

L'INGEGNERIA CIVILE

E

LE ARTI INDUSTRIALI

PERIODICO TECNICO MENSILE

Ogni numero consta di **16** pagine a due colonne in-4° grande, con coperta stampata, con **incisioni** nel testo e **disegni** litografati in tavole a parte.

Le lettere ed i manoscritti relativi alla compilazione del Giornale vogliono essere inviati alla **Direzione** in **Torino, Via Carlo Alberto, 4.**

Il prezzo d'associazione
PER UN ANNO
è di **Lire 12** in Italia
e di **Lire 15** all'Estero.

Per le associazioni, le inserzioni, i pagamenti, ecc. rivolgersi agli Editori **Camilla e Bertolero** in **Torino, Piazza Vitt. Emanuele, 1.**

Non si restituiscono gli originali né si ricevono lettere o pieghi non affrancati.

Si annunziano nel Giornale tutte le opere e gli opuscoli spediti franchi alla Direzione dai loro Autori od Editori.

SOMMARIO.

- FISICA INDUSTRIALE.** — Le nuove macchine d'induzione (con una tavola).
STATICA GRAFICA. — Regole pratiche generali per uso dell'Ingegnere Costruttore (con 15 incisioni nel testo).
CHIMICA INDUSTRIALE. — Del nichelio, delle sue recenti applicazioni in generale, e più particolarmente della nichelatura elettro-chimica dei metalli.
BIBLIOGRAFIA. — Intorno ai movimenti non periodici dei sistemi di punti materiali. — Gallerie della traversata dell'Appennino nella linea Foggia-Napoli. — Ponte sul Po a Pontelagoscuro. — Cenni sull'opera di difesa alla ferrovia dell'Appennino lungo il Reno fra Porretta e Pracchia.

FISICA INDUSTRIALE

LE NUOVE MACCHINE DI INDUZIONE.

(Veggasi la tavola VII).

Grazie alle recenti innovazioni, le macchine di induzione magneto-elettriche e dinamo-elettriche sono uscite dalla schiera di quelle destinate soltanto a ricerche scientifiche ed a dimostrazioni scolastiche, ed hanno preso posto fra le macchine industriali.

Oggetti di questa nota sono: 1° dire del principio sul quale si fonda la costruzione delle nuove macchine quanto basta perchè si possano apprezzare, senza esagerarli, i pregi che le distinguono dalle macchine anteriori; 2° descrivere fra i modelli più recenti delle macchine moderne quelli che sembrano destinati ad un migliore avvenire nel campo industriale.

1. — Sono note le leggi di Lenz e di Neumann, le quali si possono riassumere così: se in presenza di correnti elettriche o di calamite *induttrici* si muove un circuito o parte di circuito chiuso, si manifestano in questo correnti *indotte* contrarie a quelle che dovrebbero esistervi acciocchè le attrazioni o le ripulsioni mutue tra di esse e le correnti o le calamite *induttrici* producessero il medesimo movimento. La forza elettro-motrice indotta in una parte qualunque del circuito indotto è uguale al lavoro riferito all'unità di tempo che su di essa farebbero le attrazioni delle correnti o delle calamite *induttrici* quando essa fosse percorsa da una corrente di intensità uguale all'unità. In altri termini, detto V il valore che avrebbe dopo il tempo t il potenziale del sistema induttore sul circuito indotto, se questo fosse percorso da una corrente di intensità uguale ad uno, la forza elettro-motrice indotta nell'istante medesimo è espressa in unità assolute dalla derivata $\frac{dV}{dt}$. Questa derivata si annulla e cambia di segno quando la funzione V passa per un mas-

simo o per un minimo; dunque la forza elettro-motrice indotta in una porzione del circuito indotto cambia di segno ogniqualvolta il potenziale delle attrazioni esercitate dall'induttore sopra di essa, supposta percorsa da una corrente di intensità uguale ad uno, è massimo o minimo.

Sopra questo principio generale è fondata la costruzione di tutte le macchine di induzione, delle più antiche come delle più recenti. In tutte poi il sistema induttore è costituito da calamite permanenti o da elettro-magneti attivate da correnti che si producono nella macchina stessa, ed il sistema indotto è formato da una o da più spirali con nucleo di ferro dolce, alle quali si imprime un moto di rotazione. Se una di tali spirali ha rispetto alle linee dei poli della calamita induttrice un moto angolare, il potenziale di questa sopra di essa è massimo o minimo quando l'asse del nucleo è parallelo alla linea dei poli; dunque la forza elettro-motrice indotta nella spirale cambia di segno quando l'asse di questo diventa parallelo alla retta dei poli. La posizione per cui si verifica questa condizione dicesi posizione *assiale*. La posizione della spirale, per cui l'asse del nucleo è perpendicolare alla linea dei poli dicesi invece *equatoriale*. Egli è quando le spirali passano nella posizione assiale, che in esse si inverte il segno della forza elettro-motrice indotta.

Ora v'hanno due modi di disporre le spirali indotte. O v'ha una spirale sola, o se ve ne sono parecchie, esse passano tutte contemporaneamente nella posizione assiale. Esse mandano allora nel circuito esterno correnti, le quali cambiano di segno periodicamente, ad ogni semi-rivoluzione, e che, per essere utilizzate, richiedono per lo più di essere raccolte per mezzo di un commutatore destinato ad orientarle. Tale è la disposizione delle macchine d'induzione ordinarie, delle macchine di Pixii, di Saxton di Clarke, di Siemens, di Wilde, di Ladd. Oppure v'hanno spirali disposte così, che le spire passino nella posizione assiale l'una dopo l'altra. Allora l'inversione di segno della forza elettro-motrice indotta avviene nelle singole spire successivamente. Tale è la disposizione delle macchine più recenti, delle quali specialmente noi ci vogliamo occupare. In queste macchine è possibile avere una corrente realmente continua e costante in intensità ed in direzione; e per questo motivo esse formano la soluzione di un problema importante nella scienza come nelle applicazioni. Chi per primo trovò questa soluzione fu il dott. Antonio Pacinotti, il quale fin dal 1860 costruì un apparecchio, di cui le moderne macchine non sono che modificazioni di particolari (1).

La parte essenziale dell'invenzione del Pacinotti sta in una forma nuova di spirale indotta, alla quale egli aveva dato il nome molto proprio di elettro-calamita trasversale, e

1) Nuovo Cimento, fascicolo di giugno 1864.

che si denomina anche propriamente spirale od elettro-calamita *anulare* od *armillare*: Essa ha infatti la forma di un anello: è una elettro-magnete continua, senza fine, rientrante in se stessa. Per farsene un'idea basta supporre che una elettro-magnete inizialmente diritta sia stata ripiegata in cerchio e che sieno state saldate insieme le sue estremità, nucleo con nucleo, filo con filo. Il nucleo adunque è un anello di ferro dolce, e la spirale di filo di rame isolato, che lo ricopre non ha estremità. Questa spirale però non è d'un pezzo, ma è fatta di tanti pezzi o spirali elementari, unite tra di loro capo a capo coll'intermezzo di un pezzo metallico posto a nudo, contro cui possono appoggiarsi opportuni sfregatoi uniti agli estremi del circuito esterno. Descriveremo fra poco la disposizione ingegnosa data dal Gramme a questi pezzi; per ora ci basti sapere che col loro mezzo è possibile porre le estremità di un circuito esterno in comunicazione con punti diversi della spirale continua.

La descritta spirale anulare è posta fra i poli di una calamita permanente o temporaria e può farsi ruotare rapidamente sul suo asse. Per questo movimento nelle spirali elementari, di cui essa si compone, le quali si possono considerare come elettro-calamite dritte con nucleo cilindrico, si sviluppano forze elettro-motrici. L'asse del nucleo di una di esse è normale alla retta dei poli dell'induttore quando la spirale è affacciata ad uno di questi poli; è parallelo alla retta medesima quando, avendo l'anello rotato di 90° , la spirale si trova equidistante dai poli induttori. Nel primo caso la spirale è in posizione equatoriale, nel secondo essa è nella posizione assiale. Dunque in ogni spirale elementare si ha una forza elettro-motrice che cambia di segno ogniqualvolta la spirale attraversa il piano condotto per l'asse di rotazione normalmente alla retta dei poli. In tutte le spirali elementari, che in un dato istante si trovano da una parte di questo piano, si ha una forza elettro-motrice diretta in un verso; in tutte quelle, che nel medesimo istante sono dall'altra parte del piano, si ha una forza elettro-motrice di segno contrario: in una metà della spirale anulare si ha una forza elettro-motrice di dato segno, nell'altra metà una forza elettro-motrice uguale e di segno contrario. Le due parti della spirale sono separate da un piano che noi diremo, *piano di inversione*.

Possiamo renderci altrimenti conto di questo fatto. L'anello di ferro dolce formante il nucleo della spirale, posto, come è, fra i poli della calamita induttrice, si trova magnetizzato per influenza: nella parte più vicina al polo *nord* di questa esso presenta un polo *sud*, e presenta un polo *nord* nella parte affacciata al polo *sud* dell'induttore. Sul diametro dell'anello parallelo alla retta dei poli dell'induttore si hanno i poli, sul diametro perpendicolare si hanno i punti neutri; l'anello rappresenta adunque un sistema di due calamite ripiegate a semicerchio ed unite coi poli omonimi.

