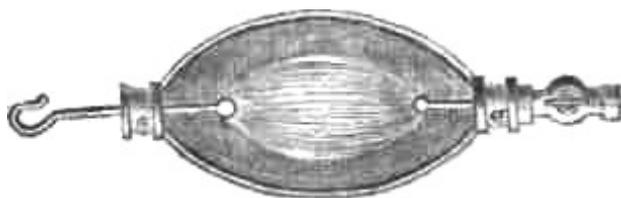
I fenomeni luminosi della corrente elettrica meritano un più lungo esame. Non vi è più alcuno che ignori i tentativi che si sono fatti in questi ultimi tempi per illuminare le piazze ed i teatri colla luce elettrica. Non dimenticherò mai a questo proposito l'impressione fattami dall'illuminazione viva ed improvvisa di un gran giardino, vista presso il signor Gassiot in Londra, ed ottenuta con una pila di 100 elementi di Grove.

Davy è l'inventore di questa bella esperienza, che poi fu in seguito ripetuta e variata da Daniell, De la Rive, Bunsen, Grove e da Fizeau, Foucault e Despretz in questi ultimi tempi. L'esperienza riesce facilmente, facendo terminare i due reofori della pila con due pezzi di quel carbone che rimane nelle storte dopo la preparazione del gaz illuminante, ridotti in punte coniche.

Davy faceva l'esperienza nel vuoto, ma in seguito si tentò nell'aria con eguale, se non con migliore successo. Al momento in cui si chiude il circuito di una pila toc-



cando assieme le due punte di carbone, unite ai reofori, l'elettricità comincia a passare, e le due punte divengono incandescenti. Allora allontanando lentamente le due



punte l'una dall'altra, un arco luminoso si forma e persiste anche quando l'intervallo fra le due punte, giunge ad essere di molti centimetri. Bunsen con una pila di 48 dei suoi elementi ha ottenuto un arco luminoso lungo 7 mil-

limetri, e che produceva una luce eguale a quella delle fiamme riunite di 572 candele steariche. Lo stesso Bunsen ci assicura che per lo spazio di un'ora questa luce rimase costante, e che il consumo per ottenerla non fu che di tre decigrammi di zinco, di quattro d'acido solforico e di sei d'acido nitrico; lo che porterebbe la spesa di questa luce elettrica a circa un franco.

Anche Grove ha cercato di determinare il prezzo della luce elettrica ottenuta da un certo numero delle sue pile: 50 di queste pile sarebbero secondo i suoi calcoli mantenute in azione colla spesa di 2 fr. 50 per ora, e produrrebbero una luce di cui l'intensità, sarebbe 1444 volte maggiore di quella della fiamma d'una candela stearica.

Fizeau e Foucault sono i fisici a cui si devono le esperienze le più istruttive sulla luce elettrica. Immaginarono questi fisici di paragonare l'intensità della luce elettrica a quella del sole e della fiamma del miscuglio del gaz ossigene e idrogene in presenza della calce. Il processo con cui fecero questi confronti si fondava sull'azione chimica delle varie luci, e a questo fine esponevano a queste luci e per un vario tempo delle lamine d'argento preparate col metodo di Daguerre.

Ecco i risultati principali ottenuti da questi fisici: chiamando 100 l'intensità della luce solare alle ore dodici di un giorno sereno d'aprile, l'intensità della luce elettrica ottenuta da 46 coppie della pila di Bunsen era espressa da 235, e quella di una pila di 80 elementi da 238. Confrontando invece la luce prodotta da due pile

ambedue di 46 coppie, ma diverse nell'estensione della superficie dello zinco e del carbone, si trovò, che da quella di cui la superficie era presa per unità, si aveva 235 di luce, e che da quella di una superficie tripla, la luce era espressa da 385. Dal che si vede che può, almeno temporariamente, ottenersi colla pila una luce di cui la intensità sia poco meno della metà di quella del sole.

Quanto alla luce della fiamma del miscuglio dell'ossigene e dell'idrogene spinta contro la calce caustica e anidra, la sua intensità sarebbe assai piccola in paragone a quella dell'elettricità, essendo espressa da 6,85.

Dobbiamo però fare notare che non possono prendersi questi risultati come interamente esatti, essendo oggi ben dimostrato, che l'intensità chimica di una luce non è sempre proporzionale alla sua intensità ottica.

Aggiungeremo finalmente che Despretz con una pila di 600 coppie di Bunsen ha ottenuto un arco luminoso lungo 183 millimetri.

Questi risultati bastarono a far nascere il pensiero d'illuminare delle grandi piazze colla luce elettrica; e a Londra e a Parigi si fecero esperienze di questo genere. Il macchinista Deleuil tentò l'illuminazione della gran piazza della Concordia con 100 pile di Bunsen, e narrano tutti coloro che assistarono a questa esperienza che la luce era così viva da potersi leggere distintamente a cento piedi di distanza dalla sorgente luminosa lo scritto il più minuto. Disgraziatamente però la luce non rimaneva costante. Sembra che il grave ostacolo di questa applica-

zione consista appunto nell'alterazione che soffrono le estremità di carbone, per cui la luce è incerta, e manca anche interamente qualche volta.

Si tentarono in seguito delle estremità metalliche in luogo di quelle di carbone; parve che l'intensità della luce fosse in qualche caso più forte che col carbone, ma non più regolare. Il carbone che rimane dopo la distillazione del carbon fossile nelle storte che servono alla preparazione del gaz dell'illuminazione è tuttavia il corpo che ha dato i migliori risultamenti.

Un'applicazione già dimostrata possibile e molto utile della luce elettrica è quella fatta dai signori Donnè e Foucault, e più recentemente dagli abili costruttori Soleil e Dubosque, sostituendola alla luce solare nel microscopio. Ricordo con molta soddisfazione di aver assistito ad una serie di osservazioni fatte con un microscopio illuminato dalla luce elettrica dal sig. Foucault, e posso asserire che non ho mai visto col microscopio solare meglio che con quello che era illuminato dalla luce elettrica. Onde ottenere la costanza e l'uniformità della luce, i signori Donnè e Foucault hanno immaginato di fissare le due estremità del carbone a due pinzette metalliche mobili per mezzo di una cremalliera, affinché le due punte possano essere convenientemente aggiustate.

L'esperienza a cui ho assistito ha durato non meno di due ore, senza che vi sia stato bisogno, nè di rinnovare le punte di carbone nè di variare menomamente la pila. Lo stesso sig. Foucault e il Dubosque in Francia e il sig.

Staito a Londra hanno immaginato quasi contemporaneamente un apparecchio assai semplice onde mantenere costante la distanza fra le due punte di carbone a misura che si consumano. I due carboni consistenti in due lunghe aste prismatiche, sono montati orizzontalmente e allo stesso livello, e portati sopra due sostegni che scorrono stabilmente in due scannellature. Questi due sostegni sono spinti l'uno contro l'altro per mezzo di due molle, che per essere di una forza disuguale, rendono più veloce il movimento del polo positivo di quello del negativo. Intanto questi due sostegni, e quindi le due punte di carbone, sono ritenute da un filo che le congiunge ad un movimento d'orologeria, di cui la ruota di scappamento è fissata da un arresto che obbliga tutto il sistema a rimanere in riposo. Tolto questo arresto, il movimento d'orologeria si mette in azione e i due sostegni colle due punte di carbone cominciano a muoversi colle loro velocità rispettive.

Onde rendere costante la distanza fra le due punte di carbone che vengono via via consumandosi, basterebbe dunque di poter sopprimere o ristabilire l'arresto della ruota di scappamento, quando la distanza interpolare fosse troppo grande o giusta. Nell'apparecchio del signor Foucault questa funzione si compie per mezzo dell'elettricità stessa, la quale circolando in una spirale di filo di rame intorno ad un pezzo di ferro dolce, può convertirlo in una calamita di cui la forza sarà varia secondo l'intensità della corrente. Se dunque questa elettro-ca-

lamita temporaria è disposta in prossimità del movimento d'orologeria e in maniera da agire sopra un pezzo di ferro mobile, che è l'arresto della ruota di scappamento, accadrà che se il magnetismo è forte la ruota sarà trattenuta e che sarà invece lasciata libera se il magnetismo sarà debole. Allorchè i carboni si trovano via via più distanti per la combustione delle loro estremità, la corrente elettrica diviene debole, e quindi debole è il magnetismo, per cui rimangono liberi i carboni nel loro avvicinamento. Se invece il magnetismo fosse troppo forte, come avviene colle punte troppo vicine, agirebbe allora l'arresto per impedire un maggior avvicinamento dei carboni.

Questo apparecchio del signor Foucault fu visto in azione dai signori Dumas e Regnault commissarii dell'Accademia e fu dai medesimi molto lodato.

Confesseremo però che, malgrado questi importanti perfezionamenti portati al processo dell'illuminazione colla luce elettrica, non è anche conosciuto che l'applicazione del medesimo sia stata fatta con costanza e con vantaggio: temiamo anzi che ciò possa verificarsi, per l'incertezza del risultato, qualora dovesse l'operazione descritta mettersi nelle mani di persone non abituate alle esperienze, per il caro prezzo al quale si produce la luce elettrica coi metodi attuali di confronto a quello della luce del gaz, e per essere una luce così intensa come quella che solamente può convenire di produrre coll'elettricità, non adattata che in rare località, come sono i

grandi fanali e soprattutto quelli dei porti di mare che richiedono un inmittenza regolare.

Aggiungeremo ancora che Boussingault e De la Rive hanno immaginato di costruire ad uso delle miniere una lampada da sostituirsi a quella di sicurezza di Davy, e nella quale la luce sarebbe prodotta da un piccolo arco luminoso ottenuto colla corrente di alcune coppie di Grove o di Bunsen, fatta passare al solito, fra due punte di carbone convenientemente fissate in un recipiente di cristallo perfettamente chiuso.

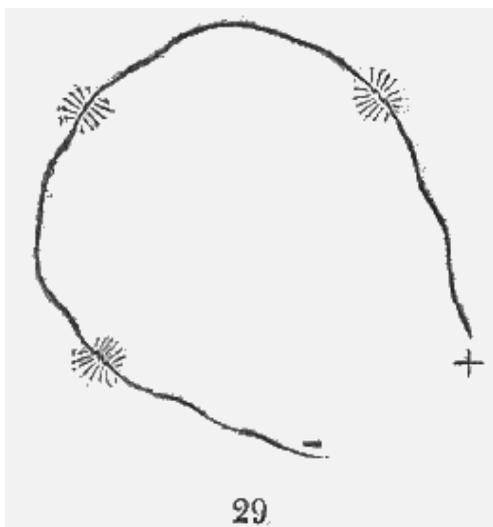
Non è a nostra cognizione se questa lampada elettrica o quella ottenuta coll'incandescenza del filo di platino che già vi descrissi, siano anche state messe in pratica; ma non esitiamo a credere che qualora si potesse ottenere dal filo di platino incandescente una luce bastantemente intensa, questo metodo sarebbe più costante e più certo nei suoi effetti, e quindi preferibile all'altro delle punte di carbone.

Non abbandoneremo il soggetto di questa lezione senza dirvi una parola dell'uso della scintilla elettrica per l'accensione della polvere e dei miscugli gassosi esplosivi.

Si sa che chiudendo il circuito di una pila formato di un filo metallico lungo anche cento o due cento o più chilometri, i fenomeni elettrici appaiono sensibilmente nell'istesso tempo in tutti i punti di questo filo. Wheatstone immaginò un'esperienza dalla quale veniva dimostrato che l'elettricità si propagava in un filo di rame con

una velocità maggiore di quella con cui la luce si propaga negli spazi celesti. Quantunque questo risultato sia contraddetto da alcune recenti esperienze, non è però meno vero che è grandissima la velocità con cui si propagano i fenomeni elettrici.

Immaginiamo ora un arco metallico interrotto in vari punti della sua lunghezza, in maniera che in ogni interruzione le due estremità prossime dell'arco si trovino ad

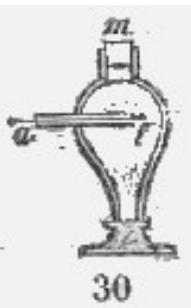


una piccola distanza, e sarà chiaro che facendo passare la scarica di una batteria di Leida attraverso ad esso si vedrà la scintilla scoccare in tutti i punti delle interruzioni nello stesso tempo. Se quei punti fossero molto vicini, non vedremmo che una luce sola, come appunto accade nella scarica delle nuvole temporalesche.

Facciamo ora che un poco di polvere da schioppo o una sostanza fulminante qualunque, o una certa quantità

di miscuglio gazofo esplofivo, come succede nella pistola di Volta (fig. 30) si trovino nei luoghi delle interruzioni del filo: allorchè la scarica avrà luogo, anche l'accensione si produrrà in tutti i punti nello stesso tempo. Ora si comprende facilmente che l'azione meccanica di queste forze esplosive, applicate nello stesso tempo a vincere una data resistenza, sarà di un effetto molto più grande di quello che si potrebbe ottenere se quelle forze agissero separatamente.

Un'esperienza di questo genere fu, non è molto, tentata con buon successo in Inghilterra. Si trattava di far saltare col mezzo delle mine un gran masso di calcare in una cava presso Queensferre. Si praticarono molte mine nella montagna e tutte si fecero scoppiare nello stesso tempo, accendendone la polvere colla scintilla elettrica nella maniera che si è detta. Si vide allora un masso, che non era meno di 3780 piedi cubi e che pesava oltre 260 tonnellate, come di un sol colpo staccato dalla sua base e rigettato in frantumi.



Un'esperienza dello stesso genere si suol fare in una gran sala dell'*Adelaide Gallery* a Londra, usando la scintilla elettrica per accendere il gaz. Alle pareti di una gran sala sono fissati molti becchi a gaz, e tutto è disposto perchè questo gaz sia acceso dalla scintilla elettrica. Una stessa scarica elettrica traversa un filo metallico ben isolato ed interrotto in tutti quei punti dove esce il

gaz; la scintilla scocca in ogni interruzione ed il gaz si trova acceso nello stesso tempo in tutti i punti. Si ottiene così un risultato assai sorprendente, che è quello di passare improvvisamente dalla completa oscurità ad una vivissima illuminazione.

Sopra questa proprietà della scintilla di accendere il gaz idrogene si fonda un *accendilume*, che perciò dicesi elettrico, e che ha per la prontezza e per la semplicità dell'operazione un certo vantaggio sui diversi modi oggi usati per avere prontamente una fiamma. Col mezzo di un elettroforo, che si conserva carico per molti giorni, si ottiene la scintilla necessaria per accendere l'idrogene; questo gaz, con una disposizione molto ingegnosa ed elegante, è svolto da un pezzo di zinco che è sospeso nell'interno di una campana immersa nella soluzione acquosa di acido solforico. L'idrogene sviluppato scaccia il liquido dalla campana, toglie lo zinco dal contatto del liquido acido, e rimane così soggetto alla pressione del liquido esterno, per cui all'aprirsi del *robinet* fissato nella sommità della campana, il detto gaz esce con molta velocità: il *robinet* è così combinato che nel momento in cui s'apre ed esce il gaz, anche la scintilla dell'elettroforo scocca a traverso al gaz e lo accende.

Se mai la meccanica giungerà a poter regolare e così utilizzare la forza elastica enorme che si produce nell'accensione del miscuglio esplosivo, è molto probabile che l'uso della scintilla elettrica sarà preferibile agli altri modi d'accensione.

Il signor Selligie fece alcuni anni sono qualche tentativo di questo genere, e quando si pensa che pochi centimetri cubi di quel miscuglio sviluppano nell'accendersi una forza elastica capace di scagliare all'altezza di molti metri varie centinaia di chilogrammi, per essere il vapor acqueo così formato istantaneamente innalzato alla temperatura del color rosso, non si deve essere sorpresi delle speranze tante volte concepite, e degli sforzi fatti onde utilizzare questa potenza motrice.

La pila sola potrebbe bastare per produrre il miscuglio gazofo colla decomposizione elettro-chimica dell'acqua, e per accenderlo successivamente, se questo miscuglio fosse portato in contatto di una spirale di platino mantenuta incandescente dalla pila medesima. La difficoltà non è dunque nel produrre a poco prezzo questa forza, giacchè facilmente si potrebbero immaginare apparecchi coi quali sviluppare ed accendere il miscuglio esplosivo con una sola pila. La difficoltà grande consiste nel poter moderare e regolare questa forza, che si genera interrottamente e che comunica urli violentissimi alla macchina.

Lezione ottava — *Principii generali dell'elettricità dinamica.*

Dovrei incominciare con questa lezione a parlarvi di quelle applicazioni dell'elettricità che sono, almeno nell'epoca presente, dimostrate le più importanti da una pratica estesa e prolungata, e che si fondano sull'azione elettro-magnetica della corrente. Dovrei cioè intrattenervi dei telegrafii elettrici e dei motori elettro-magnetici; ma affinchè lo studio di questo soggetto vi riesca facile e veramente profittevole, credo necessario di premettere l'esposizione dei principii generali dell'elettricità dinamica.

Fin dalle prime lezioni vi tenni discorso delle sorgenti dell'elettricità e dei fenomeni principali dei corpi elettrizzati. In tutti quei casi in cui corpi di natura diversa sono avvicinati a quelle piccolissime distanze nelle quali si esercitano le affinità chimiche, insorgono fenomeni elettrici: altrettanto avviene fra due corpi omogenei od anche di diversa natura benchè non messi nelle condizioni di combinarsi assieme, purchè vi sia o s'ingeneri fra loro una differenza nella temperatura o nella loro densità o nello stato relativo delle loro disposizioni molecolari. In tutti questi casi, e per l'effetto di queste varie azioni elettro-motrici, i corpi mostrano delle proprietà nuove, le quali principalmente sono caratterizzate dagli stati elettrici contrarii che temporariamente si svegliano

in essi e che cessano col manifestarsi dei fenomeni della corrente o della scarica elettrica.

Seguendo l'ipotesi fondata sulle maggiori analogie, possiamo rappresentarci l'attrazione elettrica che si spiega fra i corpi che hanno uno stato elettrico contrario, come dovuta ad una proprietà inerente, da una parte alle molecole della materia ponderabile e dall'altra a un fluido eminentemente elastico. Nei corpi allo stato naturale, le molecole ponderabili e questo fluido elastico sono in uno stato d'equilibrio: l'affinità chimica, la pressione, la confricazione, la diversa temperatura distruggono temporariamente questo equilibrio, privando uno dei corpi di una parte di questo fluido ed accrescendone l'altro. Finalmente, secondo la varia natura dei corpi questa nuova distribuzione fra il fluido elettrico e la materia, si conserva più o meno lungamente, e quindi i fenomeni dell'elettricità libera o di tensione sono più o meno grandi, secondo che è più o meno facile il ristabilimento del primitivo equilibrio. E per parlarvi meno astrattamente, prenderemo a considerare alcuni casi particolari di sviluppo di elettricità. Allorchè si confricano assieme un tubo di vetro ed un nastro di seta, che sono due corpi cattivi conduttori dell'elettricità, nei quali cioè, è grande l'attrazione fra il fluido elettrico e la materia ponderabile, per cui oppongono una grande resistenza a separarsi fra loro e quindi anche a rimettersi in equilibrio una volta separati, si ottengono e persistono lungamente i fenomeni della tensione elettrica: vedesi insorgere l'attrazio-

ne fra il fluido elettrico raccolto in maggior quantità sul vetro e la materia circostante allo stato naturale, e così generarsi l'apparenza di una forza repulsiva fra le parti del vetro elettrizzato o che comunicano con esso. Nel pezzo di seta, mancando il fluido elettrico, evvi attrazione fra le sue parti e i corpi circostanti, ed anche in questo caso si può risguardare la ripulsione apparente che fra le sue parti si dispiega, come l'effetto di una vera attrazione fra le sue molecole ponderabili prive di elettricità ed i corpi circostanti allo stato naturale.