I poli ed i punti neutri non seguono l'anello nella sua rotazione, ma stanno fissi nella posizione loro determinata dalle condizioni del sistema induttore; quindi i fenomeni che accompagnano la rotazione della spirale anulare, debbono essere quelli, che succederebbero quando le spire girassero sole, e nel loro interno stessero immobili le due calamite semicircolari delle quali si è parlato. Ora è facile vedere quello che accadrebbe in questo caso. Immaginiamo a quest'uopo tagliato l'anello di ferro in uno dei poli, e disteso poi in linea retta. Così esso si riduce ad un sistema di due calamite rettilinee M, M' unite coi poli omonimi B, B' (fig. 4). Consideriamone per ora una soltanto, per es., la M , e supponiamo che una spirale X si avvicini rapidamente al polo A venendo dalla sinistra, e che si faccia avanzare verso B . Come è noto, si manifesta in questa spirale una forza elettro-motrice tendente a produrre una corrente contraria a quelle, che, secondo la teoria di Ampère, esistono nella calamita M . Seguitando a muovere la spirale nel medesimo verso, una forza elettro-motrice del medesimo segno seguita a manifestarsi, finchè la spirale arriva nella sezione neutra M ad uguali distanze dai poli. Oltrepassando questa sezione, la forza elettro-motrice cambia di segno. Così nella intera corsa della spirale lungo la calamita M si debbono distinguere due periodi: nella prima metà della corsa la forza

elettro-motrice è tale da produrre una corrente inversa rispetto a quelle di Ampère, nella seconda metà è tale da produrre una corrente diretta.

Se invece di camminare da sinistra a destra, come noi abbiamo supposto, la spirale si movesse da destra a sinistra, entrando dal polo B per uscire dalla parte del polo A , la forza elettro-motrice indotta sarebbe in ogni posizione della spirale contraria a quella che nell'ipotesi precedente corrisponde alla medesima posizione. Ora, se alla calamita AB è unita la $B'A'$ come mostra la figura, e se la spirale, che è entrata dall'estremità A , seguita a muoversi sempre nel medesimo verso, fino in A' , essa subisce lungo $B'A'$ la stessa induzione, che subirebbe percorrendo BA da destra verso sinistra. Quindi la forza elettro-motrice ha in $B'M$ il verso che essa ha in MB , ed in $M'A'$ il verso che essa aveva in AM ; in una parola, la forza elettro-motrice cambia due volte di segno, in M ed in M' . Se immaginiamo l'anello rifatto e riposto a sito, noi troviamo i punti neutri M, M' in un piano prossimo a quello condotto per l'asse di rotazione perpendicolarmente alla retta dei poli della calamita induttrice; dunque ritroviamo quello che abbiamo visto già per altra via: che in tutte le spire, le quali in un dato istante si trovano da una medesima banda di questo piano, la forza elettro-motrice indotta ha il medesimo segno, e che in tutte le spire poste dall'altra banda del piano medesimo la forza elettro-motrice ha il segno contrario.

Detta S la lunghezza totale della spirale indotta, ed s la lunghezza di una parte di essa misurata in ogni istante a partire da uno dei due punti che in quell'istante si trovano nel piano di inversione, noi possiamo dire, che in ogni elemento ds della spirale agisce una forza elettro-motrice Fds , e che F è una funzione continua di s , che si annulla e

cambia di segno per $s=0$ e per $s=\frac{S}{2}$, e che per $s=S-s$

ha il valore che ha per $s=\tau$. La forza elettro-motrice totale

$$\int_0^S F ds$$

è adunque nulla, e se la spirale non è posta in comunicazione con circuiti esterni, in essa non si può manifestare una corrente continua.

In questo caso il solo effetto dell'induzione è di produrre nella spirale una distribuzione dell'elettricità libera diversa da quella, che corrisponde allo stato di riposo. Il potenziale P dell'elettricità libera, che nello stato di riposo ha un valore costante in tutti i punti del conduttore, diventa una funzione di s legata alla F dalla relazione:

$$\frac{dP}{ds} = F.$$

Questa uguaglianza prova, che P è massimo o minimo nei punti ove la forza elettro-motrice F è nulla; ma F è nulla e cambia segno nei punti ove la spirale è tagliata dal piano d'inversione, dunque il potenziale dell'elettricità libera prende, per effetto del movimento, valori diversi nei diversi punti della spirale, è massima in uno dei punti situati nel piano di inversione, minimo nell'altro.

Se adunque noi mettiamo in contatto con due punti della spirale le estremità di un circuito esterno, questo sarà percorso da una corrente, la intensità della quale è proporzionale alla differenza dei potenziali di quei due punti. Si avrà una intensità massima, se i punti toccati sono quelli situati nel piano di inversione.

Così si fa nelle macchine ad armatura armillare; le estremità del circuito esterno sono unite a due sfregatoi, i quali vengono a contatto coi pezzi metallici uniti ai capi delle spirali elementari, nel momento in cui queste attraversano il piano di inversione.

Per farci una idea concreta del fatto, possiamo osservare che le due metà della spirale anulare separate dal piano di inversione sono paragonabili a due pile di uguali forze elettro-motrici, fra loro congiunte co' poli omonimi. Nel circuito formato da queste due pile non può aversi corrente continua finchè esse non si congiungono con circuiti esterni; ma se

ai due poli positivi tra loro uniti si attacca una delle estremità di un conduttore, che coll'altra estremità si colleghi coi due poli negativi, le due pile riescono congiunte in quantità e mandano nel circuito esterno una corrente. La resistenza delle due pile così accoppiate è uguale alla metà di quella che presenterebbe ciascuna di esse: così la resistenza della spirale anulare nelle macchine di induzione riesce uguale ad un quarto di quella del filo con cui è formata.

Abbiamo supposto per semplicità che il piano di passaggio coincidesse col piano condotto per l'asse di rotazione perpendicolarmente alla retta dei poli della calamita induttrice. Ciò però non è esatto per due motivi. In primo luogo il ferro, con cui il nucleo è formato, non è mai assolutamente privo di forza coercitiva, la quale fa sì che gli stati magnetici seguano per un tratto l'anello nella sua rotazione. Ne risulta, che la linea dei poli dell'anello fa un angolo colla linea dei poli della calamita induttrice, che i poli dell'anello sono in ritardo rispetto a quelli della calamita induttrice e che questo ritardo cresce colla velocità.

In secondo luogo le correnti che percorrono le due semispirali quando la macchina è in movimento, agiscono sulla distribuzione del magnetismo nel nucleo: se questo non fosse già altrimenti magnetizzato, si formerebbero i poli nel piano di inversione. Una tale distribuzione di magnetismo, sovrapponendosi a quella dovuta alla influenza della calamita induttrice, dà luogo ad una magnetizzazione risultante, per cui i poli sono in ritardo rispetto a quelli della magnetee induttrice. Il ritardo dovuto a questa seconda causa è tanto maggiore quanto è più intensa la corrente indotta; è adunque funzione non solo della velocità dell'armilla, ma anche della resistenza sua e di quella del circuito esterno.

Per questi motivi anche il piano di inversione è in ritardo rispetto a quello che passa per l'asse di rotazione ed è perpendicolare alla linea dei poli induttori. E siccome per avere nel circuito esterno la massima differenza dei valori del potenziale, per avere la massima intensità di corrente è necessario disporre gli sfregatoi in modo che essi comunichino sempre con quelle delle spirali elementari, le quali stanno attraversando il piano di inversione, così anche gli sfregatoi dovranno essere posti alquanto in ritardo rispetto al piano equatoriale. Il ritardo conveniente è in ogni caso determinato dall'esperienza: ma noi sappiamo che esso dipende dalla velocità di rotazione dell'anello e dalla resistenza del circuito.

Se, senza alterare le dimensioni delle singole spire, si immagina ridotto a zero il raggio di curvatura dell'asse del nucleo anulare, la spirale anulare riesce trasformata in un gomitolo, senza che con ciò si cambino essenzialmente i fenomeni di induzione che vi si producono col movimento. Questa modificazione fu immaginata dallo stesso dott. Pacinotti (1) e dall'Hefner Alteneck, dietro le idee del quale Siemens ed Halske di Berlino costrussero macchine rimarchevoli. Scopo di tale modificazione era di aumentare l'induzione del nucleo sulle spire e di diminuire la resistenza di queste. Le esperienze fatte finora non sono ancora così numerose da bastare per decidere se la somma de' pregi di queste macchine superi quella degli inconvenienti. Sembra però che queste esperienze abbiano posto in chiaro un grave difetto; la spirale a gomitolo abbisognando di una grande velocità, la macchina si scaldava molto in un lavoro continuato. È questo il difetto più grave che si rimproverasse alle macchine poderose ad armatura cilindrica del Siemens, del Wilde e del Ladd.

Quali pregi le macchine ad armatura anulare abbiano sopra le macchine di induzione ordinarie risulta dalla descrizione sommaria e dalla teoria che di loro abbiamo esposto: 1° mentre le macchine ordinarie danno correnti alternate che si annullano e cambiano di segno ad ogni semirivoluzione delle spirali, e che anche orientate con un commutatore non possono formare altro che una corrente di intensità periodica, la quale ad ogni mezzo giro delle spirali passa

per un massimo e si annulla, nelle macchine moderne si ha una corrente diretta sempre nel medesimo verso e che può rendersi quasi assolutamente costante disponendo gli sfregatoi così che essi comunichino contemporaneamente con più d'una spirale elementare. Questa differenza costituisce il merito principale delle nuove macchine; nella scienza essa è la soluzione ingegnosa di un problema nuovo; nelle applicazioni industriali essa è talora condizione essenziale di buon esercizio, come nella galvanoplastica, ove è indispensabile una perfetta costanza della corrente; sempre è condizione utile per l'economia siccome quella che diminuisce la perdita di energia e lo sciupio della macchina dovuti alle scintille che nelle ordinarie macchine si producono inevitabilmente per la non mai esatissima posizione del commutatore; — 2° costrutte col sistema delle macchine dinamo-elettriche di Siemens, di Wheatstone e di Ladd, ove alle calamite permanenti sono sostituite elettro-magneti attivate da correnti indotte nella macchina stessa, le macchine ad armatura anulare hanno con queste comune il merito di avere grande potenza con piccolo volume e piccolo peso, senza avere comune con le altre macchine di grande potenza il grave inconveniente di scaldarsi così da non permettere senza precauzioni scomode, e talora impossibili, un lavoro energico e continuato.

2. — Se la possibilità di ottenere i vantaggi di cui abbiamo parlato sta nella nuova forma della spirale indotta, il merito di averli ottenuti praticamente spetta al sig. Gramme, il quale (forse ignaro dei lavori anteriori del Pacinotti) seppe dare agli apparecchi disposizioni razionali ed ingegnose così, da trasformarli in perfette macchine industriali (1). Noi descriveremo dapprima l'armatura anulare quale è costrutta dal Gramme; descriveremo in seguito gli ultimi modelli di macchine di induzione che questi fece costruire per le applicazioni più importanti.

La fig. 2^a rappresenta la spirale anulare del Gramme. Il nucleo, fatto con un fascio di fili di ferro, è segnato con A e le spirali elementari di filo di rame rivestito sono segnate colla lettera B. Per facilitare l'intelligenza della sua costruzione, la spirale fu disegnata completa soltanto in una parte; in un'altra parte invece si sono supposte tolte alcune spirali, così da lasciare a nudo il nucleo di ferro; in un'ultima parte anche questo si è supposto tagliato. I capi di due spirali successive non sono congiunti immediatamente fra loro, ma sono attaccati ad una spranghetta radiale di rame R, la quale, ripiegandosi a squadra, passa nell'interno dell'anello e ne sporge dall'altra parte. Le parti sporgenti delle spranghette, le quali sono tante quante sono le spirali elementari componenti l'anello, e sono tra loro isolate, stanno sopra una superficie cilindrica avente per asse l'asse di rotazione dell'anello. Contro questa superficie cilindrica si appoggiano gli sfregatoi, ai quali si uniscono le estremità del circuito esterno.

Nella figura 3^a, rappresentante una piccola macchina di Gramme di uno dei modelli più antichi, si può vedere come questi sfregatoi sieno collocati. SON è una calamita permanente induttrice. Fra due ganasce di ferro unite alle estremità polari S ed N gira la spirale anulare AMBM' sul cui albero vedesi una crosta cilindrica disegnata con righe bianche e nere: queste righe rappresentano le spranghette di rame R e gli strati coibenti che le separano. Questa crosta cilindrica è sfregata sulle due generatrici poste nel piano di inversione MM' da due spazzole o fasci di fili di rame argentati, in figura posti verticalmente, i quali comunicano coi serrafili a cui sono raccomandate le estremità del conduttore esterno.

La disposizione della spirale armillare che abbiamo descritto è quella di tutte le macchine del Gramme. Le differenze fra queste macchine stanno soltanto nella natura e nella disposizione delle magneti-induttrici, le quali per le piccole macchine da muoversi a mano sono, ne' modelli più recenti,

(1) La macchina magneto-elettrica del Gramme fu presentata all'Accademia delle Scienze di Parigi nel luglio 1871. Essa è sommariamente descritta nei *Comptes rendus*, ed il sig. Niaudet-Bréguet ne ha dato una descrizione particolareggiata nel numero de' *Mondes* del 28 marzo 1872.

calamite permanenti a lamine sovrapposte secondo il sistema del prof. Jamin, e nelle grandi macchine per uso industriale sono, come nelle macchine dinamo-elettriche del Siemens, del Wheatstone e del Ladd, elettro-magneti attivate dalla macchina stessa.

Nella fig. 4 è disegnata nella scala di 1/15 una delle piccole macchine con calamita permanente, che il Gramme costruisce per uso scolastico o per le applicazioni terapeutiche. Vedesi verso il basso una piccola spirale anulare avente il diametro di 8 centimetri circa, la quale, mossa da una manovella coll'intermezzo di una ruota dentata e di un rocchetto, gira con piccolo giuoco fra due ceppi di ferro fissati sulla tavoletta di base della macchina. Questi ceppi di ferro formano le estremità polari di una calamita del sistema Jamin, la quale è fatta così: fermata con viti ad uno degli zoccoli una lamina di acciaio, questa è ripiegata e fermata all'altra estremità sul secondo zoccolo; nello stesso modo è fissata una seconda lamina di acciaio alquanto più lunga, che si adagia sulla prima; sulla seconda lamina è collocata una terza e così di seguito. La polarità magnetica del sistema cresce fino ad un limite col numero delle lamine, e può raggiungere valori che con calamite ordinarie di peso molto maggiore non si potrebbero ottenere.

Nelle macchine per uso industriale l'induttore è sempre un sistema di elettro-magneti. Queste sono sempre formate da un sistema di elettro-magneti diritte con nucleo cilindrico aventi un punto conseguente nel mezzo; tali sbarre cilindriche, riunite alle estremità con piastre di ghisa, costituiscono una grande calamita chiusa con due punti conseguenti, come è il nucleo anulare della spirale indotta. Furono però date a queste sbarre disposizioni diverse, e si variò il modo di attivarle.

Nelle prime macchine le sbarre formanti il nucleo delle elettro-magneti erano verticali e la corrente magnetizzante era somministrata da una spirale indotta apposta. Astrazione fatta dalla forma della spirale, la disposizione si assomigliava a quella delle macchine di Ladd: v'erano due o più spirali indotte, una (la minore se non ve n'erano che due) dava la corrente magnetizzante, la quale non usciva dalla macchina; gli sfregatoi corrispondenti comunicavano colla spirale magnetizzante delle elettro-calamite induttrici; l'altra o le altre davano la corrente esterna. Le prime macchine per la galvanoplastica, costrutte nel 1872 pei signori Christoffe e Comp. di Parigi, erano fatte con questo sistema. Esse avevano quattro sbarre verticali, fra le quali rotavano due spirali. Il corpo della macchina era di bronzo, il piede di legno.

Sullo stesso modello, ma con intelaiatura di ghisa, il Gramme costruì verso la fine del 1872 ed al principio del 1873 dieci altre macchine per la galvanoplastica, sei delle quali furono vendute alla casa Christoffe e C. Una di queste è rappresentata nella fig. 5. Quattro sbarre di elettro-magneti verticali formano il sistema induttore. Esse sono fissate inferiormente al basamento di ghisa della macchina, e superiormente sono collegate da una piastra di ghisa; le spirali che le ricoprono, sono avvolte in modo tale, che nei punti di mezzo delle sbarre si formano punti conseguenti; il tutto costituisce così una grande elettro-calamita chiusa con due punti conseguenti, o, se vuoi, rappresenta due elettro-calamite a ferro di cavallo riunite coi poli omonimi. Ai poli sono adattate appendici di ferro foggiate ad arco circolare, frammesso alle quali girano le spirali anulari. Queste sono due, e sono portate da un medesimo albero, al quale si trasmette il movimento d'una motrice per mezzo d'un cingolo. Ciascuna spirale ha i suoi sfregatori: quelli dell'una sono in comunicazione con fasci di fili che trasmettono la corrente alle spirali magnetizzanti delle elettro-calamite induttrici, quelli dell'altra comunicano coi serrafili ai quali si attaccano le estremità del circuito esterno. Queste macchine pesavano 750 chilogr. ciascuna; del quale peso 175 chilogr. erano dovuti al rame. Le loro dimensioni erano m. 1,30 di altezza e m. 0,80 di massima larghezza. La loro corrente produceva il deposito di 600 grammi d'argento all'ora, e richiedeva per esser prodotta un lavoro motore di un cavallo-vapore.