Se questo disequilibrio elettrico fosse invece accaduto fra metalli e metalli, fra metalli e liquidi, cioè fra corpi buoni conduttori e nei quali è debole l'attrazione fra la materia ponderabile ed il fluido elettrico, l'equilibrio si sarebbe presto ristabilito, per cui non i fenomeni della tensione elettrica, ma quelli della scarica o della corrente elettrica si sarebbero subito manifestati. In fatti l'esperienza dimostra che colla pressione o colla confricazione o colla differenza di temperatura fra i metalli, non si ottengono mai persistenti fenomeni di tensione elettrica, ma sempre quelli della scarica o della corrente. E se invece di considerare questo disequilibrio elettrico, generato fra corpi cattivi conduttori colla pressione o colla confricazione, cioè con azioni necessariamente intermittenti e che impiegano un certo tempo a prodursi, prendiamo a considerarlo fra corpi conduttori e allorchè è dovuto ad una forza continua, quale è l'affinità chimica, intenderemo, come questo disequilibrio debba in essi

continuamente distruggersi e riprodursi, in modo che delle quantità grandissime di elettricità sono in tempi anche piccolissimi messe in movimento, senza potersi mai raccogliere in quantità sufficienti da produrre quei fenomeni di tensione che da azioni molto più deboli si generano nel seno dei cattivi conduttori.

La dimostrazione sperimentale di queste verità si troverà facilmente, paragonando assieme i fenomeni di riscaldamento e di decomposizione elettro-chimica che si ottengono dalla scarica di una grande batteria di Leyda e da una piccolissima coppia voltaica, nella quale si ossida una quantità pure piccolissima di zinco. Con questa seconda sorgente di elettricità si può ottenere per molti minuti, e coll'ossidazione di qualche milligrammo di zinco, una quantità equivalente di acqua decomposta, e si può mantenere un filo di platino traversato dalla corrente stessa allo stato d'incandescenza, mentre i segni della decomposizione elettro-chimica operata dalla scarica della grande batteria saranno appena sensibili e il filo di platino apparirà luminoso e incandescente per un tempo infinitamente piccolo. La differenza fra gli effetti elettrici delle due sorgenti, consiste dunque nella tanto più grande quantità di elettricità messa in movimento dalla pila, di quella che si ottiene dalla scarica quasi istantanea della batteria: nella pila le scariche si succedono con una grandissima rapidità, e le elettricità sviluppate non possono mai rimanere separate ed acquistare una certa tensione. Se questo non fosse, potrebbe as-

serirsi che una azione chimica, anche debolissima, sarebbe capace di svolgere delle quantità di elettricità tanto grandi, quanto lo sono quelle che costituiscono i grandiosi fenomeni delle nubi temporalesche.

Aggiungerò ancora, onde non lasciarvi alcun dubbio sopra questi principii generali di elettro-dinamica, che possono dalla pila ottenersi dei fenomeni di tensione elettrica, accrescendo grandemente il numero delle coppie, come si hanno gli effetti della corrente elettrica dall'elettricità sviluppata per la confricazione, qualora si usi una macchina molto potente.

E in fatti da una pila ben isolata dal suolo e di tre o quattro mila elementi si può ottenere una serie non interrotta di scintille, allorchè si avvicinano ad una certa distanza, che è perfettamente misurabile, gl'archi metallici che comunicano coi suoi poli; e mentre persistono queste scintille, che provano evidentemente gli stati elettrici contrarii delle estremità della pila, si hanno nel circuito gli effetti elettrochimici e gli elettro-magnetici.

Questi medesimi risultati si ottengono pure dalla macchina d'Armstrong, che vi fu descritta nella seconda lezione, congiungendo con un arco metallico la caldaia isolata ed il conduttore immerso nel vapore: mentre si vedono lunghe e fragorose scintille, che sembrano all'occhio nostro una luce continua, ma che in realtà sono intermittenti, scoccare nel punto dell'interruzione, si hanno pure nel circuito gli effetti elettro-magnetici e gl'elettro-chimici.

Concluderemo dunque, essere una verità dimostrata dall'esperienza, che quello stato dell'elettricità in movimento, che chiamiamo *corrente-elettrica*, è dovuto ad una successione rapidissima di scariche elettriche, generate e mantenute da una di quelle tante cagioni o sorgenti di elettricità, le quali con un intensità più o meno grande, producono fra la materia ponderabile ed il fluido elettrico, una nuova e temporaria distribuzione di questo fluido diversa da quella che esiste nei corpi allo stato naturale, e che ad intervalli piccolissimi di tempo cessa e si riproduce costantemente, se la forza elettromotrice fa parte di un circuito chiuso e conduttore.

Dobbiamo perciò considerare le due estremità di un arco metallico in comunicazione coi poli di una pila come mantenute in una differenza costante di stato elettrico, per la quale un efflusso di elettricità dovrà stabilirsi fra esse, di cui la velocità sarà varia secondo la natura e la sezione del conduttore traversato e in ragione inversa della sua lunghezza.

La propagazione dell'elettricità a questo modo considerata non differisce, meccanicamente parlando, da quella dell'efflusso del calore in una sbarra, di cui le estremità sono mantenute in una differenza costante di temperatura, se non per potersi prescindere, nel caso dell'elettricità, dalla perdita per l'irraggiamento e pel contatto dell'aria che ha luogo nel caso del calore.

Assumendo dunque per l'elettricità l'ipotesi stessa che si fa per il calore e che è la più semplice, che cioè la

quantità dell'efflusso calorifico fra due punti molto prossimi della detta sbarra, sia proporzionale alla loro differenza di temperatura, Ohm ha dedotto *a priori* la legge fondamentale della propagazione della corrente elettrica, oggi dimostrata da un grandissimo numero di esperienze, che cioè l'intensità della corrente elettrica varia secondo il poter conduttore, ed è proporzionale alla sua sezione ed in ragione inversa della sua lunghezza.

Intendendo per *resistenza* d'un circuito una proprietà contraria e sempre reciproca alla sua conducibilità, ne segue essere la resistenza di un circuito proporzionale alla sua lunghezza e in ragione inversa alla sua sezione.

Partendo da questa legge e facendo variare il numero delle coppie di una pila, la natura e le dimensioni del circuito, si è giunti a dimostrare coll'esperienza questo risultato fondamentale, che cioè l'intensità della corrente o la quantità di fluido elettrico che circola in un dato tempo nella pila e nell'arco metallico che ne congiunge i poli, può sempre esprimersi per la somma delle forze elettromotrici divisa per la somma delle resistenze. La somma delle forze elettro-motrici è sempre data dal numero delle coppie della pila, moltiplicato per la forza elettromotrice di una coppia: la somma delle resistenze è rappresentata dalla lunghezza di un filo metallico di una data sezione e natura preso per unità, e di cui la resistenza eguaglia quella del circuito e dell'interno della pila.

Da queste definizioni e conseguenze delle leggi espo-

ste, potremmo dedurre la spiegazione di molti fatti interessanti alle applicazioni dell'elettricità che dovremo in breve studiare. Ci limiteremo a dirvi succintamente dei più importanti. Essendo l'intensità della corrente espressa dalla somma delle forze elettro-motrici divisa per quella delle resistenze, ne viene che essendo per ogni coppia sensibilmente eguali, la forza elettro-motrice e la resistenza, l'intensità della corrente di una pila di un numero qualunque di coppie, deve essere, ed è di fatto, eguale a quella di una coppia sola, purchè non vi sia nel circuito una resistenza molto grande e paragonabile a quella della pila. In fatti se si usa un grosso e corto filo di rame per chiudere il circuito di una coppia di Bunsen o di Grove, si troverà che la deviazione da quella corrente prodotta nell'ago calamitato, è la medesima di quella che si ottiene usando in vece una pila di 100 o di più coppie. Non è più così se il circuito della pila è formato da un filo metallico molto lungo e sottile e tale in somma che la sua resistenza sia assai più grande della resistenza interna della pila: in questo caso l'intensità della corrente si trova accresciuta col numero delle coppie, e qualora la resistenza del circuito diventi tanto grande da potersi trascurare in confronto di quella interna della pila, l'intensità della corrente crescerà proporzionalmente al numero delle coppie.

Con un eguale semplicità questi principii ci spiegano le differenze presentate dalle diverse pile. Allorquando si paragonano pile di una diversa costruzione e nelle

quali l'elettricità è sviluppata in mezzo a corpi non aventi la stessa conducibilità e per cagioni diverse, non può dedursi che esse hanno la stessa forza elettro-motrice, perciò solo che sviluppano una corrente dell'istessa intensità, ma convien prima determinare e paragonare le loro interne resistenze, e nel caso in cui si trovino di un intensità eguale le correnti da esse sviluppate, si dovrà concludere che le loro forze elettro-motrici sono proporzionali alle loro interne resistenze. Una coppia termo-elettrica di bismuto e di rame, nella quale la resistenza è circa la centesima parte di quella di una pila di rame e zinco e liquido acido, ha pure una forza elettro-motrice tanto più piccola e nella stessa proporzione, di quella della pila idro-elettrica. Perciò è che aggiungendo a queste due pile un circuito di egual resistenza, ne risulta una diminuzione assai diversa nella loro corrente: la pila termo-elettrica avendo una forza elettro-motrice assai minore, è anche molto più diminuita della pila idro-elettrica per la nuova resistenza aggiunta.

Finalmente vi diremo come basti per misurare il poter conduttore di un corpo per l'elettricità e per paragonare la forza elettro-motrice di pile diverse e per risolvere un gran numero di problemi di questo genere, di possedere o un ago calamitato o un apparecchio per raccogliere il gaz idrogene e l'ossigene svolti dalla corrente nel suo passaggio attraverso all'acqua acidulata con acido solforico, e un filo molto fine e lungo di ottone o di altro metallo convenientemente teso ed isolato facente parte del

circuito. Facendo variare in ogni caso la lunghezza di questo filo di ottone, in modo da aver sempre dalla corrente o la stessa deviazione nell'ago o un eguale quantità dei due gaz dell'acqua svolti in un dato tempo, si ottengono colle varie lunghezze di quel filo dei numeri, che rappresentano rispettivamente le varie resistenze introdotte nel circuito o le diverse forze elettro-motrici che vi agiscono.

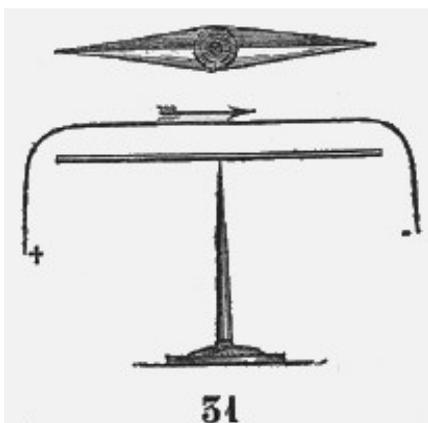
Lezione nona — *Dei fenomeni elettromagnetici, della calamita temporaria e dell'azione universale del magnetismo.*

Onde prepararvi a comprendere le applicazioni dell'elettricità ai telegrafii e ai così detti motori elettromagnetici, mi rimane a dire della grande scoperta di OERsted fatta nel 1820 sull'azione fra la corrente elettrica ed i corpi magnetici, la quale fu in breve tempo completata dalle esperienze di Arago, di Ampère e di Faraday.

Eccovi il fatto fondamentale del celebre Fisico Danese. Supponiamo di aver chiuso il circuito di una pila qualunque con un arco metallico in modo che una corrente di fluido elettrico sia stabilita in questo arco e nell'interno della pila in una direzione determinata e che già abbiamo convenuto di considerare come quella che animerebbe questo fluido nell'ipotesi che muovesse dallo zinco o dal metallo ossidato della pila per entrare nel liquido, e per poi ritornare al punto di partenza traversando l'altro metallo della coppia e indi l'arco metallico. Supponiamo ancora di avere un ago da bussola o calamitato, cioè un pezzo di *calamita* naturale o di acciaio artificialmente calamitato di forma oblunga il quale sia sospeso per il suo mezzo, e mobile in un piano orizzontale. Quest'ago, per una proprietà generalmente conosciuta è tenuto dall'azione magnetica della terra in un

piano determinato, il quale o coincide o differisce di pochi gradi da quello del meridiano e che passa per i poli della terra. Ricorderemo qui un altro fatto ben conosciuto, che cioè avvicinando ai poli di quell'ago, quelli di un altro ago calamitato vi è ripulsione, se le estremità avvicinate sono quelle volte verso lo stesso polo della terra, mentre vi è attrazione accostando quelle estremità che si dirigono verso i poli opposti della terra.

Si prenda nelle due mani il filo metallico percorso dalla corrente e si approssimi all'ago, tenendolo disteso sopra di esso e parallelamente al suo asse. Si vedrà allora l'ago deviare dalla sua posizione e tanto più quanto più il filo gli è avvicinato, oscillare per un certo tempo, e infine fissarsi, facendo un cert'angolo di deviazione col piano del



meridiano da cui è partito, sin tanto che quel filo rimane congiunto ai poli della pila o si tien prossimo all'ago. Ripetasi la stessa esperienza variando la posizione del filo rispetto ai poli dell'ago, cioè volgendo verso il polo nord quella stessa parte dell'arco che prima era rivolta verso il polo sud e viceversa: si vedrà l'ago deviare dello stesso angolo di prima, ma nella direzione opposta. Si

possono ripetere queste due esperienze tenendo il filo percorso dalla corrente sempre nello stesso piano del meridiano, ma al di sotto dell'ago; le deviazioni sarebbero anche in questi due casi dello stesso numero di gradi, ma di direzioni opposte fra loro, e ciò che è assai più singolare paragonando le deviazioni corrispondenti allorchè la corrente sempre diretta nello stesso senso rispetto ai poli è posta or sopra or sotto all'ago, si troverebbero opposte fra loro. Seguitando a studiare l'azione elettromagnetica della corrente, può avvicinarsi il filo conduttore all'ago ora alla destra ora alla sinistra di esso facendo in modo che la corrente sia diretta rispetto ai poli ora dal sud al nord, ed ora dal nord al sud. Allora l'ago non sarà più deviato lateralmente, ma perderà la sua orizzontalità, avendo uno dei poli innalzato e l'altro abbassato, e alternativamente or l'uno or l'altro dei poli subirà questo cambiamento secondo la direzione della corrente.

Basterebbe di neutralizzare l'azione magnetica della terra sopra l'ago calamitato per ottenere anche più distinti gli effetti della corrente elettrica: al che si giunse facilmente coll'avvicinare nella direzione del meridiano magnetico e dell'asse stesso dell'ago una verga calamitata in una posizione contraria a quella in cui essa si metterebbe obbedendo al magnetismo terrestre. Allorchè si è giunti a distruggere l'influenza della terra sull'ago calamitato, si trova, ripetendo l'esperienze che già vi ho descritto, che l'ago non è solamente più o meno deviato

secondo la forza della corrente, ma che in tutti i casi è messo col suo asse normalmente alla corrente stessa. Non è dunque una forza attrattiva o ripulsiva quella che si esercita fra il conduttore e l'ago calamitato, nè uno dei poli è più dell'altro attratto dal fluido elettrico. S'immagini un cilindro metallico percorso dalla corrente e tenuto verticale, e via via si giri intorno a questo cilindro con un ago magnetico sospeso ad un filo sottilissimo di seta per il suo centro e quindi mobile in un piano orizzontale: si vedrà in ogni caso l'ago disporsi tangenzialmente al cilindro e trasversalmente alla sua lunghezza, e sempre fissarsi in equilibrio perpendicolarmente alla normale tirata dalla sua metà al piano che passa per questa linea e per la corrente.

Onde definire interamente il carattere di questa forza singolare che emana dal conduttore percorso dalla corrente, e che può in qualche modo paragonarsi ad una forza che scorra tangenzialmente e in una linea spirale intorno ad esso, mi rimane a dirvi che se s'immagina un osservatore disteso sul conduttore e nel quale la corrente sia diretta dai piedi alla testa, e che abbia costantemente la faccia volta verso l'ago calamitato, la deviazione di quest'ago accadrà sempre in maniera da portare il polo australe verso la sinistra dell'uomo *corrente*: questa formola rappresentativa dell'azione elettro-magnetica si verifica esattamente in ogni caso ed è essa facile a ricordarsi.

Facendo variare la distanza fra l'ago calamitato ed il

conduttore percorso dalla corrente, si è trovato che l'azione elettro-magnetica diminuisce in ragione della semplice distanza. Un mezzo semplice per misurare quest'azione consiste nel contare le oscillazioni che fa un piccolo ago calamitato in un dato tempo allorchè è tenuto a diverse distanze dal conduttore: quanto più la forza elettro-magnetica sarà grande, tanto più grande sarà la rapidità delle oscillazioni, e da quelle stesse leggi del pendolo che servono a misurare la forza attrattiva della terra, e che sono esattamente applicabili ai movimenti dell'ago, si deduce che le forze sono proporzionali ai quadrati dei numeri delle oscillazioni fatte nello istesso tempo.

Si è pure studiata quest'azione elettro-magnetica interponendo in luogo dell'aria fra l'ago calamitato e la corrente, delle lamine metalliche, degli strati liquidi o gasosi, o uno spazio vuoto, e gli effetti trovati non furono diversi nè nella intensità nè nella loro natura da quelli descritti. Finalmente componendo l'arco conduttore percorso dalla corrente con una serie di corpi di forma e natura diversa, come sarebbero cilindri metallici pieni o vuoti, lamine metalliche, e colonne liquide, si trovò che la forza elettromagnetica emanante di questi diversi corpi, era per tutti l'istessa, ciò che equivale a significare, che qualunque sia la natura del corpo, la stessa quantità di fluido elettrico che lo traversi, gli comunica pure la medesima azione elettro-magnetica.

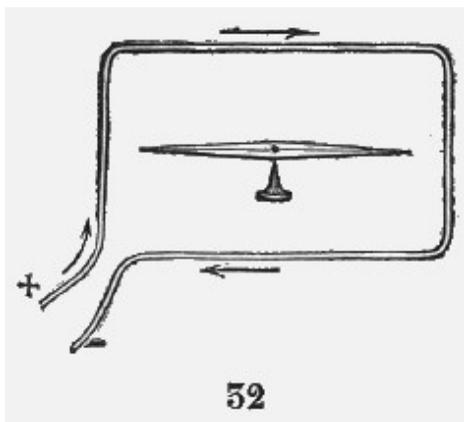
Sin dai primi tempi della scoperta di OErsted si pensò

di misurare la quantità dell'elettricità che percorre un certo arco conduttore, partendo dall'azione elettro-magnetica che essa sveglia.

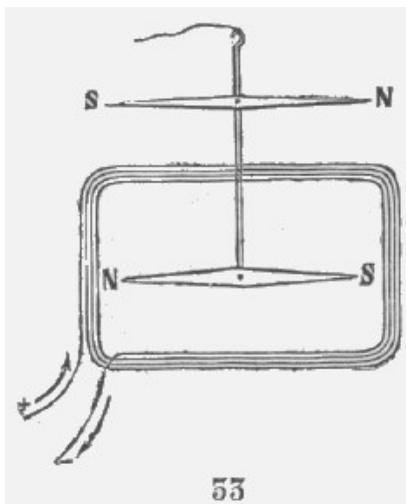
Un metodo semplice, ma che esige troppo tempo ad applicarsi, è quello di già accennato delle oscillazioni dell'ago calamitato in presenza della corrente. Se usando pile di una costruzione diversa o archi più o meno conduttori, si tiene nota in tutti i casi del numero delle oscillazioni che fa nell'istesso tempo un piccolo ago calamitato mantenuto sempre in una stessa posizione rispetto all'arco percorso dalla corrente, si troveranno forze elettro-magnetiche diverse, e se in tutte queste esperienze si è misurata la quantità dello zinco ossidato o disciolto in quel medesimo tempo nella pila, si giungerà alla conclusione importantissima, *che le quantità dello zinco ossidato e le forze elettro-magnetiche generate sono proporzionali fra loro*, per cui gli effetti prodotti dalla corrente sull'ago calamitato servono a misurare le quantità dell'elettricità sviluppate e messe in circolazione.

Anche la deviazione di un ago calamitato soggetto all'azione magnetica della terra, prodotta dalla corrente che percorre un conduttore posto in prossimità e parallelamente all'ago stesso, serve a misurare le quantità d'elettricità che circolano in quell'arco: e se ricorderemo che la corrente, posta al di sopra dell'ago produce una deviazione che è in un senso contrario di quella che ha luogo se questa corrente si trova al disotto, mentre è nel medesimo senso se la sua direzione è in questo secondo

caso invertita, sarà facile di concepire il principio su cui si fonda il *galvanometro* o *moltiplicatore*. S'immagini ripiegato il filo percorso dalla corrente in maniera da formare un circuito rettangolare o ellittico o circolare, e sia l'ago al solito sospeso in mezzo a questo circuito: la direzione della corrente, rispetto all'ago, essendo opposta sopra e sotto all'ago stesso, le forze elettro-magnetiche che emanano da tutti i punti di quel circuito, tenderanno tutte, secondo le leggi esposte, a fare deviare l'ago nello stesso senso. Ora è facile di concepire che questi circuiti rettangolari ellittici o circolari possono ripetersi, e quindi può moltiplicarsi l'azione della corrente sull'ago, qualora si usi un filo metallico coperto di seta o di una altra sostanza qualunque atta ad impedire che, allorchè i diversi circuiti sono in contatto, il fluido elettrico salti dall'uno all'altro, e in vece ad ottenere che quei circuiti siano tutti percorsi separatamente. Con questa disposizione si è trovato, come doveva essere per le leggi già stabilite che la deviazione dell'ago cresceva generalmente secondo il numero dei circuiti percorsi dalla corrente intorno all'ago.