Le macchine che il Gramme costruiva in quel tempo pella produzione della luce elettrica avevano la medesima disposizione. La prima di esse alimentava un arco voltaico di intensità luminosa equivalente a 900 becchi Carcel. Essa possedeva tre anelli mobili e sei sbarre di elettro-calamite. Una delle spirali anulari attivava le elettro-calamite, le due altre producevano la corrente che si raccoglieva nel circuito esterno. La macchina pesava in tutto 1000 chilogr., il rame avvolto sulle elettro-magneti induttrici 250 chilogr., quello delle tre spirali indotte 75 chilogr. Lo spazio occupato era di m. 0,80 di lato su m. 1,25 di altezza. Questa macchina ha servito per molto tempo per esperienze sulla torre di Westminster a Londra senza manifestare altro inconveniente che un leggero riscaldamento e la produzione di alcune scintille tra le lastrine di rame e le spazzole sfreganti.

È affatto simile alla descritta la macchina di Gramme esistente nell'anfiteatro di fisica del R. Museo Industriale italiano in Torino. Questa ha, come quella di Westminster, sei sbarre verticali di elettro-magneti; ma ha due sole spirali anulari di dimensioni diverse. La minore, che riceve l'induzione da due delle sei sbarre, dà la corrente magnetizzante per le elettro-magneti, l'altra, che ha una larghezza di fronte doppia della prima, riceve l'induzione delle altre quattro sbarre e dà la corrente esterna. Il peso della macchina è di chilogr. 850; le dimensioni dello zoccolo di ghisa sono 0,73 per 0,68, l'altezza della macchina è di m. 0,96.

Collo scopo di diminuire le dimensioni ed il peso delle macchine, il Gramme ha modificato leggermente la disposizione che abbiamo descritto, trasformandola in quella disegnata nella fig. 6. La macchina rappresentata da questa figura ha ancora sei elettro-magneti diritte verticali, ma gli assi di queste invece di essere disposti in due piani paralleli come nelle macchine anteriori, sono situati lungo gli spigoli di due prismi a base triangolare. V'hanno ancora due anelli rotanti, ma invece di essere destinati unicamente l'uno a dar la corrente magnetizzante, l'altro a dare la corrente esterna, essi permettono o di mandare la corrente totale nelle spirali magnetizzanti, cosicché la corrente magnetizzante sia la stessa corrente esterna, nel circuito della quale sono poste le spirali, o di magnetizzare le elettro-magneti con una sola spirale anulare, riservando l'altra per dare la corrente esterna, o finalmente di dare due correnti esterne e produrre così due archi voltaici in circuiti distinti. Questa modificazione nella disposizione delle spirali indotte ha reso necessaria una nuova disposizione degli sfregatoi, sulla quale ritorneremo. La macchina così modificata pesa 700 chilogr.; la sua altezza è di m. 0,90; la sua larghezza di m. 0,65. Il rame avvolto sopra le sbarre dell'elettro-magnete pesa 180 chilogrammi, quello formante le due spirali anulari pesa 40 chilogrammi. Essa produce una luce normale di 500 becchi Carcel, la quale in esperienze fatte con grandi velocità s'è elevata fino al doppio. Quando si dirige la corrente a due regolatori, ciascuno di questi dà 150 becchi Carcel.

Negli ultimi modelli delle macchine Gramme, costrutti dopo il 1874, la disposizione delle elettro-magneti induttrici e de' circuiti è affatto diversa. Le elettro-magneti sono ancora ad asse cilindrico ed a punti conseguenti, ma sono in numero di due soltanto e sono disposte orizzontalmente. La corrente magnetizzante è sempre quella stessa che si raccoglie all'esterno; talchè circuito esterno, spirale indotta, e spirali magnetizzanti formano un circuito solo.

Una macchina del nuovo modello destinata alla galvanoplastica è disegnata nella fig. 7. Due montanti di ghisa sostengono tutta la macchina, le due sbarre d'elettro-magnete son situate coll'asse orizzontale, l'una alla parte superiore, l'altra verso il basso, e tengono riuniti i montanti; la spirale anulare unica è portata da un albero d'acciaio parallelo alle sbarre di elettro-magnete e posto nel loro piano. Il rivestimento delle elettro-magneti induttrici è fatto con un semplice nastro di rame che colla sua larghezza occupa tutta la lunghezza di una mezza sbarra: non si ha in sostanza che una spira per ogni elettro-magnete semplice. La spirale indotta invece che di filo rotondo come nelle macchine anteriori, è formata con filo piatto molto grosso, il quale offre una rigidità sufficiente per opporsi agli effetti della forza

centrifuga. Questa macchina produce, come le antiche, il deposito di 600 grammi d'argento all'ora, ma la forza motrice necessaria per produrre questo lavoro è di soli 50 chilogr. al minuto secondo, e le dimensioni della macchina sono ridotte assai. Il peso totale dell'apparecchio è infatti di soli chilogr. 177,50; il peso di rame avvolto sulle elettro-magneti e sulle armature anulari è di 47 chilogr.; la massima larghezza è di m. 0,55, l'altezza di 0,60. Paragonato col modello del 1872, quello del 1874 ha adunque i vantaggi di occupare uno spazio uguale alla metà di quello richiesto dal primo, di non pesare che i tre quarti di questo, di non richiedere pella sua costruzione che circa un quarto del peso di rame che l'altro richiedeva.

Una modificazione analoga hanno ricevute le macchine destinate alla illuminazione elettrica. Vedesi dalla fig. 8^a, che rappresenta una di queste macchine, come essa abbia una disposizione identica a quelle pella galvano-plastica; un'intelaiatura fatta con due montanti di ghisa, due sbarre d'elettro-magnete a punti conseguenti, ed una sola spirale anulare portata da un asse parallelo alle sbarre delle calamite induttrici. Le differenze tra le due macchine sono solo due: 1° le spirali magnetizzanti delle elettro-magneti induttrici sono fatte con filo; 2° la spirale indotta è munita di due raccoglitori di correnti e da due coppie di sfregatoi. Questa disposizione, ha per iscopo principale di sopprimere le scintille e di permettere di accoppiare la macchina in tensione od in quantità. L'economia di spazio e di materia che la nuova disposizione ha permesso, è considerevole; una macchina della potenza normale di 200 becchi Carcel non pesa che 183 chilogrammi, non contiene più di 47 chilogrammi di rame, e non ha che 0^m,55 di lunghezza, 0^m,55 di larghezza e 0^m,60 di altezza. Questi numeri riescono realmente sorprendenti se si pensa che una macchina Nollet capace di dare un arco voltaico dell'intensità di 200 becchi pesa circa 2000 chilogrammi ed occupa uno spazio di 1^m,70 in lunghezza, di 1^m,30 in larghezza e di 1^m,50 in altezza.

Fra le innovazioni fatte dal Gramme nella costruzione delle sue macchine dinamo-elettriche, delle quali abbiamo dato una idea per mezzo delle figure 6, 7 ed 8, abbiamo notato questa: che la corrente destinata a magnetizzare le elettro-magneti induttrici è data non più da una spirale indotta apposta, come nelle macchine anteriori, ma è la stessa corrente che si vuole utilizzare all'esterno, la quale prima di essere trasmessa ai circuiti esterni è mandata nelle spirali magnetizzanti. Questa disposizione, pella quale le nuove macchine si scostano dal tipo delle macchine dinamo-elettriche di Ladd per avvicinarsi al tipo primitivo delle macchine dinamo-elettriche del Siemens e del Wheatstone, permise di ridurre di assai il peso di rame necessario pella costruzione delle macchine e le dimensioni di queste. Ma senza una nuova disposizione degli sfregatoi essa avrebbe portato seco in molti casi un inconveniente assai grave. Quando la corrente è impiegata a produrre azioni chimiche, come nella galvanoplastica e in altri casi, al cessare di essa si manifesta nel circuito una corrente detta *secondaria*, diretta nel verso opposto alla principale. Ora se del circuito in cui questa si propaga fanno parte le spirali magnetizzanti delle elettro-magneti induttrici, questa corrente secondaria produce nei nuclei di ferro una polarizzazione magnetica opposta a quella che si era formata durante il lavoro regolare dell'apparecchio. Quest'effetto secondario può ridursi semplicemente a fare scomparire più prontamente lo stato magnetico preesistente, ma in taluni casi può invertire la polarità delle elettro-calamite. Se questo fatto si avverasse e se poi la macchina si rimettesse in azione, la corrente che essa produrrebbe sarebbe inversa alla prima: se essa fosse destinata a produrre un deposito galvanico, distruggerebbe il lavoro fatto prima della interruzione. Il signor Gramme ha evitato questo pericolo con una disposizione semplice quanto ingegnosa. Egli muni la macchina di un interruttore automatico, il quale interrompe il circuito appena che la macchina si rallenti tanto da rendere possibile l'inversione della corrente. Questo interruttore non è altro che un piccolo pezzo mobile a contrappeso, il quale riunisce gli sfregatoi a spazzola alle elettro-magneti; finchè la corrente, e con questa lo stato magnetico delle elettro-magneti è ab-

bastanza intenso, le elettro-magneti tengono attratto il pezzo mobile, ma non appena la velocità della macchina diminuisce e lo stato magnetico delle elettro-magneti si affievolisce, il contrappeso fa oscillare il pezzo mobile, ed in grazia di questo movimento la spazzola che gli è unita si allontana dalle lastre di rame contro le quali essa strisciava. Così il circuito rimane aperto e le correnti secondarie non si possono produrre. Quando dopo una fermata si vuole riprendere il lavoro, non si ha che da ristabilire con una piccola lamina metallica la comunicazione tra la spirale indotta e le elettro-magneti, cosicché il circuito si trovi chiuso; appena cominciata, la corrente riconduce essa stessa la macchina alle condizioni normali.

Dell'importanza pratica del principio, che serve di base alla costruzione delle nuove macchine, e della bontà delle disposizioni, che, grazie alla abilità ed alla attività del Gramme, queste hanno ricevuto, è prova questo fatto, che colla comparsa delle macchine a spirale anulare rinacquero le speranze di fare dell'elettricità grandi applicazioni industriali e militari, ed i tentativi di attuare questa speranza, i quali, dopo l'impresa dell'*Alliance*, si erano ridotti a rari studi sull'illuminazione elettrica dei fari, ricominciarono con una alacrità e con una lena, che dianzi non avevano mai avuto.

GALILEO FERRARIS.

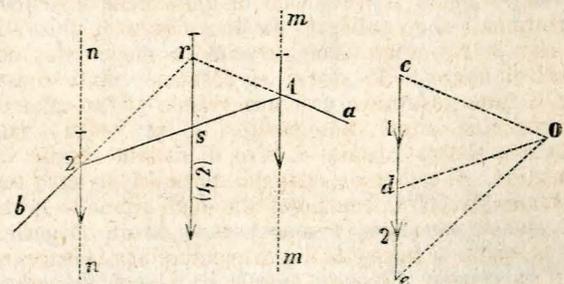
STATICA GRAFICA

REGOLE PRATICHE GENERALI PER USO DELL'INGEGNERE COSTRUTTORE.

Forze parallele, e forze distribuite.

38. Nelle ordinarie applicazioni pratiche delle norme generali esposte nel Titolo precedente, le forze che si debbono considerare sono ben sovente parallele tra loro; altre volte quelle medesime forze non sono le une dalle altre distinte, ma si trovano o si suppongono distribuite in modo continuo e con legge determinata su di una linea o di una superficie; ed altre volte infine si debbono studiare gli effetti di forze, il cui punto d'applicazione non è fisso od immutabile di posizione per rispetto al sistema cui le forze si intendono applicate, ma muovesi invece in un determinato senso, diverso da quello, secondo il quale la forza data agisce. Tale sarebbe il peso di un convoglio che passi sulla travata di un ponte.

Forze parallele. — 39. L'applicazione al caso speciale delle forze parallele, delle regole generali per la composizione e l'equilibrio di forze comunque operanti in un piano, si presenta semplice e spedita, e conduce inoltre a risultati di molta importanza pratica, massime in tutto ciò che si riferisce alla conoscenza dei momenti delle forze.



44. — Risultante di due forze parallele e coespicienti.

40. **Composizione di due forze parallele** (fig. 44 e 45). — Date due forze 1 e 2 operanti rispettivamente nelle due direzioni parallele mm ed nn , si trova il valore della risultante colla addizione grafica delle due rette date; ossia si segneranno sulla direzione ce l'una di seguito all'altra le due rette cd e de equipollenti rispettivamente alle forze 1 e 2. Scelto poi ad arbitrio un punto O come polo, e condotti i raggi Oc , Od ed Oe , si rileghino le forze date col poligono

funicolare $a12b$. La posizione della risultante (1, 2) sarà determinata dal punto r d'incontro dei due lati esterni $a1$ e $2b$.

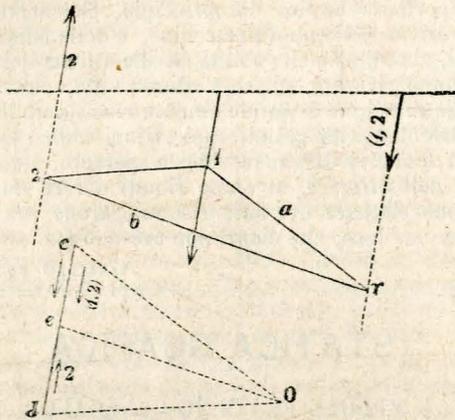
I due triangoli simili $1rs$ e Ocd danno l'eguaglianza di rapporto

$$rs : od = cd : 1s$$

i due triangoli simili $2rs$ e Ode danno a loro volta

$$rs : od = 2s : de$$

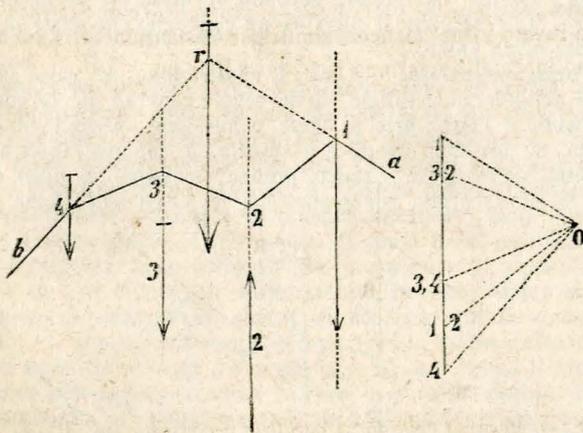
donde deducesi che il rapporto delle distanze delle due componenti dalla risultante è uguale al rapporto reciproco delle



45. — Risultante di due forze parallele ed inverse.

componenti stesse, e ciò pure dedurrebbersi applicando direttamente il teorema dei momenti (num. 21).

41. Per operare la decomposizione di una forza data in due componenti ad essa parallele ed operanti secondo rette date di posizione, mm ed nn , si farà la costruzione esattamente inversa; si disegnerà (fig. 44 e 45) un triangolo $12r$ coi vertici sulle tre rette date, e per il polo O , corrispondente della retta risultante data ce , si condurrà parallelamente al lato 12 il raggio Od , il quale dividerà la ce equipollente alla forza data in due parti cd e de che sono quelle cercate.

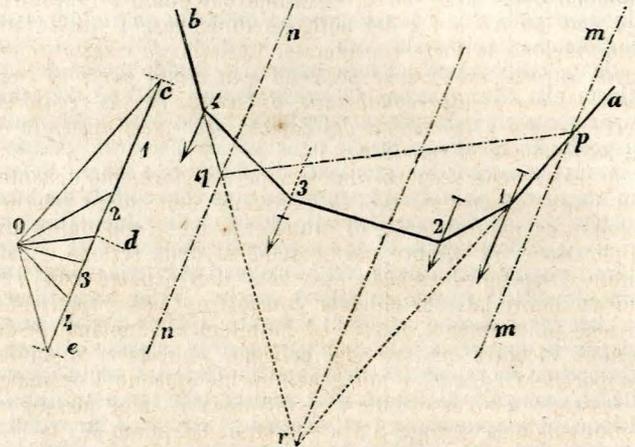


46. — Risultante di due forze parallele in uno stesso piano.

42. Composizione e scomposizione di un numero qualsiasi di forze parallele in un piano. — Siano date in un piano (fig. 46) le forze parallele 1. 2. 3. 4 e se ne voglia la loro risultante. Seguendo la regola generale, si costruirà il poligono delle forze i cui vertici riescono tutti sulla medesima retta di direzione delle forze date, e si avrà così il valore della risultante nel tratto 14 . Scelto quindi ad arbitrio un punto O come polo, si costruirà il poligono funicolare $a1234b$. Prolungando in ultimo i due lati estremi fino al loro incontro in r si otterrà un punto della risultante cercata.

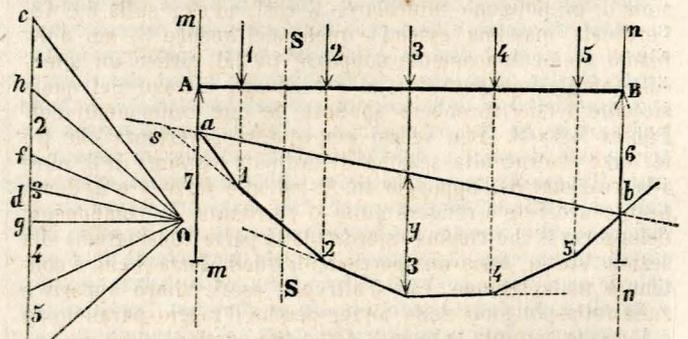
Nel caso delle forze parallele, il poligono delle forze avendo tutti i suoi vertici su di una stessa retta ad esse forze parallela, più non si può scegliere la direzione della prima forza come primo lato del poligono funicolare; ma si dovrà porre il polo O del poligono delle forze all'infuori della retta-poligono.