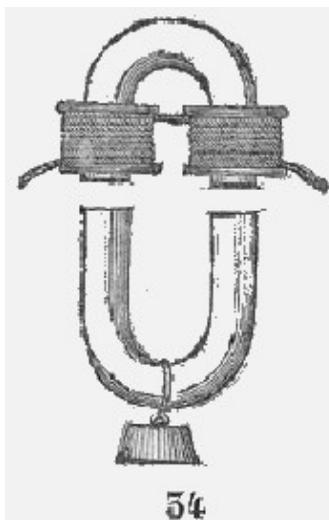


L'uso di un'ago calamitato reso nel modo già descritto indifferente all'azione magnetica della terra, o meglio quello di un sistema di due aghi egualmente magnetici fissati coi poli opposti dalla stessa parte onde distruggere sopra di esso l'influenza terrestre, e collocati nel medesimo piano, l'uno nel mezzo del circuito d'altro al di fuori, sono le due disposizioni che hanno contribuito ad accrescere grandemente la sensibilità del galvanometro: la corrente elettrica anche la più debole basta in quest'istrumenti a deviare grandemente un ago, che non è ritenuto, altro che debolmente dalla forza magnetica della terra in una posizione determinata.



Sin qui abbiamo studiata l'azione della corrente sull'ago calamitato, e quantunque si sia veduto come quest'azione si conservi la medesima qualunque sia la natura del corpo percorso dalla corrente, ci rimane a sapere se quest'azione è sviluppata dal magnetismo dell'ago sulla materia del conduttore così elettrizzato in un modo analogo a quello con cui la calamita agisce sul ferro dolce, sul nichelio o sul cobalto, oppure se essa è propria della corrente elettrica e quindi tale da agire non solo sui cor-

pi già magnetizzati, ma di produrre essa stessa dei fenomeni magnetici. È questa la scoperta con cui Arago e Davy completarono quella di OErsted. Avvicinando il filo metallico percorso dalla corrente alla limatura di ferro dolce, di nichelio, o di cobalto, si vede la limatura raccogliersi in fiocchi e involuppare tutto il filo, e indi cadere prontamente, allorchè il circuito s'interrompe. Non è dunque la corrente elettrica solamente atta a deviare e dirigere un corpo calamitato, ma può svilupparvi



il magnetismo, generarvi i poli in una posizione determinata rispetto alla sua direzione. Tutti i corpi acquistano le proprietà della calamita per quel tempo in cui sono percorsi dalla corrente elettrica: alcuni, come sono l'acciaio e i diversi composti di carbone o di ferro rimangono magnetizzati. Era naturale partendo dalle leggi dell'azione elettro-magnetica che si cercasse di accrescere la proprietà della corrente di sviluppare

il magnetismo, facendola circolare trasversalmente intorno agli aghi o ai cilindri di ferro dolce. A questo effetto si prende un cilindro di ferro che si ripiega nella forma di un ferro da cavallo, indi si avvolge intorno ad esso a spirale e sempre nello stesso senso il solito filo di rame coperto di seta. È meraviglioso a vedersi come nel momento in cui una corrente di poche coppie circola in

quel filo il cilindro di ferro dolce diventa una calamita fortissima atta a sostenere per mezzo della sua àncora di ferro dolce un peso, che è almeno trenta o quaranta volte maggiore del proprio, mentre poi interrotto il circuito, quella forza cessa istantaneamente. Una *calamita temporaria* formata con un cilindro di ferro dolce di otto o dieci centimetri di diametro piegato a ferro di cavallo, intorno a cui sono avvolti a spirale cinque o sei cento metri di un filo di rame piuttosto grosso, può sostenere un peso di 10000 chilogrammi, allorchè circola per questo filo la corrente di una pila di trenta o quaranta coppie di Bensen.

Mi è impossibile di lasciarvi, giunti a questo punto, ignorare interamente quei fatti scoperti da Ampere e da Faraday con cui vennero a completarsi quelli di OErsted e di Arago che già vi ho discritto, e quasi a riunirsi sotto una teoria, che quantunque non sembri destinata a resistere dinnanzi alle più recenti scoperte, non è meno mirabile per la sua semplicità e per i principii meccanici su cui si fonda. Ampère scuoprì, pochi mesi dopo l'annuncio dell'esperienza di OErsted, che tra due conduttori mobili percorsi dalla corrente elettrica e avvicinati parallelamente, si risvegliava un moto ora d'attrazione ora di ripulsione secondochè la direzione delle correnti nei detti conduttori era la medesima o era opposta.

Usando dei conduttori mobili percorsi dalla corrente in presenza delle calamite o sotto l'azione della terra, Ampère dimostrò, come era prevedibile, che le leggi

dell'azione elettro-magnetica si verificavano egualmente come fra il conduttore fisso e l'ago calamitato mobile, che cioè, il conduttore mobile si metteva sempre rispetto alla calamita fissa in una posizione traversa ed in modo che la direzione della corrente fosse tale da trovarsi il polo australe volto alla sinistra della corrente medesima. Quindi immaginando una calamita distesa lungo l'asse della terra e coi poli all'estremità di quest'asse, doveva accadere, come infatti fu, che un conduttore circolare o rettangolare, sospeso verticalmente e mobile, si disponeva, allorchè era percorso dalla corrente, in un piano perpendicolare al meridiano magnetico e avendo la corrente nella sua parte inferiore più prossima alla terra, diretta dall'est all'ovest. E se in vece di un sol circuito così disposto si sospende un conduttore formato a spirale e di cui le spire sieno inclinate fra loro il meno possibile, si vede col passaggio della corrente, questo conduttore, che fu chiamato un cilindro elettro-dinamico, disporsi col suo asse nel meridiano magnetico.

Un tal cilindro presenta dunque tutte le proprietà degli aghi o delle verghe calamitate.

Eguualmente s'intende come avvolgendo intorno ad un globo e nel piano del suo equatore, un filo metallico e tenendo un ago calamitato al di sopra dei diversi punti di questo globo, si abbiano nel momento in cui si fa passare la corrente per il filo, tutti quegli effetti nell'ago che vediamo prodotti dal magnetismo della terra.

L'analogia fra la corrente elettrica ed il magnetismo

veniva così sempre più a stringersi e parve l'identità loro dimostrata, allorchè Faraday aggiunse l'altra grande scoperta dello sviluppo di una corrente elettrica nell'atto in cui una calamita s'avvicina ad un circuito metallico o meglio allorchè s'introduce in un cilindro elettro dinamico di cui le estremità sono congiunte con quelle del galvanometro. Anche in questi effetti chiamati *d'induzione elettro-magnetica* perchè si generano in distanza ed appaiono solamente al principio e alla fine dell'azione della calamita sui circuiti metallici, i cilindri elettro-dinamici percorsi dalla corrente, si comportano come le calamite.

Eccoci dunque alla così della teoria d'Ampère, la quale si fonda sopra le due seguenti supposizioni, che cioè; 1° le molecole delle calamite sono circondate da correnti elettriche, poste in piani tutti paralleli fra loro e in modo da non esservi meccanicamente alcuna differenza fra un cilindro elettro-dinamico e una calamita; 2° che il nostro globo è percorso costantemente da correnti elettriche dirette dall'est all'ovest nel nostro emisfero e in un piano che è quello stesso dell'equatore.

Ammesse queste due supposizioni, è inutile d'insistere per dimostrarvi come da esse discenda la spiegazione di tutti i fenomeni magnetici e degli elettromagnetici di cui vi ho esposto brevemente le leggi principali.

Non è in queste lezioni che posso intrattenermi sulle gravi obiezioni che si fanno a queste due ipotesi d'Ampère: non conosciamo alcun fatto che abbia nemmeno

una lontana analogia con quello supposto delle correnti elettriche molecolari supposte nei corpi magnetici: le correnti istantanee che si sviluppano al principio e alla fine dell'induzione elettromagnetica non hanno in realtà nulla di simile coi fenomeni del magnetismo generato dalla corrente; le due ipotesi d'Ampère dovrebbero moltiplicarsi all'infinito se si volesse estenderle a tutti i casi oggi conosciuti dell'azione universale del magnetismo; nulla vi è infine nella fisica matematica di più oscuro del fatto delle azioni attrattive o repulsive che si svegliano fra due correnti o due conduttori percorsi dall'elettricità secondo la loro diversa direzione.

Per le quali considerazioni tutte obbiettate alla teoria d'Ampère, può intendersi facilmente come regni ancora presso fisici illustri l'idea d'interpretare i fenomeni descritti, colla supposizione che la corrente elettrica converta tutti i corpi che attraversa in tanti aghi calamitati disposti sui conduttori in maniera da esercitare delle azioni dirette trasversalmente ai conduttori stessi.

Ma piuttosto che dilungarmi a discutere vagamente delle ipotesi, amo meglio dar termine a questa lezione coll'esporsi succintamente i fatti principali coi quali Faraday ha dimostrato l'azione universale del magnetismo. Possono ridursi a tre i caratteri più importanti coi quali questa azione universale si rende palese. Uno di questi consiste in certi movimenti vibratorii che si svegliano nelle molecole di tutti i corpi solidi, e specialmente dei corpi magnetici, nel momento in cui vengono assogget-

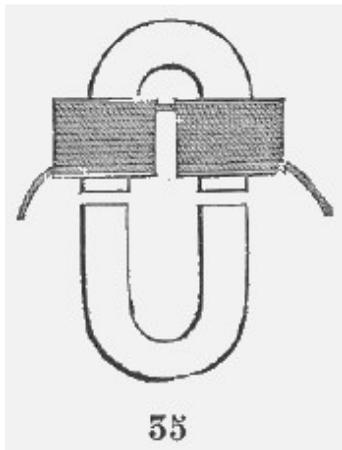
tati all'azione dei cilindri elettro-dinamici o delle calamite, e nel momento in cui questa azione s'interrompe. Dei fili di ferro o di altro metallo, posti in prossimità di una calamita temporaria o nell'interno di un cilindro elettro-dinamico, si mettono in vibrazione e generano un suono, se molto rapidamente si chiude e s'interrompe il circuito per un certo tempo. Un altro carattere di questa azione universale del magnetismo è quello manifestato da certi corpi trasparenti assoggettati all'azione del magnetismo o della corrente elettrica nel momento in cui sono travversati da un raggio di luce *polarizzata*, parallelamente alla linea che congiunge i poli della calamita o normalmente al piano della corrente. Quel raggio che ha nel polarizzarsi acquistato delle proprietà particolari in un certo piano, per cui è ben distinto da un raggio di luce naturale, sotto l'azione del magnetismo perde queste proprietà relativamente a quel piano primitivo e le conserva in un altro piano che fa un angolo col primo più o meno grande secondo la natura del corpo e l'intensità dell'azione magnetica: la deviazione di quel piano avviene ora a destra ora a sinistra secondo la posizione dei poli rispetto al cammino percorso dal raggio polarizzato. L'influenza spiegata sopra questo effetto singolare del magnetismo dallo stato diverso di compressione e di densità del corpo trasparente, dimostra, come per l'azione del magnetismo, sia anche nei corpi non magnetici modificata la struttura e determinato un nuovo stato di equilibrio molecolare che è reso evidente dalla modificazione sofferta dal raggio polarizzato. Finalmente il

terzo e il più universale per così dire degli effetti del magnetismo è quello che consiste nel determinare in tutti i corpi secondo la loro natura ora dei moti di attrazione, ora dei moti di ripulsione, per cui, se i corpi sono di una forma bislunga e sospesi orizzontalmente fra i poli delle calamite, nel primo caso si dispongono col loro asse più lungo nella linea che congiunge questi poli, mentre nell'altro si stabiliscono perpendicolarmente a quella linea. Faraday ha chiamato *magnetici* i primi e *diamagnetici* i secondi. Fra i primi sono, il ferro e i suoi composti anche allo stato di dissoluzione, il nichelio, il cobalto e molti altri metalli, e, ciò che è più singolare, il gaz ossigene: fra i secondi sono il bismuto, l'antimonio, il fosforo, molte sostanze vegetabili e quasi tutti i gaz. I corpi magnetici si distinguono anche dai diamagnetici per la proprietà d'acquistare permanentemente le proprietà magnetiche, e per avere dei punti o poli in cui queste azioni sono concentrate e che agiscono in direzione contraria sopra i poli di un altro corpo magnetizzato. Nei corpi diamagnetici in vece le nuove proprietà risvegliate dall'azione della calamita, cessano tolta la calamita, non ingenerano mai dei punti di un azione più intensa come nei corpi magnetici, e non esiste alcuna azione sensibile fra i corpi diamagnetici stessi. Negli uni e negli altri poi le azioni di attrazione e di ripulsione sotto l'influenza delle calamite si esercitano con una intensità maggiore in un certo piano che è in una direzione determinata colla loro forma cristallina.

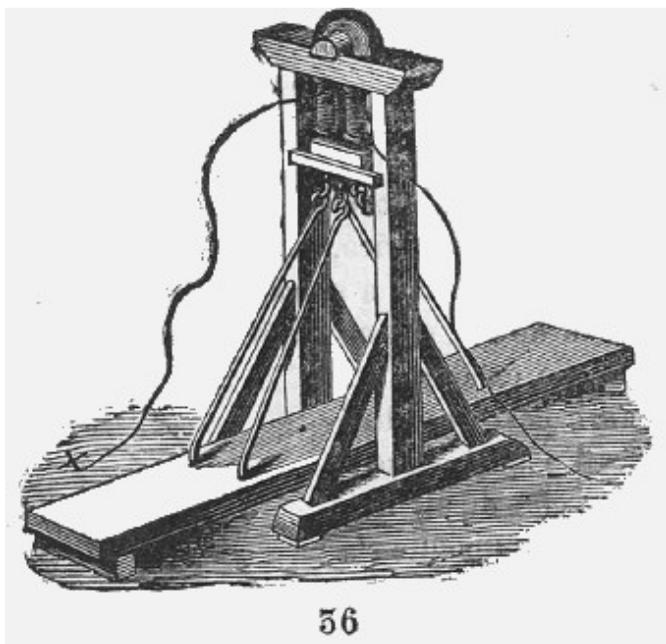
Mi lusingo che i fatti esposti brevemente in questa lezione sopra l'azione elettro-magnetica e sul magnetismo vi gioveranno a comprendere più facilmente le applicazioni di questi fatti medesimi alla costruzione dei telegrafi elettrici e dei motori elettro-magnetici.

Lezione decima — *Motori elettro-magnetici.*

Allorchè i Fisici ebbero scoperto che facendo passare una corrente elettrica, anche non troppo forte, in un filo di rame avvolto a spirale intorno ad un cilindro di ferro dolce, si convertiva questo cilindro in una fortissima calamita atta a sostenere pesi grandissimi attaccati a quel pezzo di ferro dolce che dicesi l'*ancora*, doveva facilmente risvegliarsi il pensiero di convertire questa forza elettromagnetica, atta solamente sin qui a sostenere un peso, in una vera potenza motrice. Ed in fatti ciò che in meccanica si chiama *lavoro utile, o quantità di lavoro*, non è già un peso sostenuto, cioè una massa soggetta alla gravità e a cui è impedito di cadere sul suolo, giacchè se così fosse, si dovrebbero considerare come producenti un lavoro utile e quindi aventi un certo valore, tutte le resistenze che da secoli e secoli oppongono i punti d'appoggio ed i materiali di costruzione contro ai corpi sovrapposti. Conveniva dunque che la forza elettro-magnetica fosse, come quella del calore nelle macchine a vapore, dell'acqua nelle ruote idrauliche, applicata a mettere in moto, a comunicare



una certa velocità ad una massa qualunque. In una parola era mestieri per risolvere praticamente il problema dei motori elettro-magnetici; 1° d'immaginare un meccanismo nel quale il moto impresso a ciò che dicesi comunemente la resistenza fosse prodotto dalla forza elettro-magnetica: 2° che l'unità di lavoro, che in questo caso può chiamarsi un *cavallo* di forza elettro-magnetica,



cioè quel numero espresso dal peso di 75 chilogrammi innalzati in un secondo all'altezza di un metro, avesse un prezzo eguale o minore di quello che ha colle macchine a vapore e che è ottenuto colla combustione del carbonio e dell'idrogene sotto le caldaie.

Così considerato il problema, nè poteva essere altri-

menti trattandosi di una forza applicabile all'industria, s'intende che non poteva bastare un piccolo esperimento o un modello di macchina elettromagnetica, dal quale difficilmente si sarebbe giunti a dedurre il prezzo della forza generata coll'elettricità, ed a sapere se i risultati così ottenuti potevano egualmente sperarsi operando in grande e per lungo tempo.

Sorgeva sulle prime il dubbio che una certa quantità di zinco ossidato e disciolto nella pila, e convertito in qualsiasi modo in forza motrice non avrebbe mai potuto produrre un lavoro utile maggiore di quello che si ottiene dalla quantità di carbonio che gli è chimicamente equivalente e che è bruciata sotto la caldaia di una macchina a vapore. Partendo da questo principio, che però non è dimostrato per il caso di forze diverse benchè svolte tutte dall'azione chimica, l'applicazione pratica della forza elettromagnetica sarebbe stata un'opera eternamente vana, imperocchè l'equivalente dello zinco è più che quadruplo di quello del carbonio, e il prezzo dello zinco è almeno otto volte maggiore, di quello del carbone.

D'altra parte l'istantaneità con cui la forza delle calamite temporarie si produce e cessa, allorchè il circuito della pila si chiude o s'apre, cioè nei momenti stessi in cui lo zinco comincia ad ossidarsi o in cui finisce, la continuità e l'uniformità colla quale questa stessa forza si svolge, e soprattutto l'innocuità che distingue la potenza elettro-magnetica dalla forza del vapore, erano ra-

gioni validissime per indurre ad uno studio attento e perseverante di tutte quelle condizioni nelle quali il magnetismo temporario si genera, e dalla cui cognizione solamente poteva sperarsi di poter giungere alla scoperta del motore elettromagnetico.

La storia quasi contemporanea della macchina a vapore confortava in qualche modo gli studiosi di questo problema, mostrando come colla perseveranza e col genio meccanico si era riescito a convertire una forza, quasi ignorata al principio di questo secolo, nell'istrumento il più potente del nostro materiale e tanto prodigioso incivilimento.

Ecco il principio fisico su cui si fonda, generalmente parlando, l'azione dei motori elettro-magnetici: s'immagini un cilindro di ferro dolce circondato dalla solita spirale di rame e di faccia ad una delle sue basi e alla minor distanza possibile, sia disposta una calamita artificiale mobile intorno al suo mezzo in un piano parallelo a quello della base suddetta e siavi pure un meccanismo, facilissimo a concepirsi, per mezzo del quale la corrente può ora passare ora essere interrotta nella spirale, e indi esser ristabilita in una direzione contraria e così successivamente.

Ne risulterà da questa disposizione che nel momento in cui la corrente comincia a passare, uno dei poli generati nella calamita temporaria, dovrà attirare il polo di nome contrario della calamita artificiale mobile: e se nell'atto in cui questi due poli s'avvicinano la corrente

cessa per poi ristabilirsi in direzione contraria, anche il magnetismo di quel polo della calamita temporaria si dovrà invertire, e quindi respingerà il polo della calamita mobile che prima aveva attratto. Allora insorgerà l'attrazione fra quel polo della calamita temporaria e l'altro polo della calamita artificiale che gli viene incontro: intanto per un cangiamento simile nel passaggio della corrente a quello descritto, succederà una nuova repulsione fra il polo nuovamente generato e il polo attratto della calamita artificiale.

La calamita artificiale dovrà così concepire un movimento di rotazione, che potrà rendersi più rapido adoperando non una sola calamita artificiale ma due o tre o quattro, disposte in croce, purchè il meccanismo dell'interruzione e dell'inversione della corrente, sia reso più rapido e corrispondente al numero delle calamite rotanti.

Potrà ancora accrescersi la velocità di questo movimento rotatorio facendo agire nello stesso tempo i due poli della calamita temporaria.

Un movimento rotatorio simile prodotto dalla forza elettro-magnetica può anche ottenersi, sostituendo alle calamite artificiali delle verghe di ferro dolce disposte egualmente, cioè come i raggi di una ruota: in questo caso il polo di nome contrario a quello della calamita temporaria si genera e si distrugge successivamente nelle verghe di ferro dolce, che vengono ad essere come tante àncore mobili intorno a poli di una calamita temporaria successivamente attratte e respinte.

Finalmente queste verghe di ferro dolce che devono ruotare intorno ai poli dell'eletto-calamita temporaria possono essere esse medesime circondate dalle spirali di filo di rame, nelle quali, per quello stesso meccanismo già accennato, può farsi passare la corrente ora in un senso ora in un altro, convertendole così in altre calamite temporarie. E non è difficile di concepire come per il passaggio della corrente nei due sistemi di calamite temporarie, cioè nel mobile e nel fisso, successivamente interrotto e ristabilito in direzione contraria, possa ottenersi ora l'attrazione fra poli di nome contrario e subito dopo la ripulsione fra poli dello stesso nome.

In tutte queste varie disposizioni di macchine elettromagnetiche, la forza determina un movimento rotatorio, il quale è direttamente applicato o convertito in un moto rettilineo di *va* e *vieni* con uno di quei tanti ordigni che la meccanica possiede.

Il prof. Dal Negro di Padova, che è veramente, prima di Jacobi, di Botto e d'altri, l'inventore di una macchina messa in moto dalla forza elettro-magnetica, immaginò di sospendere a guisa di un pendolo una calamita artificiale o una riunione di calamite fra i poli di una calamita temporaria: al solito per la successiva inversione nel senso della corrente che percorre la spirale di questa calamita temporaria, anche i suoi poli erano successivamente invertiti; per cui il pendolo magnetico, ora attratto ora respinto da ognuno dei poli, continuava ad oscillare. Applicando a questa specie di pendolo il meccani-

simo degli orologi o la leva a rocchetto, il Dal-Negro poteva convertire il movimento oscillatorio in quello di rotazione, e così sollevare un peso e produrre una quantità di *lavoro* misurabile in confronto alla quantità dello zinco ossidato nella pila.



Questo medesimo meccanismo fu anche perfezionato dal Dal-Negro stesso sostituendo al bilanciere magnetico una calamita temporaria, di cui i due poli oscillavano fra i poli della calamita artificiale, ed agivano contemporaneamente.

Era naturale che questo sistema di motore elettro-magnetico del Dal-Negro, fosse trovato in pratica meno vantaggioso dell'altro che produce un moto rotatorio. Infatti nelle oscillazioni del pendolo elettro-magnetico, deve avvenire che la forza viva che lo anima sia massima nel momento in cui i due poli contrarii giungono in contatto, per cui questa forza viene a disperdersi, comunicando a tutto il sistema degli urti che producono inoltre un altro effetto dannoso, quale è quello di alterare alla fine la natura del ferro dolce rendendolo in vece crudo, e quindi incapace come l'acciaio, ad acquistare e perdere rapidamente il magnetismo. E non si poteva riparare a questo gravissimo inconveniente coll'obbligare il pendolo elettro-magnetico a non venire in contatto della calamita temporaria; im-

perocchè la forza elettro-magnetica così ottenuta mentre è grandissima al contatto o ad una distanza piccolissima fra i due poli, decresce rapidissimamente colla distanza.

Crediamo utile di riferirvi qui i risultati di alcune esperienze recentemente tentate in Inghilterra sopra questo argomento. La calamita temporaria e la sua ancora essendo in contatto, la forza sollevante era espressa da 200 lib., alla distanza di $1/250$ di pollice, cioè a $1/10$ di millimetro, quella forza era ridotta a 90 lib., e a $1/5$ di millimetro, questa forza non era più che di 40 libbre.

Questo carattere della forza elettro-magnetica, mentre costringeva ad abbandonare il meccanismo di Dal Negro, faceva sì che anche gl'inventori delle macchine elettro-magnetiche rotatorie non avessero altro modo per accrescere la velocità di rotazione, se non quello di moltiplicare le calamite temporarie mobili e le fisse, onde diminuire le distanze fra i poli in azione e l'obliquità delle forze sulla direzione del movimento. A questo proposito dobbiamo però ricordare un altro fenomeno del magnetismo temporario, il quale pur troppo limita il vantaggio ottenuto dal moltiplicare queste calamite, e la velocità di rotazione così ottenuta. Questo fatto consiste nel non essere veramente istantanea la magnetizzazione del ferro dolce e nel richiedersi un certo tempo, piccolissimo, ma pur finito e misurabile, perchè un pezzo di ferro dolce acquisti il massimo del magnetismo che può essergli comunicato da una data corrente e perchè lo perda dopo l'interruzione del circuito. Per l'esi-

stenza di questo fatto principalmente si è visto che la velocità di rotazione ottenuta in una macchina elettro-magnetica non poteva mai oltrepassare un certo numero di giri per minuto qualunque fosse la forza della corrente. E di fatti se la durata dei passaggi e delle interruzioni della corrente potesse divenir tanto piccola da non permettere al ferro dolce di acquistare tutto il magnetismo di cui è suscettibile e di perderlo poscia interamente, ne verrebbe che non tutta la forza motrice sarebbe generata e che una parte di essa sarebbe impiegata a distruggere il magnetismo contrario che non ebbe il tempo di dissiparsi.

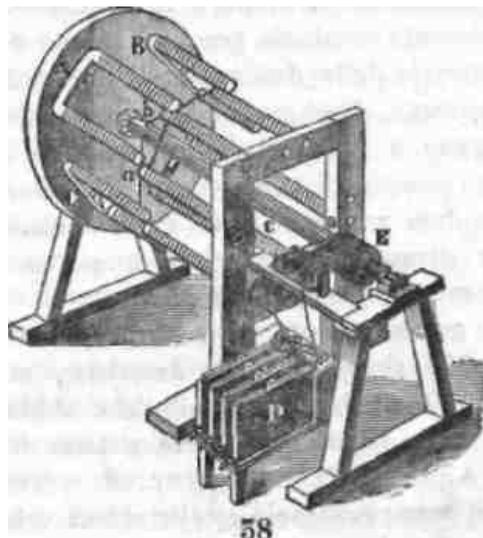
La velocità di rotazione che può ottenersi da un motore elettro-magnetico è dunque necessariamente limitata, per non essere istantanea la produzione del magnetismo del ferro dolce sotto l'azione della corrente.

Un'altra causa di questa limitazione sembra trovarsi ancora nelle correnti d'induzione che le calamite temporarie generano nelle loro spirali, e che per essere in direzione contraria alla corrente della pila, distruggono una parte della loro azione.

Prima di descrivere quelle macchine elettro-magnetiche sulle quali sono state eseguite le esperienze le più concludenti, non vi lascerò ignorare che i signori Jacobi e Lenz hanno dimostrato che l'attrazione fra i poli di nome contrario di due calamite temporarie di forze eguali, è quadrupla di quella che esiste fra una di queste calamite temporarie e il ferro dolce. Questo risultato di-

pende evidentemente dal magnetismo di nome contrario che le due calamite inducono l'una sull'altra e che s'aggiunge al magnetismo proprio.

Veniamo finalmente alla descrizione del motore elettro-magnetico che Jacobi applicò a mettere in movimento una barca e che fu veramente il primo con cui fosse



tentata una grande esperienza. Si immaginino delle verghe eguali di ferro dolce A. B. C. D. in numero pari e fissate perpendicolarmente alla circonferenza di una ruota o piatto fisso: siano queste verghe circondate dalle rispettive spirali avvolte in maniera da rendere contrari i poli generati dalla corrente nelle verghe consecutive.

Siavi un altro piatto o ruota simile con altrettante verghe di ferro dolce a. b. c. d. circondate da altre spirali simili e formanti colle prime un sistema solo. Sia questa

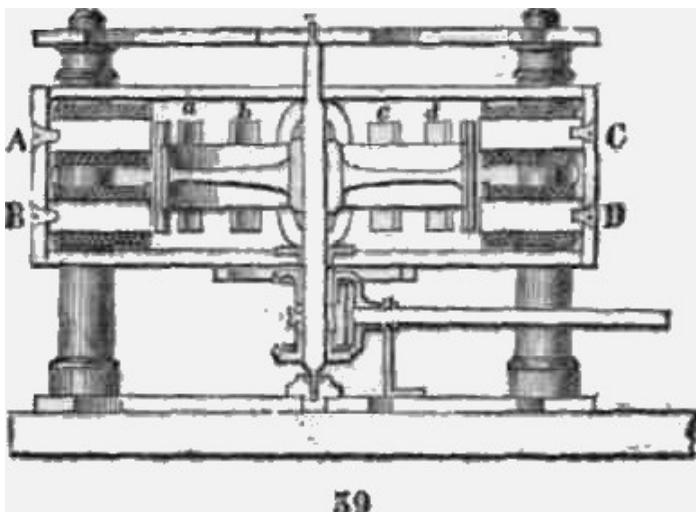
seconda ruota mobile intorno al proprio asse e disposta in modo che le estremità delle verghe delle due ruote vengano quasi a toccarsi. Un commutatore D E è portato dall'asse della ruota mobile, per mezzo del quale la corrente è ora interrotta ora ristabilita, in modo che nelle spirali della ruota mobile vengono ad invertirsi le direzioni della corrente ogni volta che le estremità delle calamite dei due piatti, sono molto prossime e quasi in contatto.

È chiaro che fatta passare la corrente della pila il piatto mobile dovrà mettersi in rotazione.

Il movimento comincia per l'attrazione dei poli di nome contrario delle due ruote: al momento in cui i poli si toccano, divengono dello stesso nome, per cui si respingono e poichè i poli prossimi delle stesse ruote sono sempre di nome contrario s'intende come al polo mobile respinto dopo aver toccato il fisso per esser divenuto dello stesso nome, ne succede uno di nome contrario che è attratto.

Jacobi aveva pensato di costruire una macchina (fig. 39) simile a quella descritta, ma in cui fossero mobili anche le calamite che abbiamo supposte ora fisse. In tal caso i due sistemi di elettrocalamite A. B. C. D. ed a. b. c. d. verrebbero a muoversi in senso contrario e colla stessa velocità per essere eguali le loro masse. I due movimenti si sarebbero potuti riunire per mezzo di ruote dentate generando in definitivo un movimento unico e nello stesso senso. Con queste disposizioni che il Paltri-

nieri (fig. 39) ha realizzato, il lavoro utile della macchina non è realmente nè può essere accresciuto durante lo spazio percorso da due poli successivi sino ad incontrarsi; ma ottenendosi in una rivoluzione intera delle calamite un doppio numero d'incontri fra i poli, potrebbe così essere raddoppiata la velocità di rotazione, qualora il tempo necessario al magnetizzarsi e smagnetizzarsi del ferro, non mettesse un limite a questa velocità. Sin dalle prime esperienze fatte colla macchina di cui dem-



mo la succinta descrizione, s'accorse il Jacobi che lungi dall'accadere che la velocità andasse sempre accelerandosi, come avea immaginato, questa non tardava a giungere ad un limite per cui il movimento diveniva uniforme. Infatti il Jacobi colla sua macchina non potè mai superare una velocità di 120 a 130 rivoluzioni in un minuto con una pila di quattro elementi; con una di 12 ele-

menti giunse sino al limite di 250 a 300 rivoluzioni.

Dicemmo già per quali ragioni non poteva verificarsi la supposizione del Jacobi che riposava sulla istantaneità della magnetizzazione e smagnetizzazione del ferro dolce, che l'esperienza ha provato non sussistere.

Dicemmo ancora che le correnti dell'induzione elettro-magnetica svolte nella rotazione delle calamite e delle spirali, potevano anche turbare l'azione della forza motrice.

Il Jacobi fece un applicazione abbastanza in grande del motore elettro-magnetico descritto, mettendo con esso in movimento una barca. La barca era lunga 7 metri, larga 2,50 e pescava 0,^m916: portando 15 individui essa si mosse sulla Newa con una velocità di 5000 metri per ora.

Questa barca continuò ad esser messa in moto dalla macchina elettro-magnetica per lo spazio di due mesi per 2 o 3 ore in ogni giorno, e il Jacobi dice che in questo tempo 42 chilogrammi di zinco furono ossidati nella pila, di modo che si sarebbe da questo peso di zinco ottenuta la forza di circa un cavallo o un cavallo e mezzo di vapore.

Delle esperienze forse più precise di queste di Jacobi, benchè meno grandiose, furono fatte dal prof. Botto con una macchina elettro-magnetica non molto diversa da quella del Jacobi.

Trovò il Botto dalle sue prime esperienze che allor-

quando le velocità di rotazione non erano troppo forti, cioè di 3 a 9 a 24 rivoluzioni per minuto, queste velocità erano proporzionali ai quadrati della quantità di zinco ossidato nella pila: è molto probabile che questo rapporto non si sarebbe conservato con una velocità più grande di rotazione. Tenendo conto del peso sollevato da questa macchina in un dato tempo, Botto trovò che si aveva in certi casi il lavoro di un cavallo vapore con 64 chilogrammi di zinco ossidato nella pila, cioè un lavoro di 100,000 chilogrammi, metri per ogni chilogrammo di zinco.

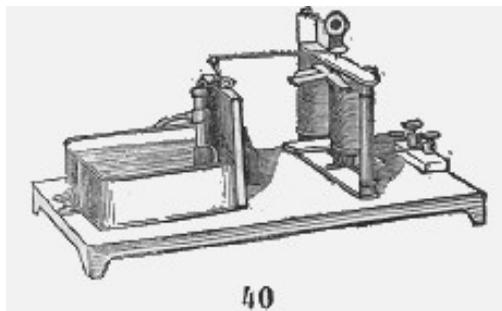
Secondo il Botto, accrescendo i diametri delle calamite temporarie, raddoppiando e triplicando le spirali sopra di esse, le forze magnetiche generate aumenterebbero in un rapporto assai più grande di quello in cui crescono le quantità dello zinco ossidato nella pila.

Supponendo che si verificassero i vantaggi sperati, accrescendo il diametro delle calamite e i giri delle spirali, i quali però non sono anche confermati dall'esperienza, il lavoro di un cavallo vapore si otterrebbe colla ossidazione di 24 chilogrammi di zinco.

Prima di discutere con questi dati l'utilità dei motori elettro-magnetici di confronto alle macchine a vapore, credo importante di riferire ancora i risultati di alcune esperienze da noi fatte sopra una piccola macchina elettro-magnetica costruita dal valente artista Froment.

Due calamite temporarie verticali circondate dalle loro spirali, sono stabilite in modo da esservi fra esse un

asse mobile di metallo; disposto pure verticalmente, e terminato alle due estremità con due ruote orizzontali composte di tanti pezzi di ferro dolce a guisa da razzi di una ruota da vettura. Queste due ruote sono costruite in modo da abbracciare le due calamite temporarie colle loro estremità: le razze di ferro dolce sono molto prossime e vengono quasi a contatto dei poli delle elettro-calamite. Infine l'asse di queste due ruote porta in basso una piccola ruota dentata che premendo coi suoi denti contro una molla, serve così ad interrompere o a ristabilire il circuito. I denti sono così disposti che allorquando i poli dell'elettrocalamita e le estremità dei razzi di ferro dolce sono di faccia e quasi in contatto, cessa la corrente e la magnetizzazione per conseguenza. I razzi sono dunque attratti, e giunti in contatto delle calamite cessano d'esserlo e continuano a muoversi per la velocità acquistata, e intanto il successivo razzo è attirato.



L'asse mobile porta in alto un eccentrico con cui alternativamente sono mosse le aste dei due stantuffi di due piccole pompe aspiranti e prementi.

Ho fatto agire questa macchinetta tenendo un voltai-

metro nel circuito con una pila di 6 elementi di Grove. Con pile più forti la ruota non gira più essendo le sbarre troppo attratte per cui o si torcono o rimangono attaccate alle calamite temporarie per il residuo del magnetismo.

Tenendo conto delle quantità d'acqua sollevata in tempi diversi usando ora tre, ora quattro, ora sei elementi, ho trovato che in ogni esperienza l'effetto del motore presto si riduceva uniforme e così durava un certo tempo, sinchè la pila conservava sensibilmente la stessa forza. La quantità d'acqua sollevata fu quindi trovata la stessa nell'unità di tempo e proporzionale alla quantità di zinco ossidato.

Dalle piccole esperienze fatte con questa macchina potrebbesi dedurre che impiegando la forza elettromagnetica al sollevamento dell'acqua colle pompe, l'azione chimica, rappresentata da 100 centimetri cubici di miscuglio gasoso d'idrogene e ossigene equivalenti a circa 2 grani di zinco ossidato in 24 ore darebbe un lavoro di 165 chilogrammetri.

L'effetto utile di questa macchina di Froment, sarebbe anche maggiore di quello trovato dal prof. Botto: nè può essere altrimenti agendo in questa la pressione atmosferica combinata col motore elettromagnetico.

Ammettendo, ciò che è lungi dall'essere provato dall'esperienza, che nelle macchine simili ma di grandi dimensioni si conservassero gli stessi rapporti che quelli trovati dal Botto, dal Jacobi e da noi fra il lavoro utile e

la quantità dello zinco ossidato, si avrebbe che quella unità che chiameremo per analogia *cavallo elettro-magnetico*, non costerebbe mai meno di 50 franchi il giorno. Noteremo ancora che il prezzo di questo cavallo *elettro-magnetico* non potrebbe essere diminuito dal valore dei sali ottenuti nella pila giacchè non ne hanno alcuno.

In conferma di queste conclusioni aggiungeremo ancora i risultati di alcune più recenti esperienze fatte in Inghilterra del sig. Hunt. Un grano di zinco ossidato nella pila meglio costruita che si abbia, può sollevare per mezzo di una macchina elettro-magnetica il peso di 80 libbre inglesi all'altezza di un piede, mentre un grano di carbone bruciato sotto la caldaia delle macchine di Cornwall solleva alla stessa altezza 143 libbre. Se ora si considera che il prezzo dello zinco è almeno 8 a 10 volte maggiore di quello del carbone, se ne dovrà dedurre che la forza elettro-magnetica è almeno 20 volte più costosa di quella del vapore.

Sotto il lato economico non sussiste dunque sin qui la possibilità di sostituire il motore elettro-magnetico alle macchine a vapore, giacchè nella più imperfetta di queste la spesa di un cavallo di forza non supera mai 5 franchi, mentre un lavoro eguale ottenuto dalla macchina elettro-magnetica, costerebbe almeno 40 o 50 volte di più.

Pur troppo non è solo per questa enorme differenza di prezzo, quale l'abbiamo stabilita, che furono sin qui re-

spinte le applicazioni dei motori elettri-magnetici. Da alcuni tentativi fatti in grande, specialmente in Germania, si è trovato che si consumava in pratica e agendo in grande, una quantità di zinco doppia di quella trovata colle piccole esperienze per cui, tutto compreso, la spesa giornaliera del cavallo elettro-magnetico ascenderebbe a circa 120 franchi.

Aggiungeremo ancora l'osservazione, già precedentemente fatta, che cioè nei motori elettro-magnetici non può mai essere superato un certo limite di velocità nel movimento rotatorio, mentre questo limite, con forme convenienti delle caldaie e con le opportune dimensioni delle trombe, può sempre estendersi grandemente nelle macchine a vapore.

Anche nelle pile stesse quantunque tanto perfezionate vi sono difficoltà grandi a poter produrre colla forza elettro-magnetica un motore capace di effetti grandi e costanti.

Le pile di Wollaston, di Faraday, di Munch sarebbero assai facili a maneggiarsi, ma non sono costanti nei loro effetti, e lo zinco si consuma rapidamente.

Nelle pile di Grove e di Bunsen avviene spesso e soprattutto quando si tengono in attività per molto tempo, un grande sviluppo di vapori nitrosi e un forte riscaldamento nei liquidi, che danneggiano le macchine e le pile stesse.

Nelle pile di Daniell, per ottenere gli effetti costanti e così intensi come in quelle di Grove e di Bunsen, con-

vien rinnovare la soluzione acida e quella del solfato di rame frequentemente: il rame precipitato sull'elemento negativo della pila, presto riempie lo spazio che separa l'elemento stesso dal recipiente di terra cotta: questi recipienti spesso si rompono, e più spesso ancora si guastano le congiunzioni tra coppia e coppia.