43. Abbiasi un sistema di forze parallele 1, 2, 3, 4 (figura 47) e debbasi ridurre a due sole componenti operanti secondo due rette date mm ed nn . Facciasi la retta-poligono ce , scelsi un punto O come polo, e si disegni



47. — Scomposizione di più forze parallele in due sole componenti, operanti secondo rette date.

il poligono funicolare $a1234b$. Poi si cerchino i punti di intersezione p e q dei lati estremi $a1$ e $b4$ colle rette date m ed n , e parallelamente alla retta pq conducasi per O il raggio Od . Le cd e de saranno le equipollenti delle due componenti volute. Tale operazione si rende evidente cercando dapprima la risultante (1, 2, 3, 4) colla regola esposta nel numero precedente, e poi decomponendo questa risultante nelle due componenti p e q per mezzo del triangolo funicolare pqr , e secondo quanto si è fatto al num. 41.



48. — Applicazione ad una trave caricata di pesi. Trovare le reazioni degli appoggi.

È questo un caso che assai sovente occorre di trattare negli usi della pratica, e quando per es. le forze date sono pesi applicati ad una travatura sostenuta in due punti, e si vogliono conoscere le pressioni sui due appoggi; allora le forze parallele sono intese tutte applicate ad una verga rigida indeformabile AB (fig. 48) che rappresenta l'asse longitudinale della trave, e trattasi di decomporre la loro risultante in due componenti secondo le verticali mm ed nn dei punti d'appoggio. Or queste incontrando in a e b i lati estremi del poligono funicolare, $a12345b$, il raggio Od della retta poligono delle forze condotto parallelamente al lato ab del poligono funicolare, dividerà in d la risultante (1, 2, 3, 4, 5) nelle due componenti cercate 6 e 7. Sulla figura le due componenti essendo rivolte all'insù, rappresentano le reazioni degli appoggi, ed a questi idealmente si sostituiscono restando la travatura in equilibrio; vedesi in-

fatti che nella retta-poligono delle forze la somma delle forze 1, 2, 3, 4, 5 e delle 6 e 7 risulta eguale a zero, e che il poligono funicolare è chiuso anch'esso col lato ab .

44. Nelle applicazioni della statica alla ricerca delle condizioni di equilibrio e stabilità di una travatura è d'uopo sovente conoscere la risultante di tutte le forze estrinseche operanti da una medesima parte di una data sezione di quella travata. Se la sezione SS (fig. 48) è fatta tra le forze 1 e 2, la risultante cercata sarà quella delle forze 7 ed 1, data in grandezza dalla equipollente dh sulla retta-poligono delle forze, ed in posizione dal punto s d'incontro dei due lati ab e 12 del poligono funicolare, i quali lati comprendono le forze considerate. Cosicché la risultante di tutte le forze estrinseche poste da una stessa parte di una data sezione risulta eguale alla differenza fra la reazione dell'appoggio e la somma dei carichi fra quest'appoggio e la sezione che si considera.

A misura che scegliesi una sezione maggiormente distante dal punto d'appoggio A , la risultante delle forze esterne diminuisce naturalmente di grandezza, ed il suo punto di applicazione va sempre più scostandosi dalla sezione e dal punto d'appoggio, essendo esso dato dall'incontro con ab dei successivi lati del poligono funicolare. Questa risultante diviene infinitamente piccola ed infinitamente lontana, se la sezione incontra un lato del poligono funicolare, il quale sia parallelo ad ab , o più generalmente quando l'ordinata y (essendo ab l'asse delle ascisse) abbia il valor massimo. Continuando la sezione SS a scostarsi dal punto A , la risultante delle forze esterne cangia di segno e passa dall'altra parte del poligono.

Ne viene di conseguenza che qualunque siano il numero e la disposizione dei pesi distinti applicati ad una travata che posa cogli estremi su due appoggi, la pressione sostenuta da un appoggio è uguale alla somma dei pesi compresi fra l'appoggio stesso e la sezione che corrisponde alla ordinata massima; e difatti la risultante di tutte le forze esterne alla sezione di ordinata massima dev'essere nulla.

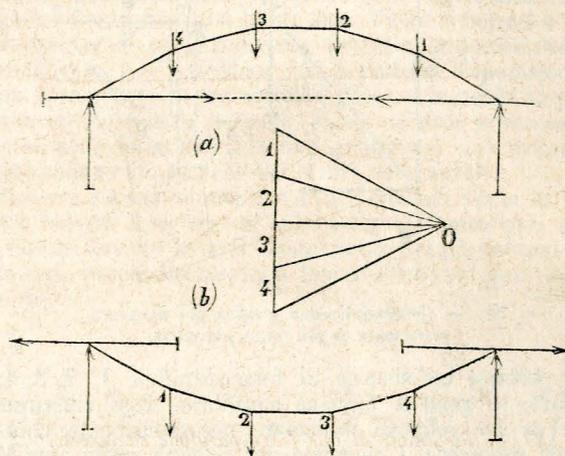
45. Osservazione. — È però necessario di ben precisare quali sieno le forze così dette esterne, o dalla stessa parte di una data sezione, allorchando questa corrisponde appunto, come si è ultimamente supposto, al vertice di ordinata massima di un poligono funicolare. E così, ad es., sulla fig. 48, l'ordinata massima essendo quella del vertice 3, noi dobbiamo momentaneamente supporre in tal vertice un latercolo infinitesimo parallelo ad ab ed agli estremi del quale siccome vertici sarebbero applicate le due componenti dell'unica forza 3. Ben vedesi con questa avvertenza che tra le forze esterne alla sezione di ordinata massima in 3, oltre alla reazione dell'appoggio in A , ed alle forze 1 e 2, dovrà pure concorrere a rendere nulla la risultante, la componente della forza 3 che rimane esterna (dalla parte considerata) alla sezione stessa, ossia una porzione di quella forza 3 che è contenuta nella sezione. Ciò d'altronde assai chiaro apparisce sulla retta-poligono delle forze, perchè il raggio parallelo ad ab divide appunto la forza 3 nelle due porzioni fd e dg che è necessario conoscere.

46. Il poligono funicolare che rilega (fig. 48) le sette forze parallele date, corrisponde alla posizione arbitraria del polo O per rispetto ai vertici della retta-poligono delle forze. Se la travatura è simmetricamente caricata per rispetto alla sua metà, basterà di scegliere per polo O un punto equidistante dai due vertici e ed e' della retta-poligono delle forze, perchè il lato ab del poligono funicolare che vedemmo funzionare da asse delle ascisse riesca parallelo all'asse AB della trave, e perchè tutto il poligono abbia a riuscire simmetrico per rispetto alla sezione di ordinata massima.

Perfino le tensioni dei lati dei diversi poligoni funicolari così tracciati, e le quali ci sono fatte conoscere dai raggi del poligono delle forze, sono di grande importanza nelle applicazioni della pratica. Essendochè quei poligoni funicolari ci realizzano le posizioni di equilibrio o di una capriata caricata di pesi (fig. 49 [a]) o di un ponte sospeso (fig. 49 [b]) ecc.; ed i raggi in O ci misurano le pressioni o tensioni cui debbono poter reggere le singole parti di quelle armature.

47. Momenti delle forze parallele in un piano. — Siccome

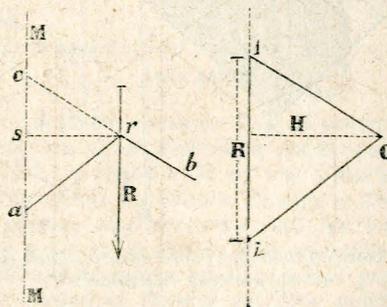
il momento di una forza per rispetto ad un punto non si altera se il punto si muove su di una parallela alla direzione della forza, così è che dicesi momento di una forza rispetto ad un'asse che le è parallelo il prodotto della forza per la distanza (normale od obliqua con angolo dato) della forza dall'asse. Applicando con questa avvertenza il teorema generale dei momenti per forze comunque operanti in un piano, diremo che nel caso di un sistema di forze parallele in un medesimo piano, si trova la somma dei momenti di tutte le forze date per rispetto ad un'asse parallelo e contenuto nel piano, cercando il momento della forza risultante rispetto al medesimo asse. Suolsi quest'asse, per brevità di eloquio, denominare l'asse dei momenti.



49. — Ufficio dei poligoni funicolari nelle applicazioni ai casi pratici.

48. Per trovare graficamente il momento della risultante R (fig. 50) di più forze parallele 1, 2, 3... i per rispetto all'asse MM , si costruisca dapprima il poligono funicolare corrispondente ad un polo O , il quale disti, normalmente od obliquamente, dalla retta poligono delle forze della grandezza unitaria H , presa come base per la misura delle forze; e siano ar e br i due lati estremi di quel poligono funicolare. La parte ac dell'asse MM che resta intercetta da questi due lati (all'uopo prolungati) sarà la misura del momento cercato.

Ed invero i due triangoli simili per costruzione Oil e rac danno luogo alla relazione $R \times rs = H \times ac$.