Da tutte le considerazioni riportate colla maggior estensione che mi fu possibile in questa lezione, credo che si debba concludere, che nello stato attuale della scienza non può il motore elettro-magnetico essere utilmente applicato nè sostituito al vapore nella navigazione, nella locomozione sulle strade ferrate, nei grandi stabilimenti meccanici.

Nel momento attuale l'uso dell'elettro-magnetismo come motore, potrebbe forse tentarsi utilmente nel caso di un lavoro discontinuo e che non esiggesse forze e velocità troppo grandi. Non disperiamo però ancora dei perfezionamenti successivi che può subire il motore elettro-magnetico, pensando agl'immensi che in pochi anni ha subito la macchina a vapore.

Le pile si perfezionano ogni giorno; si riesce oggi ad avere del ferro talmente dolce che sembra suscettibile d'un numero grandissimo di magnetizzazioni e smagnetizzazioni complete in un secondo di tempo, come lo prova il suono reso dall'ancora oscillante di una piccola elettro-calamita costruita da Froment.

Il genio della meccanica moderna, oggi interamente impegnato nella macchina a vapore, non si è peranche

rivolto ai motori elettro-magnetici. Forse un principio analogo a quello dell'espansione, che ha tanto accresciuto l'effetto della macchina a vapore, potrà un giorno essere applicato anche nei motori elettro-magnetici.

Forse colla scoperta non improbabile di altre pile o sorgenti d'elettricità, assai più forti di quelle che ora possediamo, si potrà giungere a mantenere la forza della corrente ad un certo limite, e quindi a neutralizzare l'effetto contrario delle correnti svolte per induzione dalle calamite rotanti.

È voce da qualche tempo sparsa dai giornali Americani di esperienze fatte dal prof. Page sui motori elettro-magnetici, le quali sarebbero state coronate da buon successo. Si racconta che il professor Page abbia fatto agire in pubblico una macchina elettromagnetica fondata sopra un meccanismo di *va e vieni*, che avrebbe due piedi di corsa e della forza di 4 a 5 cavalli. Allorchè la macchina era messa in azione, la leva principale dava 114 colpi per minuto, e questo lavoro sarebbe stato ottenuto con un consumo di zinco molto minore di quello fatto negli altri motori magnetici; imperocchè tre libbre di zinco avrebbero prodotto un cavallo di forza.

Il prof. Silliman compatriota del sig. Page mi narrava nell'estate decorso come l'opinione pubblica fosse agli Stati Uniti favorevole ai tentativi fatti col nuovo motore elettro-magnetico. E per verità apparisce molto ingegnoso, e atto a vincere le difficoltà maggiori già da noi descritte che furono trovate nelle altre macchine elettro-

magnetiche, il principio da cui è partito il dotto Americano e che anche incompletamente, e quale è conosciuto, vogliamo accennarvi. Consiste la macchina di Page in un cilindro di un ferro dolce che entra verticalmente in un tubo pure cilindrico formato di tante spirali nelle quali viene successivamente a passare e ad essere interrotta la corrente elettrica. Il cilindro di ferro dolce è corrispondentemente via via sollevato nell'interno di queste speciali, ed il movimento così generato non è perduto negli urti, e può acquistare una grande estensione, all'incontro di quello che accade nelle macchine elettromagnetiche conosciute.

Non voglio finalmente lasciarvi ignorare un'applicazione assai singolare della forza elettromagnetica alla locomozione sulle strade ferrate che si sta ora tentando in Francia. Non vi è più chi ignori che la condizione, perchè la locomotiva metta in movimento il treno è l'aderenza delle sue ruote motrici sulle rotaie; senza di che, come avviene talora, le ruote girerebbero intorno al proprio asse e il convoglio non si muoverebbe. Perlochè avviene sulle strade ferrate di una certa inclinazione che, diminuendo l'aderenza, diminuisce pure la forza motrice della macchina; e poichè l'aderenza non può essere accresciuta che coll'aumento del peso della locomotiva portato specialmente sulle ruote motrici, ne viene d'altra parte un aumento nella resistenza che non può alla fin fine essere vinto se non da una maggior quantità di vapore e con trombe di un maggior diametro. Aumentare

l'attrito fra le ruote motrici e le rotaie senza accrescere il peso della locomotiva; ecco il problema che si tenta risolvere coll'elettro-magnetismo. Si tratta adunque di trasformare quelle ruote in elettro-calamite di cui i poli sieno sempre in contatto colle rotaie. Anche in questo meccanismo vi sarebbe un commutatore diretto ad ottenere il magnetismo temporario di quella porzione della ruota che è in contatto della rotaia, e per il solo tempo di questo contatto. Si racconta che i sig. Amberger e Cassal inventori di questa applicazione dell'elettromagnetismo, abbiano già tentate alcune esperienze, che sarebbero riuscite con buon successo.

Non è dunque senza qualche speranza di buon successo l'applicazione della forza elettro-magnetica alle macchine: oltre che la scoperta di sorgenti di elettricità molto più abbondanti di quelle che possediamo, può facilmente sperarsi con una disposizione più conveniente dei mezzi atti a raccogliere le enormi quantità di fluido elettrico che si sviluppano nelle azioni chimiche. Nè dovremmo esser sorpresi nell'età presente, se il genio prodigioso della meccanica moderna, giungesse a inventare il meccanismo, col quale le grandissime forze morte, prodotte dalle calamite temporarie nel sostenere enormi pesi fossero convertite in forze vive e veramente utili.

Quantunque lo studio della macchina animale debba piuttosto risvegliare in noi dei sentimenti di ammirazione e di umiltà, che la speranza di poterla imitare e raggiungerne la perfezione, ci sia permesso di notare a que-

sto proposito come questa macchina, considerata unicamente per la forza muscolare e per il lavoro utile che produce, superi di gran lunga gli effetti che si ottengono dalle macchine a vapore le più perfette. Un uomo sale dal livello del mare portando il peso del suo corpo sulla cima del Monte Bianco consumando appena 500 grammi di carbonio e conservando la sua temperatura: un effetto simile non potrebbe essere ottenuto da una macchina a vapore se non bruciando una quantità di carbone quattro o cinque volte più grande.

Lezione undecima — *Telegrafi elettrici.*

Il grande problema che la telegrafia-elettrica ha oggi completamente risoluto, può esprimersi nel modo seguente: render possibile una corrispondenza, nella quale i segnali si propaghino con una velocità infinitamente grande, e ciò a qualunque distanza, in qualunque ora del giorno, sotto qualunque stato dell'atmosfera, e con una spesa non molto superiore di quella che occorre coi telegrafi non elettrici.

La velocità colla quale il fluido elettrico si propaga in un filo metallico fu dalle più recenti esperienze valutata di 180000 chilometri per minuto secondo in un filo di rame; perciò usando la corrente elettrica per trasmettere un segnale, deve di necessità esser questa la velocità con cui questo segnale si propaga.

Questo fatto si verificò in pratica sui telegrafi elettrici, perlocchè imparammo, son già molti anni, coll'ammirazione che desta questo prodigioso trovato, che i discorsi pronunziati dal Presidente a Washington, o dalla Regina nel parlamento a Londra, erano noti in tutte le grandi città d'America e d'Inghilterra quasi nel momento stesso in cui erano conosciuti da coloro che li ascoltavano.

Che l'impianto di un tal mezzo di comunicazione e il suo esercizio sieno di una spesa non troppo grande ed anche sufficientemente fruttifera, ce lo prova il vedere che anche i più piccoli Stati lo hanno già stabilito, e che

vi sono in Inghilterra alcune compagnie private che traggono dai loro capitali impiegati nella costruzione dei telegrafi un discreto interesse.

Ci crediamo dispensati dal dimostrare con molte parole il vantaggio del telegrafo elettrico. Quegli Stati che hanno strade ferrate, piccoli o grandi che siano, non possono non stabilire il telegrafo elettrico. Quando una rete di strade ferrate sarà distesa sopra tutta l'Europa, e assai poco manca alla realizzazione di questo fatto, non vi sarà più sotto certi aspetti Stato piccolo o Stato grande in Europa: per le relazioni scientifiche, commerciali e politiche, l'Europa sarà un solo paese, le nazioni una sola famiglia.

I Governi, le compagnie delle strade ferrate, gli uomini dati al commercio hanno principalmente necessità del telegrafo elettrico; e in questa necessità, lo ripeto ancora, non v'è essenzialmente differenza fra nazioni grandi e piccole. Qualunque ordine che interessi la pubblica amministrazione in un paese che ha strade ferrate e non telegrafo elettrico, giungerà al suo destino nel tempo stesso e forse dopo la notizia che un particolare potrà farvi giungere, e pur troppo sono frequenti i casi in cui questa seconda distrugge l'effetto del primo. In una parola, prima delle strade ferrate, tutti i governi impiegavano i corrieri e le stafette; ora il telegrafo elettrico sta alla strada ferrata come i corrieri stavano prima alle poste.

Quanto alle compagnie delle strade ferrate la neces-

sità del telegrafo elettrico per il loro servizio è di prim'ordine, tanto sotto il lato economico del servizio stesso, quanto per quello della pubblica sicurezza. Roberto Stephenson, non è molto ci scriveva: «sempre più mi convinco che i telegrafi elettrici sono un'appendice indispensabile per il servizio delle strade ferrate.»

Quanto all'uso che i commercianti, ed in genere i particolari potranno fare del telegrafo elettrico, stando ai dettati della pratica attuale, penso che se non potrà essere in qualche circostanza importantissimo, non potrà però mai essere molto esteso: se si considera quanto è grande il numero dei segnali o delle notizie che nella valigia di un corriere possono essere contenute, si vedrà facilmente che il telegrafo elettrico malgrado la sua immensa celerità, non può supplire al primo mezzo. Ma non per questo anche i commercianti ed i particolari possono trovarsi in qualche circostanza nella necessità di trasmettere notizie colla rapidità del telegrafo elettrico, e l'attività sempre crescente delle relazioni sociali tende a rendere queste circostanze ogni giorno più frequenti.

Queste generalità ho voluto premettere perchè venisse ben dimostrato quanto era grande il servizio che il telegrafo elettrico rende e renderà alla civilizzazione.

L'idea di applicare l'elettricità e i suoi effetti alla trasmissione dei segnali telegrafici sembra appartenere da primo a Betancourt, che verso l'anno 1797 fece passare la scarica di una bottiglia in un filo metallico che andava

d'Aranjuez a Madrid.

Dieci anni dopo il Sommering propose d'impiegare per segnali l'azione elettro-chimica della corrente. Nel 1816 il dottor Coxe di Filadelfia propose di nuovo l'uso della corrente elettrica per la telegrafia.

Tutti questi saggi però, prima della grande scoperta di Oersted, furono e dovevano essere di nessun pratico valore.

La telegrafia elettrica fu creata quel giorno in cui fu scoperto l'elettro-magnetismo.

L'azione della corrente elettrica sull'ago calamitato, il magnetismo temporario che questa corrente genera nel ferro dolce, sono i due fatti fisici su cui si fondano tutte le macchine telegrafiche che oggi abbiamo.

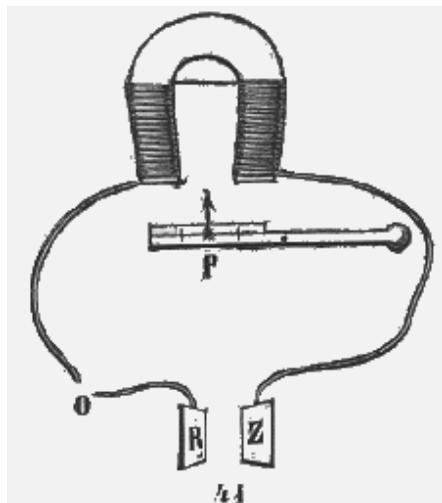
Dopo la scoperta di Oersted la storia della telegrafia si compone di un gran numero di tentativi fatti da diversi fisici onde giungere al punto in cui oggi siamo. In questa storia meritano di figurare in prima linea i saggi di Steinheil a Monaco, di Gauss e Weber a Gottinga, di Ronald in Inghilterra, di Stratingh in Olanda: ma diciamo con giustizia, gl'inventori veri del telegrafo elettrico sono Morse in America, Wheatstone e Cook in Inghilterra. Questi fisici attivarono molte centinaia di miglia di telegrafo elettrico, che ridussero con semplicità e sicurezza al pubblico servizio.

La costruzione dei telegrafi elettrici è oggi per l'opera dei citati fisici resa un'arte pratica, ed ognuno può in

qualunque paese stabilirlo, ordinando le macchine telegrafiche alle private officine che esistono a Londra, a Parigi, a Berlino, e anche fra noi.

Si riducono a tre i sistemi, o piuttosto le disposizioni delle macchine-telegrafiche oggi in attività, ciascuna delle quali ha sulle altre alcuni vantaggi, senza che una posseda assolute ragioni per essere preferita.

Il principio scientifico generale di queste varie disposizioni delle macchine telegrafiche è la proprietà della corrente elettrica di agire e deviare l'ago calamitato, e di convertire in calamita nel tempo che passa un cilindro di ferro dolce circondato da una spirale metallica.



S'immagini un circuito metallico isolato, e per conseguenza composto di un doppio filo di rame o di ferro esistente fra i due punti che si vogliono far comunicare assieme. E per fare il caso più semplice, suppongasi che

ad una delle estremità il filo metallico sia avvolto a spirale intorno ad un pezzo di ferro dolce, e che all'altra O il circuito sia interrotto. Una pila voltiana faccia parte del circuito e sia posta in un punto qualunque del medesimo. Finalmente con un congegno qualunque si tenga un'ancora P o un pezzo di ferro dolce mobile in prossimità al cilindro di ferro dolce che è dentro la spirale.

Mettiamo ora due osservatori, cioè l'uno all'interruzione del circuito e l'altro dove si trova l'eletto-calamita.

Quello dei due osservatori che è presso l'interruzione potrà trasmettere all'altro tanti segnali quanti vorrà: ogni volta che chiuderà il circuito l'altro vedrà la sua ancora attratta, e all'aprirsi del circuito l'ancora ritornerà alla sua posizione. Ripetiamo ancora per una volta che il movimento dell'ancora accadrebbe sensibilmente nello stesso tempo in cui il circuito si chiude, fossero i due osservatori ai due poli della terra.

Non è difficile di concepire come coi successivi movimenti dell'ancora di una calamita temporaria si possono formare segnali di convenzione.

Se supporremo sulla stessa linea un altro circuito metallico in tutto eguale a quello descritto, o più semplicemente che una pila e un'eletto-calamita sieno disposti nello stesso circuito presso i due osservatori, s'intenderà chiaramente come una corrispondenza si può stabilire fra essi.

Dopo esserci fatta così un'idea generale di un telegra-

fo elettrico passeremo a parlare delle sue particolarità, e lo faremo tanto distesamente da mettere chi che sia in grado d'avere una cognizione quasi completa del telegrafo stesso.

Il telegrafo elettrico, come oggi l'abbiamo in piena attività, si compone necessariamente di tre parti distinte: 1. della pila; 2. del filo metallico che forma il circuito della pila; 3. delle macchine telegrafiche.

Discorreremo separatamente di queste varie parti.

La forma della pila adoperata per produrre la corrente elettrica all'uso del telegrafo può dirsi indifferente; ma per il buon andamento del servizio conviene scegliere una pila che sia, per quanto si può, a forza costante e di non troppa spesa per essere mantenuta in azione.

In Inghilterra ed in America si usano pile ordinarie alla Wollaston, nelle quali il liquido è una soluzione debole d'acido solforico nell'acqua.

Si usa anche in vece della soluzione sola la sabbia imbevuta della soluzione medesima. Il liquido è di tanto in tanto rinnovato, e recentissimamente si è proposto di far scolare sempre sulla pila immersa nella sabbia bagnata, uno spruzzo di liquido nuovo, e di permettere uno scolo eguale del liquido che già ha agito sullo zinco. Stando alle pratiche degli uffizi telegrafici d'Inghilterra ciò non sembrerebbe nemmeno necessario.

Sulle linee telegrafiche di Francia, di Germania e di Toscana la pila preferita è quella di Bunsen. Pochi ele-

menti di questa pila, non più di dieci o dodici, bastano per far agire le macchine telegrafiche, e vincere la resistenza di un filo di ferro di circa 3 mill. di diametro e lungo circa 80 o 100 chilometri. Per ottenere l'istesso effetto con una pila alla Wollaston si richieggono da 50 a 40 elementi, e se la pila di Bunsen è ben conservata, e i suoi acidi rinnovati, la corrente si mantiene costante per molto tempo. A questo fine l'acido nitrico si muta in parte ogni 15 o 20 giorni. Ogni giorno si rinnova la soluzione di acido solforico, si passa un poco di amalgama sullo zinco, e di tanto in tanto si smontano le pile per ripulire le comunicazioni. Può fissarsi a circa un soldo toscano, ossia meno di 5 centes. per giorno la spesa di una coppia di Bunsen tenuta in attività per le comunicazioni telegrafiche.

Si sono inventate in questi ultimi tempi varie macchine elettro-magnetiche nelle quali, come è ben noto, la corrente elettrica è prodotta dal magnetismo indotto dalla rotazione di un'elettro-calamita intorno ai poli di una calamita artificiale. Finora queste macchine non parvero, almeno fra noi, abbastanza perfezionate per poter essere sostituite alla pila: ma vi è ogni ragione per credere che si arriverà un giorno a questo risultato, che dicesi già raggiunto in America.

La seconda parte di ogni telegrafo elettrico è il conduttore metallico che costituisce il circuito elettrico, e che comprende la pila e le macchine telegrafiche.

Il filo conduttore è formato da un filo di rame di circa

due millimetri di diametro o da uno di ferro di 3 a 4 millimetri. Si preferisce oggi generalmente il secondo perchè è assai più resistente e tenace del primo. Questo filo, deve essere perfettamente rincotto, e si cerca di averlo della maggiore lunghezza possibile onde diminuire le unioni e le saldature.

Si sa che ogni circuito elettrico si compone di un filo metallico di cui le due estremità sono congiunte ai due poli della pila. Per conseguenza ogni circuito telegrafico deve sempre comporsi di un doppio conduttore le di cui estremità sono unite ai due poli della pila posta ad una delle stazioni.

S'intende anche facilmente che, onde il circuito sia perfetto, e la corrente vada senza disperdersi da una stazione all'altra, è necessario l'isolamento del circuito dal suolo, e l'isolamento fra un filo e l'altro.

Nei primi tentativi di telegrafia elettrica si impiegavano somme enormi di denaro per seppellire questi fili entro terra, rinchiusi in tubi di porcellana o di vetro ricoperti di vari strati di resina. Ma, malgrado tanti sforzi, l'isolamento non era perfetto sopra tutto pei fili di grande lunghezza, e quest'isolamento non si poteva conservar per cagione delle acque e dei movimenti del terreno.

La maniera di isolare che oggi abbiamo, e la scoperta della buona conducibilità della terra, formano uno dei più grandi perfezionamenti dell'arte telegrafica.

Credo che si potrebbe asserire che i telegrafi elettrici non si sarebbero mai potuti estendere a tutte le distanze

volute sulla terra, senza aver trovato che la terra stessa faceva perfettamente l'ufficio di una metà del circuito.

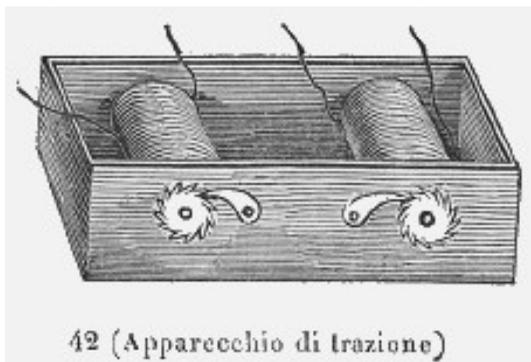
Senza l'uso della terra può credersi che l'isolamento sui pali di legno, del filo metallico come lo pratichiamo oggi, non si sarebbe potuto ottenere per le grandissime distanze o almeno senza spese enormi, dovendo essere in quel caso i due fili del circuito sospesi allo stesso palo. Nei giorni di nebbia o di pioggia quest'isolamento in due fili sarebbe stato impossibile. Usando la terra, come oggi si fa per la metà del circuito, non è mai che un filo solo percorso dalla corrente, e per ogni telegrafo la spesa è così ridotta all'incirca della metà.