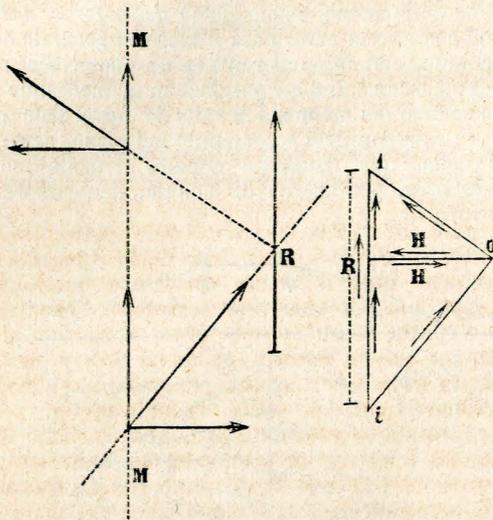


50. — Momento delle forze parallele per rispetto ad un'asse.

Non volendosi ricorrere a relazioni di similitudine, si dimostra egualmente la proprietà su enunciata, trasportando (fig. 50) la risultante R sull'asse MM , con che si annulla il momento di detta forza per rispetto a quell'asse, ed introducendosi una coppia; o più direttamente sostituendo (figura 51) alla risultante R le tensioni $O1$ ed Oi dei lati estremi del poligono funicolare, e scomponendo ciascuna di esse in due, l'una operante secondo l'asse MM e l'altra eguale ad H . La fig. 51 indica assai chiaramente l'operazione.

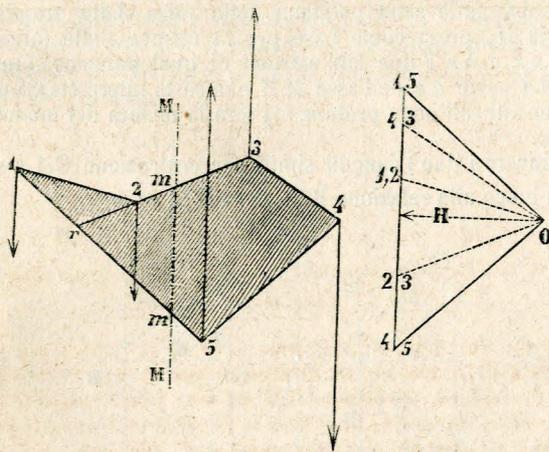
49. Se la retta MM (fig. 50), o, come dicesi, l'asse dei momenti va avvicinandosi ad R , il tratto ac , che ne misura il momento, va diminuendo. Se poi l'asse dei momenti venisse a coincidere colla risultante delle forze, il tratto ac

scompare, e difatti si sa che quel momento è nullo. Se infine l'asse MM passa dall'altra parte della forza B , il momento cambia segno, ossia ha valore negativo, se prima consideravasi come positivo.



51. — Determinazione grafica del momento risultante di più forze parallele.

50. Abbiassi un sistema di forze parallele 1, 2, 3, 4, 5 (fig. 52), le quali si facciano equilibrio. Esse riusciranno legate da un poligono funicolare necessariamente chiuso. Vogliasi conoscere il momento per rispetto ad un asse MM della risultante di tutte le forze operanti da una stessa parte dell'asse medesimo. La risultante delle forze 1 e 2 poste a sinistra di MM passerà in r , punto di incontro dei due lati 2 3 ed 1 5 esterni alle forze considerate. Il momento di questa risultante per rispetto ad MM sarà quindi rappresentato (fig. 52) dal tratto mm nella base H , ossia dalla ordinata y

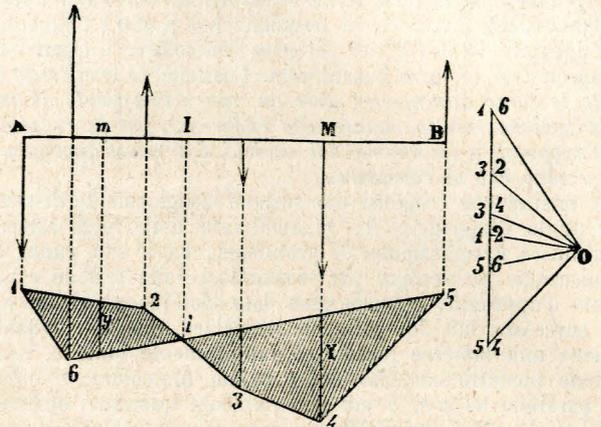


52. — I momenti delle forze sono misurati dalle ordinate di un poligono funicolare.

del poligono funicolare presa parallelamente alle forze e contenuta nell'asse dei momenti. Ciò potendosi analogamente asserire per qualsiasi altra posizione dell'asse dei momenti, ne nasce la seguente regola, che è di grande importanza nelle applicazioni pratiche. *Se in un sistema di forze parallele in un piano si costruisce la retta-poligono delle forze, ed il poligono funicolare, il momento, per rispetto ad un asse parallelo, di tutte le forze che trovansi da una stessa parte di quell'asse è misurato dall'ordinata del poligono funicolare che è segnata di posizione dall'asse stesso.* Il poligono funicolare è detto perciò da taluni il *poligono dei momenti*.

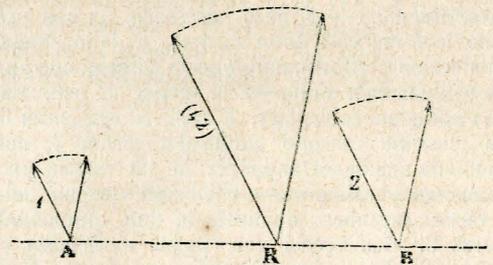
Di qui risulta assai chiaramente che se l'equilibrio ha luogo, le forze estrinseche applicate alla sinistra dell'asse hanno effettivamente lo stesso momento che la risultante di quelle applicate alla destra.

51. Se le forze date fossero applicate ad una trave AB (fig. 53) e destinate a farla inflettere, il momento inflettente delle forze estrinseche per rispetto ad una sezione qualsiasi m sarà proporzionale alla ordinata y del poligono funicolare; e la ricerca del momento inflettente massimo, ossia della sezione di massima fatica sarà una operazione ben semplice e spedita; perchè basta di dare uno sguardo al poligono funicolare per riconoscere che la sezione in M della trave corrisponde alla maggiore ordinata Y del poligono.



53. — Costruzione grafica dei momenti delle forze inflettenti per le diverse sezioni d'una trave.

Per la sezione in I l'ordinata essendo nulla, sarà parimente nullo il momento inflettente; e difatti la risultante delle tre forze 1, 2, 6 dovendo passare per il punto i di incontro dei due lati del poligono funicolare che le comprendono, la risultante deve di necessità trovarsi sull'asse stesso dei momenti, ed è per ciò che il momento è nullo.

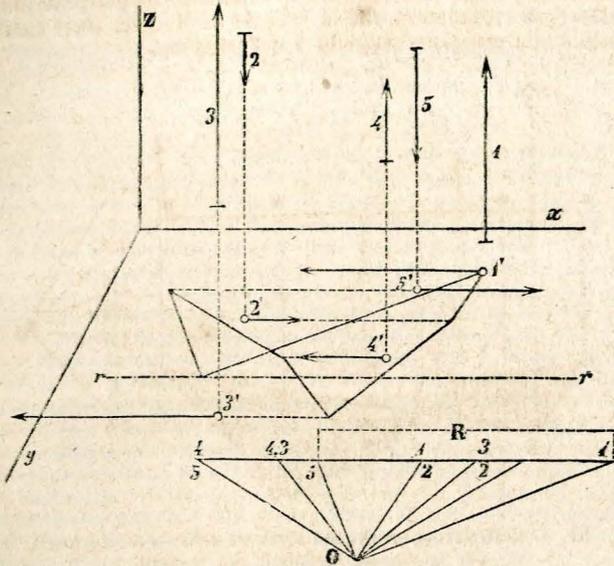


54. — Definizione del centro delle forze parallele.

52. *Centro delle forze parallele.* — Se due forze parallele 1 e 2 (fig. 54) girano nello spazio intorno a due punti fissi A e B , conservando la loro grandezza, e mantenendosi sempre parallele tra loro, anche la risultante (1, 2) prende a girare intorno ad un punto fisso R che sarà situato sulla retta AB , e la dividerà in due segmenti proporzionali alle forze. Se prendesi poi in considerazione una nuova forza 3, e facciasi pur essa girare intorno ad un punto fisso mantenendosi parallela alle altre, avrà luogo la stessa proprietà per le due forze distinte (1, 2) e 3. E così potendosi proseguire, si potrà del pari concludere: *se più forze parallele nello spazio girano intorno a punti fissi, mantenendosi costantemente parallele fra loro, anche la risultante passerà costantemente per un determinato punto fisso, che dicesi il centro delle forze parallele.*

53. *Composizione di più forze parallele nello spazio.* — Abbiassi il fascio di forze parallele 1, 2, 3, 4, 5 (fig. 55) di qualsiasi grandezza, comunque disposte nello spazio ed operanti in un senso qualunque. È anzitutto permesso di supporre il loro punto di applicazione in uno stesso piano xy , che prolungato in ogni senso, incontrerà le direzioni di tutte le forze date. Facciansi allora girare queste forze, sempre lasciandole parallele, intorno ai rispettivi punti di applicazione $1', 2', 3', 4'$ e $5'$. Tanto il punto di applicazione che la grandezza della risultante saranno evidentemente indipen-

denti dalla inclinazione delle forze per rispetto al piano dei loro punti di applicazione; epperò si potranno far girare le forze date finchè sieno tutte venute ad adagiarsi nel piano stesso dei punti di applicazione. Siamo così condotti ad un sistema di forze parallele aventi nel piano una direzione scelta ad arbitrio, e grandezze uguali o proporzionali a