Ecco la maniera con cui si compone il circuito: si piantano lungo la linea telegrafica dei pali di pino o di quercia alti quattro o cinque metri dal suolo. Si distinguono questi pali in *pali di trazione* e in *pali di sospensione*. Ad ogni 400 metri circa si fissa stabilmente nel suolo un palo di trazione che dev'essere più grosso dei pali di sospensione.

I pali di sospensione sono distribuiti fra i pali di trazione a circa 70 a 80 metri l'uno dall'altro.

Ogni palo di trazione porta sulla sua cima un'apparecchio detto *di trazione*, e che consiste in un rocchetto di legno intorno al quale si fissa il filo metallico, e per mezzo del quale il filo viene tirato, essendovi sull'asse del rocchetto una piccola ruota dentata di ferro fuso che non può girare che in un solo senso per mezzo d'un meccanismo analogo a quello di un crichetto ordinario.

Ogni apparecchio di trazione porta due rocchetti fissati sopra un castello di ferro fuso, e su cui s'avvolgono i due fili a diritta e a sinistra del palo di trazione. I due capi del filo avvolto sul rocchetto si saldano assieme. L'apparecchio di trazione è fissato sopra il palo, interponendovi delle rotelline di porcellana opaca che hanno un foro nel centro per passarvi la vite, che le fissa al palo e che resta isolato dal castello di ferro. Si intende come in tal guisa l'apparecchio di trazione sia isolato dal palo. L'isolamento è anche più perfetto, come si fa oggi sulle linee toscane, fissando il filo di ferro, non direttamente



42 (Apparecchio di trazione)

al pezzo di trazione, ma interponendovi due rotelle di *porcellana opaca*: la comunicazione fra i fili si ottiene con un filo di rame saldato ai due capi dei fili della linea al di là delle rotelle.

Sopra ogni palo di sospensione è fissato un pezzo pure di maiolica verniciata o di porcellana opaca avente un incastro nel quale s'introduce il filo metallico.

È buono di mettere sopra ogni palo un tegolo piano o una cassetta di legno per difendere gli apparecchi dalla

pioggia.

In tal modo si ha il filo metallico isolato e teso da una stazione all'altra, il quale entra per fori praticati nel muro negli uffici telegrafici.



Si usa di rivestire questi fori di pezzi di maiolica o di vetro.

I due capi del filo si uniscono poi alle pile e alle macchine telegrafiche di cui parleremo, e perchè il circuito sia compiuto non rimane più che a farli entrare nella terra alle due stazioni. A questo fine è utile che ogni capo finisca con una lastra di rame di circa mezzo metro quadro di superficie, che va ad immergersi nell'acqua di un pozzo.

La pratica ha provato che un filo metallico lungo ed isolato come quello del telegrafo è spesso percorso da scariche elettriche, o indotte o dirette dall'elettricità delle nuvole, le quali danneggiano assai le macchine telegrafiche. Onde riparare a questi inconvenienti si usano de' parafulmini presso le stazioni, ognuno dei quali porta un pettine metallico di cui le punte sono vicinissime al filo telegrafico (fig. 44).

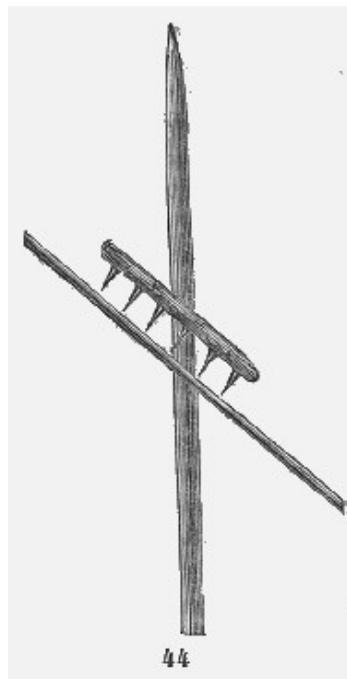
Non possiamo lasciarvi interamente ignorare che da alcuni anni fu trovato in Prussia il modo di ricoprire i fili metallici di un grosso strato di *gutta perca*, che è sostanza perfettamente isolante.

Per tale scoperta le linee telegrafiche della Prussia e

molte dell'Austria sono costruite col detto filo sotterrato a circa un metro dalla superficie, e rinchiuso o in un tubo di legno o di materiale, o anche posato semplicemente sopra uno strato di legna sottili e secche. Questa costruzione delle linee telegrafiche sotterranee, che ha di certo il vantaggio su quella dei fili sospesi, di avere le linee stesse meglio difese, indipendenti dall'umidità dell'atmosfera e dalle scariche elettriche dei temporali, è però di una spesa assai maggiore e di una lunga e difficile riparazione.

Le linee toscane, che sono quasi interamente a due o tre fili, non costarono al Governo, tutto compreso, più di sei in settecento franchi per miglio o 1654 metri, mentre per la stessa lunghezza, la spesa di un filo solo coperto di *gutta-perca*, e senza calcolare il prezzo delle macchine telegrafiche, sarebbe stata almeno doppia.

Ci rimane finalmente a parlare delle macchine telegrafiche, le quali in ogni sistema si compongono sempre di un *manipolatore* o apparecchio per scrivere, *dell'allarme* o sveglia, e in fine del *telegrafo* propriamente det-



to,

I vari sistemi adottati nella costruzione delle macchine telegrafiche oggi in uso, possono generalmente ridursi a due: in un sistema il segnale è *diretto*, cioè è quello stesso che fa o l'ancora dell'elettro-calamita o l'ago di un galvanometro, e l'arte dell'impiegato consiste nel potere colle combinazioni di questi segni diretti formare le lettere o le parole.

Nell'altro sistema il movimento dell'ancora, per mezzo di una macchina d'orologeria, vien trasformato nel movimento di una lancetta sopra un quadrante sul quale sono scritte le lettere.

Non è difficile di comprendere per conseguenza la differenza pratica dei due sistemi: nel primo il movimento dell'ancora o la deviazione dell'ago, dando direttamente il segnale, ne viene che questo segnale consisterà sempre in un movimento simile, per cui il segnale di convenzione sarà formato da gruppi diversi dallo stesso segnale in numero diverso. La pratica insegna l'intervallo necessario per giudicare della fine di un gruppo, e per separare un gruppo dall'altro. Quindi è che in questo sistema non vi è mai un segnale perduto, lo che forma il suo grande vantaggio oltre a quello della semplicità del meccanismo.

In America si trasmettono coi telegrafi di Morse 100 a 120 segnali per minuto.

Colle macchine a galvanometri di Wheatstone e di Cook si trasmettono 75 a 90 segnali per minuto.

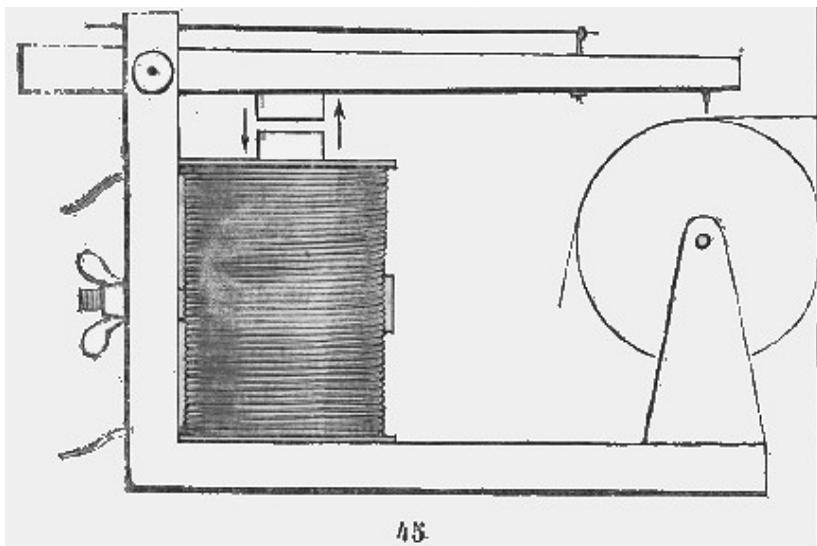
Nell'altro sistema invece l'indice del telegrafo movendosi sopra un quadrante su cui sono scritte le lettere, ne viene di necessità che vi sono segnali perduti, essendo chiaro che, scritto il B per esempio, conviene che la lancetta giri tutto il quadrante per scrivere la lettera A; anche il meccanismo è necessariamente più complicato di quello delle macchine a galvanometro. D'altra parte la lettura dei segni è assai più facile colle macchine a quadrante, e riconducendosi a volontà l'indice sopra un punto fisso del quadrante, può sempre conoscersi se vi fu un errore scritto.

Con questo sistema, benchè assai più lento dell'altro, si possono dare sempre da 45 a 60 segnali per minuto; questa velocità può anche rendersi maggiore usando le abbreviazioni, ed avendo un dizionario di convenzione.

Veniamo finalmente alla descrizione delle macchine telegrafiche, cominciando da quella di Morse.

Il telegrafo elettrico americano nella sua più semplice forma consiste in una calamita temporaria a ferro di cavallo fissata sopra un piano in modo da essere rivolti in alto i due poli. Questa calamita temporaria, come quelle di ogni macchina telegrafica, è un cilindro di ferro dolce di piccole dimensioni, circondato da un filo di rame sottilissimo ben isolato e che fa molte centinaia di giri intorno ad esso. Quanto più è grande la distanza dei due punti fra i quali si stabilisce il telegrafo, tanto maggiore deve essere la lunghezza del filo di rame e quindi il numero dei suoi giri intorno al cilindro di ferro. Un'ancora

di ferro dolce, fissata ad una leva che assai delicatamente si muove intorno ad un pernio, viene in contatto dei poli della calamita, allorchè è attratta. Una molla d'acciaio è fissata alla parte superiore della leva presso la sua estremità libera. A questa stessa estremità della leva è unita una punta d'acciaio assai duro, simile a quella con cui si scrive sulla carta preparata per fare più copie ad un tempo. Questa punta cade esattamente sul mezzo di un cilindro metallico ove esiste un solco circolare



corrispondente alla punta; sopra il cilindro si avvolge una striscia di carta che rimane tesa per essere, come le *corde senza fine*, avvolta essa pure intorno ad un altro cilindro. Allorquando la corrente passa si magnetizza la calamita e l'ancora è attratta. Interrotto il circuito, cessa l'attrazione, e la molla riconduce la leva al suo posto. Intanto la punta di d'acciaio ha fatto un foro nella carta.

Supponiamo ora che il cilindro metallico che è sotto la punta, sia mosso con un movimento d'orologeria di un moto uniforme in modo che la striscia di carta venga a scorrere sotto la punta. Se il circuito sta chiuso, si avrà una linea fatta dalla punta la quale sarà più o meno lunga secondo il tempo che il circuito si tiene chiuso. Un accordo arbitrario di punti, di spazii più o meno lunghi o di linee, costituisce l'alfabeto telegrafico con cui si fanno le comunicazioni.

Invece di una punta d'acciaio si può anche usare, ma meno vantaggiosamente, una penna d'acciaio col serbatoio d'inchiostro.

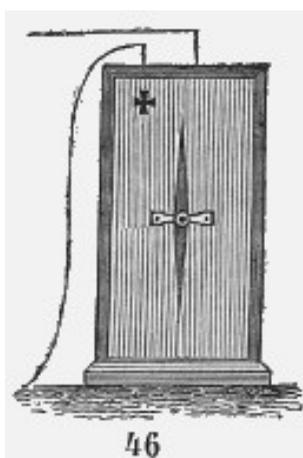
In alcuni telegrafi la leva porta tre punte per cui si hanno sull'istesso registro tre scritte, e quindi una maggior sicurezza dei segnali scritti.

Invece di una carta comune, si propone oggi da un altro americano il sig. Bain, una carta preparata col prussiato di potassa e tenuta umida, e di far passare la corrente anche nella punta metallica e per la carta.

In tal modo s'ottiene un segno *bleu*, che è l'effetto della decomposizione elettro-chimica del prussiato.

Nei telegrafi elettrici d'Inghilterra, d'Austria e di Piemonte i segnali consistono nei movimenti ora a destra, ora a sinistra dell'ago di un galvanometro verticale: per mezzo di un commutatore facile a concepirsi, la corrente è diretta nel circuito ora in un senso ora nel senso opposto; combinando insieme un diverso numero di segnali ora a destra ora a sinistra, si compone facilmente un

alfabeto di lettere o di cifre numeriche. Anche per questi apparecchi il circuito si compone di metà filo e metà terra, se non che, per abbreviare il numero dei movimenti dell'ago o dei segnali che compongono una certa lettera, la Compagnia inglese di Wheatstone e Cook ha adottato di riunire in una sola macchina telegrafica due galvanometri, per cui la metà delle lettere solamente è data da ognuno di essi. Ne viene per conseguenza che due sono i circuiti, e quindi due i fili che insieme alla terra sono necessari per il servizio di questa macchina.



In Austria i segnali dati dall'ago del galvanometro verticale si distinguono non solo per essere ora a destra ora a sinistra, secondo la direzione della corrente, ma ancora per la durata diversa del passaggio della corrente, e quindi della deviazione dell'ago, per cui da una stessa macchina si hanno segnali *lunghi* e segnali *corti*. Con questa disposizione del telegrafo austriaco vi è un galvanometro solo, e

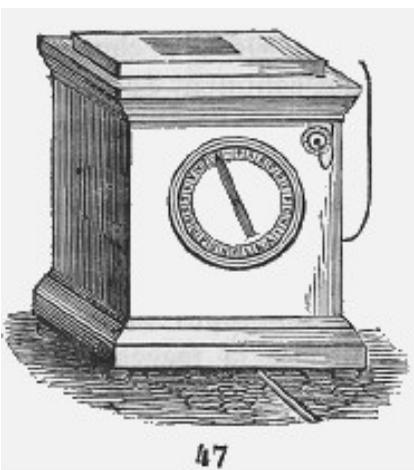
quindi occorre un sol filo metallico per formare il circuito.

In Francia, in Prussia, in Toscana i segnali delle macchine telegrafiche consistono nelle indicazioni di una lancetta che si muove successivamente intorno ad un quadrante su cui sono segnate le lettere dell'alfabeto, fa-

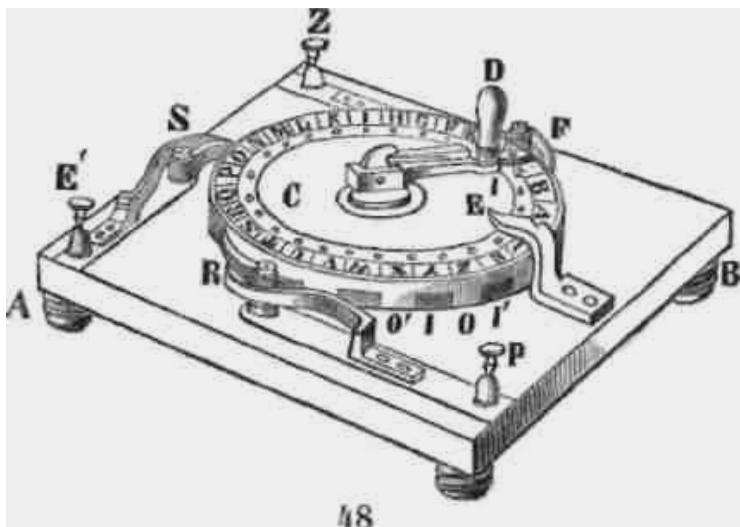
ciendo sulle lettere che devono essere notate una pausa, che, quantunque la più breve possibile, dovrà però bastare a farla distinguere dagli altri passi d'innanzi alle altre lettere non marcate.

Descriveremo con maggiore estensione le macchine telegrafiche a quadrante, perchè più complicate nella loro costruzione e più semplici d'altra parte nelle loro indicazioni.

Dicesi *manipolatore* la macchina con cui si scrive, e che ha quindi per oggetto la trasmissione dei segnali. Consiste il manipolatore in un disco C di legno (fig. 48) di cui l'orlo



47



48

per la metà dell'altezza è coperto da una striscia continua di ottone, essendo l'altra metà divisa in un certo numero di parti uguali, quante sono le lettere scritte sul quadrante della macchina a segnali; queste divisioni sono interpolatamente lasciate di legno I, I' e di parti metalliche O, O', che comunicano colla striscia metallica continua. Sulla faccia superiore di questo disco e presso l'orlo, sono incise le lettere in tante caselle corrispondenti ai mezzi delle divisioni in legno e metallo dell'orlo stesso e già descritte; di contro ad ogni lettera evvi un foro sufficientemente profondo. Questo disco C è mobile intorno ad un asse fissato sopra la tavola inferiore, sulla quale riposa tutta la macchina; quest'asse, che è un cilindro vuoto, contiene un secondo asse conico che è quello del manubrio D, per mezzo del quale si fa ruotare il disco. A questo fine si solleva il manubrio per mezzo del suo manico articolato nell'estremità congiunta coll'asse, e s'introduce la punta con cui termina nel foro corrispondente alla lettera che si deve scrivere, e si fa così ruotare il disco fino a che il manubrio incontri il pezzo E d'arresto, destinato ad ottenere in un modo sicuro la pausa che distingue la lettera scritta. Vi sono per ultimo, intorno al disco e stabilmente fissate sulla tavola AB tre appendici metalliche S, F, R, le quali consistono in tre molle d'ottone che vengono in contatto dell'orlo e che vi stanno premute da una forte molla d'acciajo. Queste molle d'ottone comunicano rispettivamente per mezzo di fili metallici e delle viti E, P, Z, col polo positivo della pila, col filo telegrafico della linea e colla

macchina a segnali o colla soneria. Una di queste molle, che è quella in comunicazione col filo della linea, tocca la striscia metallica continua dell'orlo; le altre due molle sono applicate contro quella metà dell'orlo che è interpolatamente di legno e di metallo, e sono disposte in modo che mentre una tocca un dente metallico, l'altra è in contatto dello spazio lasciato in legno. Allorchè il manipolatore è sul punto di riposo e quindi col manubrio sul segno —, la molla che comunica colla macchina telegrafica tocca il dente di metallo del manipolatore, di maniera che vi è comunicazione fra la molla, il filo della linea e la macchina. In tanto la terza molla, quella cioè che per mezzo di un filo comunica col polo positivo della pila, preme sull'intervallo di legno ed è quindi isolata. È assai facile d'intendere come facendo ruotare il disco del manipolatore, la comunicazione fra il filo della linea e quello della macchina a segnali venga ad essere ora tolta ora ristabilita successivamente, e come altrettanto avvenga fra lo stesso filo della linea e il polo positivo della pila, colla differenza che quando esiste la prima comunicazione manca la seconda e viceversa.

Si possono ottenere in un tempo anche più breve di quello che occorre col descritto manipolatore le interruzioni ed i passaggi successivi della corrente senza fare i due movimenti accennati, quello cioè di mettere la punta del manubrio nel foro della lettera che si deve marcare e indi far ruotare il disco sino al suo incontro col pezzo d'arresto. A questo fine i passaggi e le interruzioni si

producono per mezzo di una ruota dentata, la quale è portata dall'asse unito al manubrio, e i di cui denti vengono ad urtare una molla e così a stabilire la comunicazione: il disco su cui sono incise le lettere è fisso. Con questo sistema di manipolatore viene diminuito all'incirca di metà il tempo della trasmissione dei segnali, poichè nel portarsi che fa il manubrio dal punto di riposo alla lettera da marcarsi, avvengono contemporaneamente i passaggi e le interruzioni della corrente e quindi i segnali.

Alcuni di questi manipolatori di una più recente costruzione sono in attività da alcuni mesi sulle nostre linee con un ottimo risultato. La celerità della trasmissione dei segnali con questi manipolatori è grandissima e può dirsi che non ha altro limite che quello di cui parleremo in breve, e che dipende dal tempo necessario perchè le oscillazioni dell'ancora nella macchina a segnali possano succedersi colla richiesta regolarità.

Il telegrafo a quadrante o la macchina a segnali propriamente detta consiste esternamente in una cassetta quadra di legno, che in una delle sue faccie verticali porta un'apertura circolare chiusa da un cristallo, di dietro al quale sta la mostra del telegrafo, cioè un quadrante di metallo colle lettere e cogli altri segnali distintamente incisi, e sopra cui si muove una lancetta di mica terminata in una punta nera a quella estremità che indica le lettere. Sulla stessa faccia della cassetta appaiono due altri piccoli fori, uno dei quali serve ad introdurre la

Per mezzo di una vite i due cilindri possono essere mossi orizzontalmente e in un modo assai regolare. Di contro ai due poli dei cilindri elettro-magnetici è sospesa l'ancora P di ferro dolce, la quale secondo che la corrente circola o è interrotta, per cui le estremità dei cilindri ora sono magnetizzate ora allo stato naturale, viene ad essere ora attratta ora abbandonata a sè. All'asta verticale S dell'ancora è fissata una delle estremità di una piccola spirale HK di ottone; un filo di seta unito all'altra estremità di questa spirale passa nel foro *a*, e viene ad avvolgersi intorno al perno *b*. In questo perno *b*, per mezzo del foro praticato nella faccia esterna della cassetta e già accennato, è introdotta la chiavina con cui si regola la tensione più o meno grande della spirale. Dalla quale descrizione s'intende come l'ancora, ritenuta in una certa posizione dal modo con cui è sospesa e dalla tensione varia della spirale, possa essere messa in oscillazione, se per i passaggi e le interruzioni successive della corrente ora è attratta dai cilindri elettro-magnetici, ora restituita al suo posto dalla forza elastica della spirale. Lo che ben inteso, non rimane più alcuna difficoltà a concepire come da questi alternativi movimenti od oscillazioni dell'ancora si ottiene il moto della lancetta intorno al quadrante del telegrafo. Il meccanismo destinato a questa trasformazione di movimenti è analogo a quello dello *scappamento* degli orologi o a molla o a pendolo. In fatti la lancetta del telegrafo è fissata ad un asse portante un piccolo rocchetto e la ruota Z detta dai francesi *à rochet*: il numero dei denti inclinati di questa

ruota è la metà dei passi che deve fare la lancetta percorrendo l'intero quadrante, e per l'inclinazione dei denti, la rotazione del sistema non può accadere che in un sol senso ed è impedita nel senso opposto. Un meccanismo d'orologeria messo in azione dalla molla del barile che si carica colla chiave introdotta nel foro esterno già descritto, qualora fosse lasciato libero, presto si scaricherebbe e le sue ruote e l'indice girerebbero con una velocità grandissima e varia, distruggendo in pochi istanti la forza motrice. Ma il pezzo dello scappamento che è quello detto ad *àncora* nella nostra macchina e che fa parte dell'*àncora* di ferro dolce, è disposto in modo da entrare successivamente con una delle sue due palette fra i denti inclinati della ruota *à rochet* Z, per cui può essere ora permesso ed ora impedito a quella ruota e quindi all'indice di girare. Le oscillazioni dell'*àncora* e quindi i movimenti dello scappamento dipendono, come già si è detto, dal magnetismo temporario generato dal passaggio della corrente o dal cessare di questo magnetismo per l'interruzione della corrente stessa. Nell'istante in cui la corrente passa nel filo di rame dei cilindri elettro-magnetici, i suoi poli attirano l'*àncora*; per cui la palette dello scappamento essendo spostata, lascia passare il dente della ruota che tratteneva: intanto l'altra palette si trova spinta contro il dente successivo e così la lancetta ha fatto un passo solo. Cessando la corrente e l'attrazione dell'*àncora*, la piccola spirale S rimette l'*àncora* al suo posto, nel qual atto accade un secondo passo dello scappamento e quindi un secondo movimento della lan-

cetta.

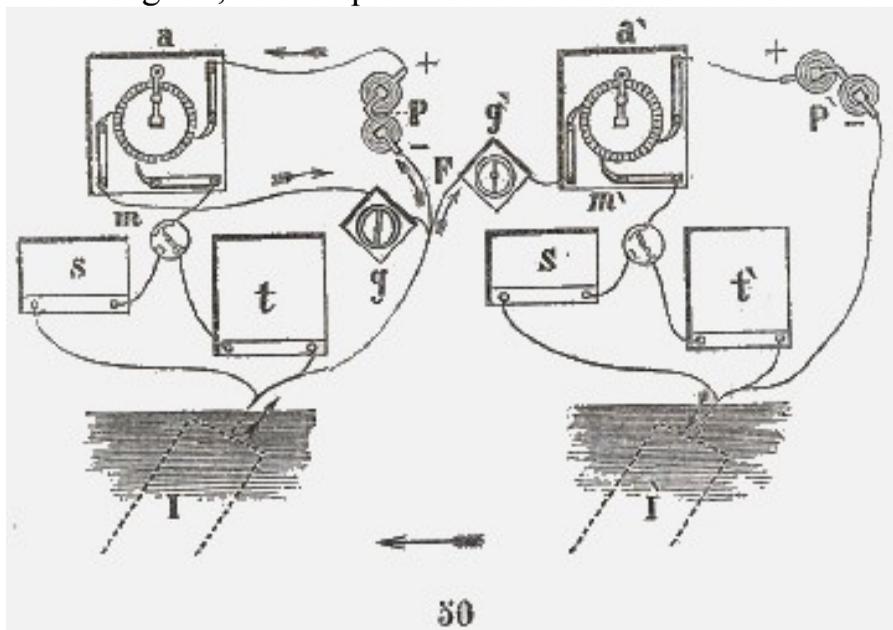
Dopo questa descrizione, che speriamo sia sufficientemente dettagliata, ci crediamo dispensati dal parlar lungamente della *soneria* o dell'*allarme*, per mezzo del quale gli impiegati degli ufizi telegrafici sono avvertiti dagli ufizi con cui corrispondono, e chiamati ad attendere alla macchina a segnali. Anche nella *soneria* o nell'*allarme* vi sono l'elettrocalamite, l'ancora di ferro dolce e un movimento d'orologeria, che è però più semplice di quello della macchina a segnali, non essendovi la ruota ed il pezzo dello scappamento. Nella *soneria* la forza motrice, che è quella di una molla tesa, è ritenuta da un pezzo unito all'ancora nella sua posizione di riposo; allorchè la corrente passa, l'ancora è attratta, e lascia così libera la funzione della molla, per cui l'asta intorno di cui è avvolta la molla imprende a ruotare rapidamente, nel qual movimento incontra successivamente un piccolo battaglio e lo costringe ad urtare contro il suo timbro.

Si possono immaginare facilmente e si sono infatti eseguiti, molti altri congegni fondati sopra questi principii onde dare colla corrente elettrica dei segnali d'avvertimento.

Per non lasciare imperfetta e quasi inutile questa descrizione delle macchine telegrafiche, ci rimane per ultimo a dire della loro disposizione in due uffizi telegrafici che corrispondono assieme.

Si veggono disegnati (fig. 50) in *a* e *a'* i manipolatori dei due uffizi; *t* e *t'* sono le due macchine a segnali, e *s* e

s' le sonerie; p e p' sono le pile, g e g' i due galvanometri; m e m' sono due commutatori, cioè degli apparecchi destinati a far comunicare una delle molle del manipolatore ora colla soneria ora col telegrafo. A questo fine una striscia di metallo, che si fa girare per mezzo di un manubrio sopra un disco di legno, viene a congiungere talora i capi metallici della molla e del filo della macchina a segnali, talora quelli della stessa molla e del filo



della soneria. F è il filo metallico della linea che congiunge i due uffizi, e I ed I' sono le due lastre di rame che pescano nei due pozzi presso agli uffizi, e per mezzo dei quali il circuito si completa collo strato terrestre interposto. Ognuna di queste lastre di rame comunica con tre fili metallici; uno di questi fili termina col capo

del filo avvolto intorno al cilindro elettro-magnetico della macchina a segnali, il secondo col filo simile della soneria, e il terzo col polo negativo della pila.

Chiunque ricorderà ora le disposizioni già descritte parlando delle molle del manipolatore e della loro comunicazione col filo della linea, colla macchina a segnali o colla soneria, e col polo positivo della pila, potrà concepire facilmente, come partendo dal punto di riposo, possa ognuno degli ufizi incominciare a dar segnali all'altro, e come per ogni due segnali dati ritornino le macchine dei due ufizi nelle condizioni stesse di riposo, per cui l'impiegato che ha ricevuto quei primi segnali può rispondere all'altro.

Gettando gli occhi sulla figura (50) si vedrà come al punto di riposo non vi è mai corrente che circoli, imperocchè in ognuno dei due manipolatori la molla che comunica col polo positivo della pila tocca in quell'istante l'intervallo o lo spazio che è in legno.

Vediamo ora ciò che avviene allorchè uno degli impiegati imprende a trasmettere segnali all'altro. A questo fine esso comincia dal far girare di un passo il suo manipolatore, portando il manubrio nel foro che corrisponde al segno +, posto subito alla destra del segno – o di riposo, e spingendo il manubrio contro il punto d'arresto. Per questo movimento la molla che comunica col polo positivo della pila viene in contatto di un dente metallico, mentre si porta sul legno l'altra molla in comunicazione colla propria macchina a segnali. Per questa nuo-

va disposizione delle comunicazioni la corrente della pila dell'uffizio, che scrive, traversa il proprio manipolatore, e per mezzo di quella molla che è in un contatto metallico continuo col manipolatore stesso, entra nel filo F della linea e giunge al manipolatore dell'altro ufficio che trova nel punto di riposo, e quindi colla molla che comunica colla macchina telegrafica, in comunicazione metallica colla molla del filo della linea. Traversato il filo di rame dei cilindri elettro-magnetici, la corrente entra nella lastra del pozzo, traversa lo strato terrestre interposto e giunta all'altra lastra dell'uffizio che ha trasmesso il segnale, trova infine il polo negativo della pila. Nello stesso tempo è accaduta la magnetizzazione dei cilindri elettro-magnetici della macchina ricevente, e quindi la sua lancetta si è portata sul segno $+$, dove è pure il manubrio del manipolatore che scrive. Un secondo passo fatto fare a questo stesso manipolatore portando il manubrio sulla lettera A , interrompe il passaggio della corrente, perchè rimette sul legno la molla che comunica col polo positivo della pila: cessa quindi la magnetizzazione dei cilindri della macchina dell'uffizio ricevente, l'ancora di ferro dolce torna al suo posto, per cui anche l'indice fa un altro passo e segna la lettera A . Questi movimenti accompagnati dalle medesime successioni d'interruzioni e di passaggi della corrente determinano il moto della lancetta intorno al suo quadrante. Affinchè questo moto succeda colla necessaria prontezza e regolarità devono verificarsi le condizioni seguenti:

1. La corrente elettrica deve essere sufficientemente forte, e tanto che la macchina agisca colla spirale piuttosto tesa; può rallentarsi la spirale nel caso d'indebolimento della corrente per pioggia, ma sempre temporariamente dovendosi coll'aumento della corrente rimettere al primo stato;

2. Le elettro-calamite devono in ogni caso essere tenute assai prossime all'èncora;

3. È necessario che la corrente elettrica sia sempre la medesima, e quindi sia misurata accuratamente col galvanometro, e che le pile siano mantenute in uno stato perfetto e costante;

4. La direzione della corrente nella spirale dell'elettro-calamita dev'essere sempre la stessa;

5. Il manipolatore deve aver sempre pulite le sue parti metalliche, e conviene togliere con diligenza la striscia di polvere metallica o d'ossido che per l'attrito si attacca sulle parti di legno, e sopra tutto è d'uopo mantenere ben fissate le molle, onde i loro contatti ora col metallo ora col legno sieno invariabili e sempre nello stesso punto.

Qualora sieno rigorosamente osservate queste condizioni, si è certi di scrivere colle macchine telegrafiche a quadrante con esattezza, e con una rapidità sufficiente, e assolutamente non inferiore a quella delle macchine a galvanometri e a segnali continui.

Noi speriamo di avervi così data una cognizione abbastanza precisa della più importante fra tutte le applica-

zioni dell'elettricità. Usciremmo certamente fuori dei limiti assegnati a queste lezioni se volessimo anche estenderci a parlare di tutte le pratiche e formalità amministrative che concernono il servizio pubblico dei telegrafi.

Quanto al prezzo delle comunicazioni fatte per mezzo dei telegrafi è quasi impossibile a fissarsi giustamente, di confronto a quello delle comunicazioni ordinarie per mezzo della posta o dei corrieri; d'altronde la comunicazione per telegrafo elettrico non avendo per la sua velocità e costanza termini di confronto cogli altri mezzi di comunicazione a distanza, diviene impossibile di apprezzarne il valore.

Sulle linee toscane il prezzo d'un dispaccio formato in termine medio di 20 parole, costerebbe al Governo otto quattrini, o poco più di dieci centesimi, nell'ipotesi che fosse trasmesso per telegrafo elettrico tutto quel numero di dispacci che si può.

Per compiere tutto ciò che di più importante riguarda la telegrafia elettrica, diremo ancora del progetto fatto, e già in molti luoghi praticato, di usare il telegrafo elettrico per conoscere i movimenti dei treni e delle locomotive sulle strade ferrate.

Il principio su cui sono costruite le macchine telegrafiche per questo uso è lo stesso delle altre, se non che ne differiscono nel dare l'indicazione al momento in cui il circuito s'apre. Per conseguenza, il filo di questo telegrafo e delle sue macchine è costantemente percorso dalla

corrente, e allorchè il treno passa ad una certa stazione, la guardia stradale con uno commutatore apre il circuito e lo richiude l'istante dopo, per cui si hanno alle stazioni i segnali del passaggio del treno in quel punto della strada. Questa stessa operazione è ripetuta dall'altra guardia che viene poi, e così successivamente.

Sulla strada ferrata fra Poggibonsi e Siena funziona regolarmente una linea telegrafica a circuito sempre chiuso; l'utilità di questo sistema è evidente nelle strade montuose e soggette a movimenti di terreno.

Diciamo infine una parola del telegrafo elettrico sotto-marino.

Come la terra, l'acqua del mare e dei fiumi serve benissimo per l'ufficio della metà del circuito; ma volendo far comunicare due punti separati dal mare conviene poter sospendere fra questi due punti e tenere isolato nel mare un filo metallico.

Le recenti esperienze tentate in Inghilterra fra Dover e Calais col filo di rame coperto di *gutta perca*, hanno dato, un risultato soddisfacente.

Malgrado il buon esito di questo primo esperimento è a temersi grandemente che a distanze maggiori si possa riescire: la spesa sarà enorme, e ad ogni rottura, non difficile ad accadere per l'alterazione che la *gutta perca* e il filo di rame soffrono alla lunga, l'opera dovrà quasi interamente rifarsi.

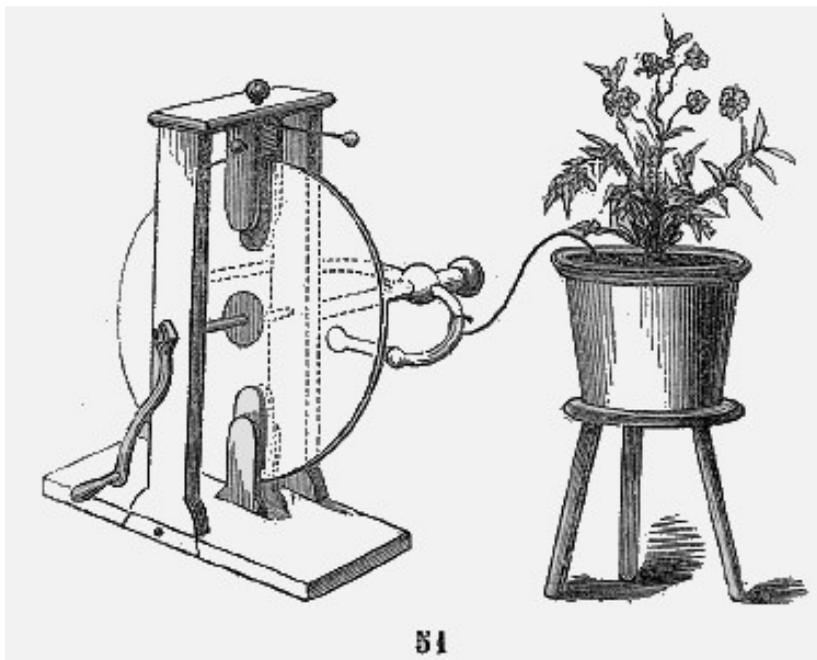
Dirovvi finalmente che Bain in Inghilterra e Fizeau in

Francia hanno immaginato di usare l'elettromagnetismo per mettere in movimento un orologio. Le oscillazioni di un pendolo sono regolate dalle attrazioni ora a destra ora a sinistra che esso fa per l'attrazione di un'elettro-calamita. Per il movimento stesso del pendolo, e con un congegno assai facile a concepirsi, la corrente passa ora nell'elettro-calamita a sinistra, ora in quella a destra.

Quando si ammetta che la corrente abbia sempre la stessa intensità, il movimento del pendolo così ottenuto potrebbe servire a metter in moto molti orologi i quali dovranno necessariamente camminare d'accordo. Ci manca però sin qui una pila di cui la corrente possa ritenersi costante per molto tempo e sopra tutto in quel grado che sarebbe necessario per il movimento regolare degli orologi.

Lezione duodecima — *Elettro-cultura; usi medici dell'elettricità.*

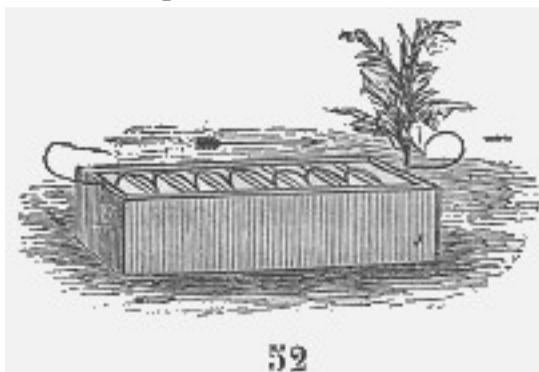
Fin dai tempi di Nollet e di Bertolon si vantavano prodigiosi effetti dell'elettricità applicata ai vegetabili, ed esistono nei libri di quei tempi racconti di piante che hanno preso uno straordinario sviluppo per essere state mantenute in uno stato elettrico permanente mediante, la loro comunicazione con una macchina elettrica.



Queste osservazioni ed esperienze furono riprese in seguito da osservatori più diligenti e non pregiudicati, e si venne infine alla conclusione che l'elettricità non ave-

va nessuna sensibile influenza sulla vegetazione.

Il celebre Davy s'applicò pure a questo studio e trovò che facendo passare la corrente elettrica in uno strato di terra o di sabbia bagnata, su cui erano sparsi dei semi di senapa o d'altra pianta facile a germogliare, i primi segni della germogliazione si vedevano al polo positivo della pila. Becquerel, ripetendo in seguito l'esperienza di Davy, giunse ad un risultato esattamente contrario, trovando cioè che la germogliazione succedeva prima al polo negativo che al positivo.



Ho più volte ripetuta quest'esperienza ed ho costantemente trovato, come Becquerel, che i semi ultimi a germogliare erano quelli tenuti presso il polo positivo, ed ho potuto di più spiegarmi facilmente questo risultato mostrando che se, indipendentemente dalla corrente, i semi sono bagnati da un liquido leggermente acido hanno ritardata e spesso perdono la facoltà di germogliare, mentre in vece questa facoltà è favorita se sono in contatto delle soluzioni leggermente alcaline. Succede per conseguenza che al polo positivo ove si separano dalla

corrente gli acidi dai sali dell'acqua con cui i semi sono bagnati, la germogliazione è ritardata, mentre succede al contrario al polo negativo.

Devo però anche aggiungere che ho ripetuto in seguito più volte quest'esperienza agendo in piena terra e che non ho mai trovata nessuna differenza nella germogliazione e nell'accrescimento delle piante prodotta dal passaggio della corrente. Lo che non è difficile ad intendersi se si considera, che nell'esperienza fatta in piena terra gli alcali e gli acidi che possono essere separati ai poli dell'azione elettrochimica sono presto neutralizzati e non possono quindi conservare alcuna azione sui semi.

Queste considerazioni valgono per dimostrare il poco valore degli annunci di certi agricoltori inglesi che hanno voluto in questi ultimi tempi proclamare con solennità i vantaggi dell'elettro-cultura, e formare delle grandi associazioni onde intraprenderla.

Con maggior fondamento potremo ragionare dell'elettricità applicata agli usi medici.

Mi è impossibile di sviluppare in questa lezione la parte teorica riguardante quest'argomento, la quale basterebbe da sè sola per materia di un insegnamento speciale. Dovrò per conseguenza limitarmi all'esposizione dei fatti principali dell'elettro-fisiologia essenzialmente necessari ad intendere il fondamento scientifico degli usi medici dell'elettricità.

Si era creduto dai fisici della prima metà del secolo passato che un uomo, tenuto sopra un banchetto isolato

ed elettrizzato colla macchina elettrica, provasse degli effetti distinti e costanti, quali sarebbero un aumento nella circolazione sanguigna, nella traspirazione cutanea e in tutte le secrezioni.

Van Marum è il primo fisico che abbia tentato con esattezza esperienze sull'azione fisiologica dell'elettricità statica, e che si sia assicurato che questa influenza era nulla.

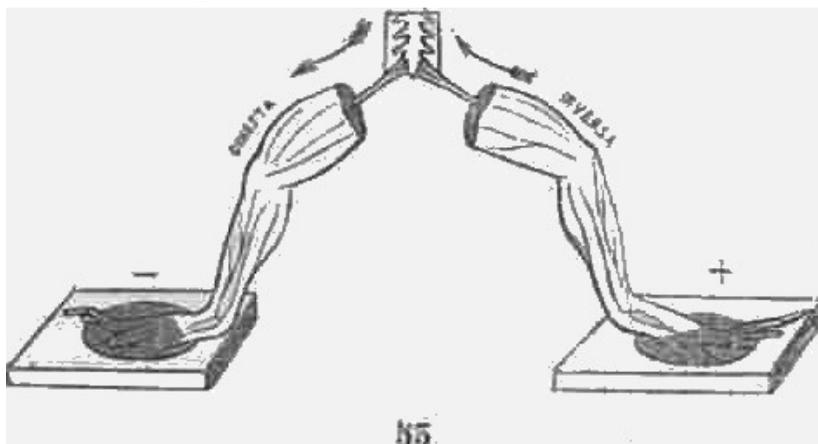
Quanto all'azione della scarica o della corrente elettrica fatta passare attraverso al corpo di un animale vivo, l'azione è tutt'altro che nulla. La celebre scoperta del Galvani nel 1786 aprì un'era tutta nuova per la fisica e per la fisiologia, e da quell'epoca non si è cessato mai di studiare la relazione fra la corrente elettrica e la sua direzione nei nervi, ed i fenomeni di sensazione e di contrazione muscolare da essa svegliati.

Da un grandissimo numero di esperienze che ho tentate sopra questo soggetto, si possono oggi trarre le seguenti conclusioni, che considero come ben dimostrate e rigorosamente dedotte dall'esperienza.

1^a Il passaggio della corrente elettrica in un nervo fa variare l'eccitabilità di esso in un modo assai diverso secondo la sua direzione. Se la corrente percorre il nervo nel senso della sua ramificazione, cioè se il polo positivo è posto sul nervo verso la parte che viene dal cervello o dalla midolla spinale, e il negativo verso quella che termina nei muscoli, la corrente, che dicesi in questo caso *diretta*, non tarda ad indebolire ed anche a distrug-

gere l'eccitabilità del nervo stesso; se invece la corrente si fa passare nel nervo in una direzione contraria, nel qual caso si dice *inversa*, l'eccitabilità del nervo è conservata ed accresciuta.

Un'esperienza semplice e che ognuno è in grado di ripetere facilmente basta a provare questa prima legge elettro-fisiologica.



Si uccida una rana tagliandola per metà, si scortichi e le si tolgano tutti i visceri; s'introducano le forbici fra i nervi spinali e le ossa del bacino a modo da esportarne tutte le ossa e i muscoli del bacino stesso; finalmente si tagli quella specie di articolazione che riunisce le due cosce. Si avrà così la rana ridotta alle due membra inferiori coi loro nervi attaccati ad un pezzo di spina. Si metta questa rana a cavallo fra due bicchieri o due caselle di porcellana, in modo che ognuna delle due gambe peschi nell'acqua, e si chiuda il circuito immergendo un polo di una pila di 20 a 30 elementi di Volta a colonna in

uno dei bicchieri e l'altro nell'altro bicchiere.

Si vede da questa disposizione che uno dei nervi e dei membri di quella rana, è percorso dalla corrente *diretta*, e l'altro dalla corrente *inversa*. Lasciando il circuito chiuso quindici, venti o trenta minuti al più, secondo la forza dell'animale, si trova che il nervo percorso dalla corrente diretta ha perduta la sua eccitabilità, per cui irritato o colla corrente o con uno stimolo qualunque, non vi sono più contrazioni svegliate. Al contrario il nervo percorso dalla corrente *inversa*, ha tutta la sua eccitabilità, e allorchè si apre il circuito, si vede il suo membro preso di una convulsione tetanica che dura molti minuti e che si può far cessare subito richiudendo il circuito.

2^a Queste variazioni nell'eccitabilità del nervo, prodotte dal passaggio della corrente, tendono a distruggersi, più o meno presto, cessata la corrente: se il nervo è dotato di una grande eccitabilità, come sull'animale vivo o appena ucciso, le variazioni cessano rapidissimamente al cessare della corrente, mentre persistono per un certo tempo se il nervo ha già perduto gran parte della sua eccitabilità.

3^a La contrazione eccitata da una data corrente al momento in cui comincia a passare in un nervo è diversamente forte secondo la direzione della corrente; preso il nervo con tutta la sua eccitabilità naturale, la contrazione prodotta dalla corrente diretta è sempre maggiore di quella dovuta alla corrente inversa.

L'azione fisiologica della corrente elettrica così defi-

nita è necessariamente un fenomeno assai composto: le contrazioni e le sensazioni che si producono sì al chiudere che all'aprire del circuito sono un effetto di quella *scarica elettrica*, analoga alla scintilla della bottiglia, che avviene in quegli istanti e che colle pile di un gran numero di coppie si manifesta colla scintilla.

Queste generalità ammesse, passeremo a dire degli usi medici dell'elettricità.

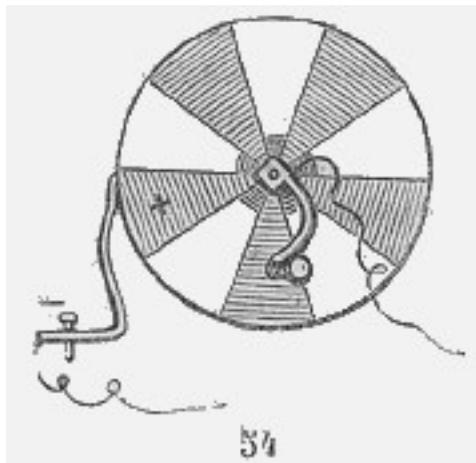
Indipendentemente da qualunque idea teorica o da ogni ipotesi sulla forza nervosa, non possiamo non vedere un'analogia fra lo stato dei nervi di un membro paralizzato e quello della gamba di una rana di cui il nervo fu percorso per troppo lungo tempo dalla corrente diretta. Se dunque, facendo passare per questo nervo così stanco una corrente inversa, lo vediamo riprendere la sua eccitabilità, e così riapparire le contrazioni, è ragionevole il credere che l'uso della corrente inversa sopra un membro preso da paralisi possa esser indicato come rimedio.

V'è anche un altro fatto elettro-fisiologico che ci consiglia il modo più conveniente con cui deve essere applicata la corrente nella cura della paralisi.

Si prenda una rana preparata nel modo descritto od anche viva e vi si faccia passare la corrente, non più tenendo il circuito chiuso, ma in vece chiudendolo ed aprendolo molte volte di seguito. Se la corrente è molto forte, e se le scosse così date l'una dopo l'altra si prolungano per un certo tempo, la rana muore presto, e la sua

eccitabilità è affatto estinta.

Questa maniera di agire coll'elettricità è tanto attiva che un coniglio od un gatto s'uccidono in pochi minuti e con una pila di poche coppie. Per ottenere facilmente queste successive interruzioni e chiusure del circuito, si usa una ruota di legno che ha tante razze metalliche le quali finiscono sull'orlo della ruota da una parte e sull'asse dall'altra. Se allora un polo della pila è unito all'asse della ruota e l'altro ad una molla d'ottone che preme



contro l'orlo della ruota stessa, s'intende come facendo girare la ruota viene chiuso il circuito tutte le volte che la molla tocca la razza metallica, ed è interrotto quando questa si trova sull'intervallo di legno. Secondo che questa rotazione e più o meno rapida, si possono avere molte centinaia di scosse in un minuto secondo: oltrepassando però un certo limite, che sembra di circa 300 scosse per secondo, l'intervallo fra l'una e l'altra diviene così

piccolo che non è più distinto per l'animale, ed è come se il circuito fosse sempre chiuso.

Se in vece di dar tante scosse e così frequenti alla rana, si limita per tempo questa maniera di agire della corrente, si trova costantemente che la rana è presa da convulsioni fortissime e che durano un certo tempo. Dal che si deduce che il nervo tormentato dentro certi limiti da un certo numero di passaggi successivi della corrente, anzi che perdere d'eccitabilità, si trova ad averla in qualche modo esaltata. Deve dunque la corrente inversa applicarsi alla cura della paralisi col metodo dell'interruzioni.

Finalmente v'è un altro fatto che deve pure esser citato a proposito dei principi scientifici su cui si fonda l'applicazione terapeutica dell'elettricità.

Si taglino sopra una rana o sopra un animale qualunque i due nervi sciatici o crurali; poi nel tronco inferiore di uno di questi nervi, per es. in quello del membro diritto, si faccia ogni giorno passare per poco tempo e ininterrottamente la corrente, a modo che il membro venga a contrarsi alcune volte. Si troverà dopo 6, 8 o 10 giorni, essendo sempre l'animale vivo, che il nervo che non fu mai eccitato dalla corrente e di cui il membro non si contrasse mai, ha perduta affatto la sua eccitabilità, mentre l'altro l'ha conservata in parte.

Vi sono dunque ragioni e analogie scientifiche fondate per consigliare l'uso della corrente elettrica nella cura della paralisi, dalle quali si dedurrebbe che in ogni para-

lisi di movimento si dovesse sempre applicare la corrente inversa e non a circuito chiuso, ma col metodo delle interruzioni. In ogni caso è sempre utile cominciare con una corrente assai debole, e dopo trenta o quaranta interruzioni, lasciar riposare il malato per poi ripetere l'applicazione. In ogni seduta si potrebbero dare all'infermo due o tre cento scosse, e così continuare per molti e molti giorni.

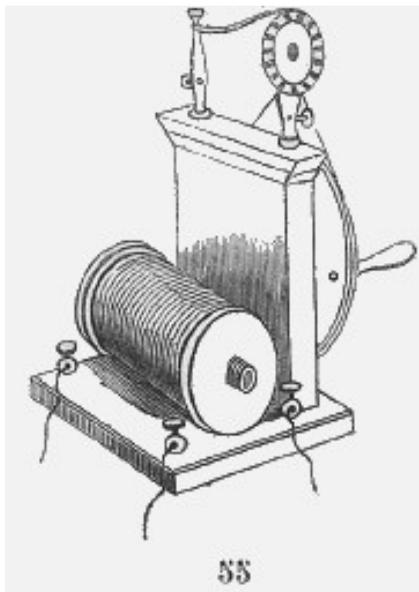
Perseverare nella cura elettrica è la sola maniera di ottenere un qualche buon risultato. I medici ed i malati dovrebbero essere ben penetrati di questa verità, e spetterebbe ai primi di tenere un registro esatto di tutte le circostanze che accompagnano una cura elettrica.

Ciò è tanto vero, che senza alcune storie rigorosamente descritte dal Mariannini, da Namias e dal Cima, non avremmo ancora un caso di guarigione di paralisi colla corrente elettrica ben dimostrato, malgrado le centinaia di casi di cure elettriche che si sono tentate. Da ciò procede la cieca fiducia di alcuni nell'uso medico delle correnti, e la nessuna confidenza di altri in questo mezzo. Alcuni medici tentano l'applicazione della corrente per alcuni giorni poi se ne stancano: altri cominciano con correnti troppo forti, danno un gran numero di scosse, e spesso accrescono il male. Vorrei che tutti i medici avessero presente il caso al quale ho assistito assieme al professore Fedeli di Pisa, nel quale si vide un individuo malato di paralisi, esser preso da convulsioni tetaniche violentissime, per poche scosse elettriche date

con una pila *di una sola coppia*.

Gli apparecchi elettrici che possono usarsi nella cura elettrica sono di varie forme.

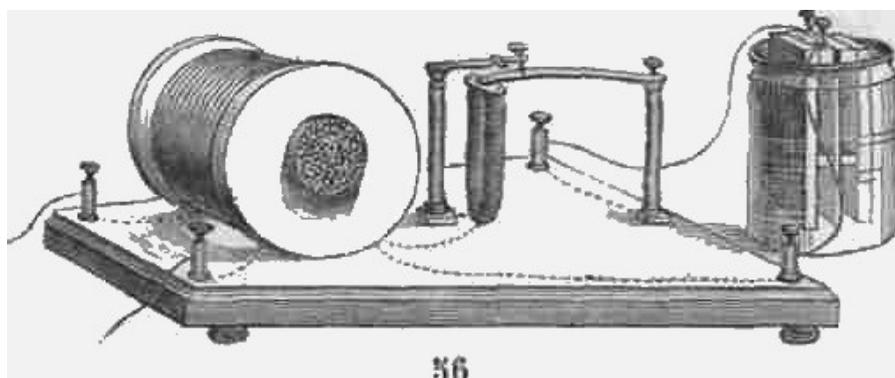
Una pila a corona di tazze o meglio una di Daniell di sei od otto elementi è sufficiente per ogni cura elettrica. Per poter ottenere comodamente le interruzioni si usa la ruota che già descrissi. Introducendo nel circuito una



spirale elettro-magnetica col suo cilindro di ferro dolce o meglio con un fascio di fili sottili di ferro si ottengono le scosse assai più forti, le quali possono moderarsi togliendo via via dei fili di ferro dal fascio.

Si costruiscono oggi al prezzo di 70 a 80 franchi delle piccole macchine colle quali senza l'uso della ruota si hanno le interruzioni del circuito e quindi le scosse.

Esse consistono in una pila di uno o due elementi di Daniell, nel cui circuito vi è una spirale elettro-magnetica. Il passaggio della corrente viene successivamente interrotto e chiuso per mezzo di una piccola àncora di ferro dolce che fa parte del circuito, e che è mobile: passando la corrente l'ancora è attratta e cessa così di essere chiuso il circuito; allora non essendo più attratta, l'àncora ricade e richiude da sè nuovamente il circuito.

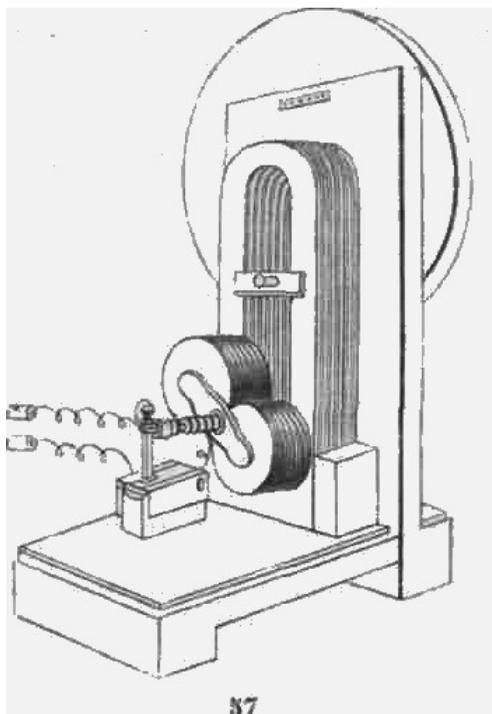


Magendie si serve della macchina elettro-magnetica, così detta di Clarke, i di cui effetti si possono moderare con un'àncora di ferro dolce applicata sui poli della calamita artificiale.

Onde applicare i poli sul corpo umano è utile di usare delle estremità metalliche di una superficie assai estesa, e di bagnar prima con acqua salata quei punti della pelle su cui i poli vanno applicati: senza questa precauzione il malato prova dei dolori acuti nei punti toccati dai poli e spesso la pelle si fa rossa, dolorosa ed anche s'ulcera.

In quei casi in cui e specialmente in principio della

cura, il passaggio della corrente non eccita contrazioni, si possono usare per poli gli aghi d'acciaio adoperati per l'ago-puntura.



Un'altra malattia per la quale si è proposto l'uso della corrente elettrica è il tetano, ed ecco su quali basi scientifiche.

Già dicemmo che qualunque animale tormentato da passaggi interrotti, molti e frequenti, di una corrente elettrica, era preso prima di morire da contrazioni tetaniche. Dicemmo ancora che allorchè il nervo di un ranocchione era stato percorso per lungo tempo da una corrente

inversa, all'aprirsi del circuito si avevano contrazioni tetaniche che cessavano all'istante ristabilendo il passaggio della corrente.

Ho anche visto più volte sopra rane tetanizzate con certi veleni narcotici, cessare la rigidità delle membra col far passare una corrente diretta continua.

Era dunque consigliato da questi fatti di tentare l'applicazione della corrente continua nella cura del tetano.

Feci il primo questo tentativo in compagnia del dott. Farini e di alcuni medici di Ravenna, e la storia di questo caso è pubblicata nel fascicolo del maggio del 1858 della *Bibliothèque universelle*. Durante il tempo del passaggio della corrente l'ammalato non presentò più le solite violenti scosse, potè aprire e chiudere la bocca, e la traspirazione e la circolazione sembravano ristabilirsi. Disgraziatamente il miglioramento non durò a lungo; la malattia era cagionata e mantenuta dalla presenza di corpi estranei nei muscoli della gamba, e l'autopsia dimostrò l'esistenza di una lesione organica già accaduta nella midolla spinale.

V'è ragione di sperare che nei tetani non traumatici la cura elettrica potrà avere migliori e più permanenti risultati, e in ogni caso non sarà piccolo risultato quello di poter alleviare i patimenti di una malattia tanto dolorosa e fatale.

Fo' voti ardentissimi perchè i medici non lascino intentato questo metodo di cura del tetano.

La corrente elettrica fu anche proposta per la cura dei calcoli della vescica, delle cateratte, delle piaghe e delle aneurisme.

Per poco che si rifletta all'insolubilità del maggior numero delle materie che compongono i calcoli e all'intensità fortissima dalla corrente con cui bisognerebbe agire onde scomporre delle combinazioni poco solubili, non sarà difficile di dedurre che la dissoluzione dei calcoli in vescica colla corrente è cosa quasi impossibile e da non tentarsi mai per i gravi pericoli a cui espone il malato.

Si è proposto l'uso della corrente nella cura della cateratta, perchè si è creduto vedere che l'albumina coagulata dagli acidi svolti intorno al polo positivo di una pila, era disciolta rovesciando la disposizione dei poli a cagione dell'alcali svolto intorno al polo negativo.

Ho più volte ripetuta con ogni cura quest'esperienza ed ho visto costantemente che il coagulo formato al polo positivo di una pila non era mai disciolto cangiando il polo; non è raro di vedere formarsi, forse per il riscaldamento, un coagulo anche intorno al polo negativo. È dunque possibile di creare una cateratta colla corrente, ma non di distruggerla.

Quanto alla cura elettrica delle piaghe si supponeva, che una superficie piagata fosse il polo di una pila elettrica esistente nel corpo umano, e che la secrezione della piaga fosse un prodotto elettro-chimico. Per conseguenza, come Davy salvava il rame dei vascelli collo zinco, così si sarebbe dovuto sanar la piaga, invertendo la se-

crezione coll'istabilirvi un polo elettrico contrario.

Non so se alcun tentativo di simil genere sia mai riuscito, e può dubitarsene assai, giacchè l'origine delle secrezioni è certamente ben diversa da quella dei prodotti elettro-chimici.

Quanto alla cura delli aneurismi, si assicura da Petrequin e dal prof. Burci, che la corrente elettrica sia stata in alcuni casi utilmente applicata. Sembra che l'azione consista nel coagulo che produce nel sangue il riscaldamento dei poli o fili per cui la corrente è trasmessa.

FINE.

Indice delle lezioni

Prefazione

LEZIONE I. — Quadro generale dei fenomeni elettrici

LEZIONE II. — Sorgenti e macchine per isvolgere l'elettricità

LEZIONE III. — Azione chimica della corrente elettrica

LEZIONE IV. — Galvano-plastica o elettrotipia

LEZIONE V. — Elettro-doratura-argentatura

LEZIONE VI. — Seguito dell'elettro-chimica

LEZIONE VII. — Calore e luce sviluppati dall'elettricità

LEZIONE VIII. — Principii generali dell'elettricità dinamica

LEZIONE IX. — Dei fenomeni elettro-magnetici, della calamita temporaria e dell'azione universale del magnetismo

LEZIONE X. — Motori elettro magnetici

LEZIONE XI. — Telegrafi elettrici

LEZIONE XII. — Elettro-cultura; usi medici dell'elettricità