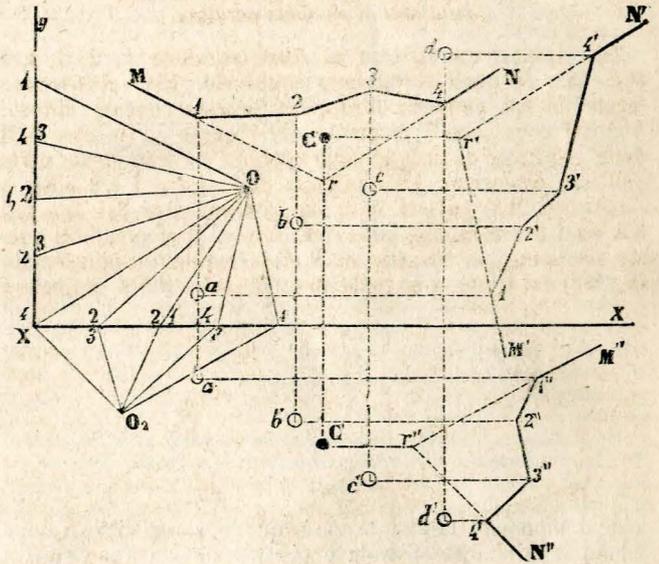
55. — *Composizione di più forze parallele nello spazio.*

quelle delle forze date, ed i cui punti di applicazione altro non sono che le proiezioni sul piano dei veri punti di applicazione delle forze date. Fatta la composizione per mezzo del solito poligono funicolare, si ottiene una retta risultante rr che passa necessariamente per la proiezione sul piano del centro delle forze date. Se si ripete l'operazione, dopo aver cangiata la direzione delle forze in quel medesimo piano, si potrà tracciare un'altra retta analoga; il suo punto d'incontro colla rr primieramente segnata indicherà la proiezione orizzontale del punto di applicazione della risultante, ossia del centro delle forze date.

funicolare 1, 2, 3, 4, 5, 6 che si chiude in R si segna l'asse CR; poi con una seconda disposizione delle stesse forze nel piano si traccierà il poligono delle forze di polo O' ed il poligono funicolare 1', 2', 3', 4', 5', 6' che si chiude in R'. Si segnerà l'asse CR', ed il centro delle pressioni sugli appoggi si troverà proiettato in C nel punto d'incontro delle due direzioni CR e CR'.

54. *Determinazione nello spazio del centro di più forze parallele.* — Delle singole forze parallele, e comunque disposte nello spazio essendo pure dato il punto di applicazione, ed oltre al valore della loro risultante volendosi determinare ancora il loro centro, basterà proseguire l'operazione del numero precedente, valendosi sempre della proprietà enunciata al num. 52; ossia far girare nello spazio tutte le forze date intorno ai rispettivi punti fissi, finchè vengano a prendere posizione preferibilmente normale a quella data. In questo caso non avrebbersi che a ripetere l'operazione del num. precedente in un secondo piano ortogonale al primo, per avere su questo secondo piano un'altra proiezione del centro delle forze date; le due proiezioni così trovate determineranno la posizione del centro nello spazio.

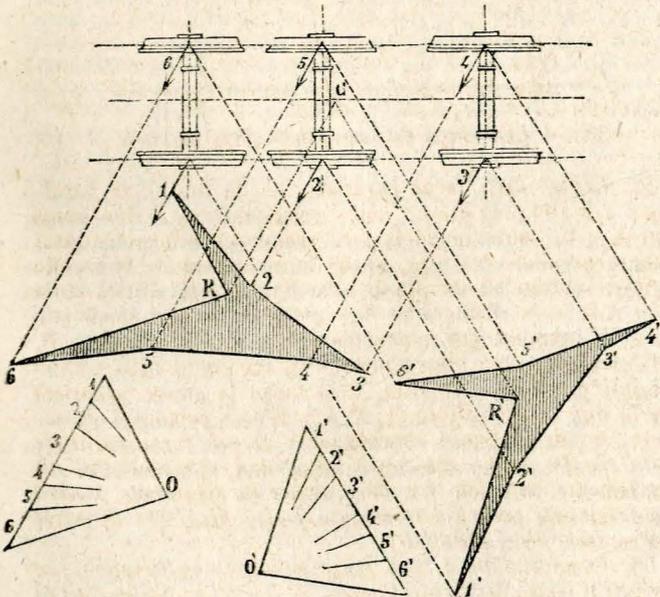
Occorre appena avvertire che nel secondo piano di proiezione basterà tracciare un solo poligono funicolare, poichè le due proiezioni di uno stesso punto devono trovarsi sopra una retta perpendicolare alla intersezione dei piani di proiezione.



57. — *Determinazione del centro di più forze parallele nello spazio.*

Dal fin qui detto si riassume: che il centro di più forze parallele nello spazio si determina per mezzo di tre poligoni funicolari, corrispondenti ad uno stesso poligono delle forze; che i due piani nei quali si intendono tracciati questi poligoni si possono scegliere ortogonali fra loro, e l'un di essi normale e l'altro parallelo alla direzione delle forze date; considerandoli allora quali piani di proiezione ortogonale delle medesime forze e dei loro punti di applicazione, si determinerà il centro delle forze date per mezzo delle sue proiezioni sui due piani, ossia mediante il centro in ogni singolo piano delle forze-proiezioni.

La fig. 57 indica la disposizione più semplice e il metodo più spedito per determinare il centro di un numero qualsivoglia di forze parallele nello spazio. Siano $a a'$, $b b'$, $c c'$, $d d'$ le proiezioni orizzontale e verticale dei punti di applicazione di quattro forze parallele 1, 2, 3, 4 di cui si cerca la risultante ed il centro. Sui due assi ortogonali xx e yy , e coi due poli O ed O_2 si avrà quanto basta per tracciare tre poligoni funicolari MN , $M'N'$ ed $M''N''$, rispondenti ai tre poligoni delle forze, due dei quali hanno il polo in O ed il terzo in O_2 . Il punto di incontro r , r' ed r'' dei lati estremi di ciascun poligono funicolare determinerà la posizione di una retta parallela alle forze e passante per il punto di



56. — *Determinazione del centro di più forze parallele in un piano.*

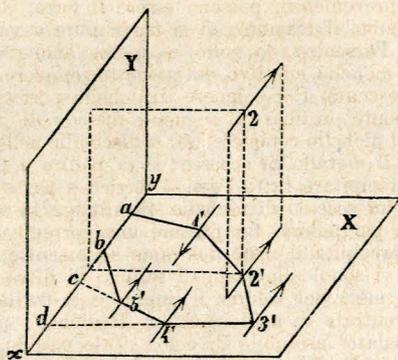
La fig. 56 è un'applicazione di questo problema. Abbiasi un corpo che posi su di un certo numero di appoggi, e portanti ciascuno una parte conosciuta del peso, per es. una locomotiva su sei ruote disposte e caricate siccome lo indica la figura nel piano di proiezione orizzontale. Con una prima costruzione del poligono delle forze di polo O e del poligono

proiezione del centro delle medesime forze. Quel centro sarà adunque determinato nello spazio per mezzo delle sue due proiezioni C e C'.

55. *Momenti per rispetto ad un piano di più forze parallele nello spazio.* — Si dicono momenti di più forze parallele per rispetto ad un piano *i prodotti delle forze per la distanza delle forze stesse dal piano dato.* La direzione comune di tutte le forze parallele non ha dunque alcuna influenza sui momenti delle forze per rispetto ad un piano che è loro parallelo.

56. Si è visto al num. 54 come per comporre più forze parallele nello spazio convenga operare sulle forze-proiezioni, e che la risultante delle forze-proiezioni è la proiezione della risultante delle forze date.

Se ora osservasi che ognuna delle forze date, e per es. la 2 (fig. 58), può immaginarsi decomposta nella forza-proiezione 2' uguale e parallela alla data, ed in una forza infinitamente piccola e distante (vedi num. 57), che ciascuna componente infinitamente piccola e distante ha poi il suo momento rappresentato dal prodotto della forza data per la lunghezza 22' del suo raggio di proiezione, ossia dal momento della forza data per rispetto al piano (num. preced.); e che infine queste forze infinitamente piccole e distanti operano tutte secondo una medesima retta all'infinito, si dedurrà assai facilmente che i loro momenti si sommano,



58. — *Momenti statici delle forze parallele per rispetto ad un piano. Loro determinazione grafica per mezzo del poligono funicolare.*

che il momento risultante sarà quello stesso della componente infinitamente piccola e distante dovuta alla risultante delle forze date; e che perciò *la somma dei momenti di più forze parallele per rispetto ad un piano dato è uguale al momento della loro risultante per rispetto al medesimo piano.*

57. Abbiansi due piani ortogonali X ed Y (fig. 58) ed un sistema di forze nello spazio parallele ai due piani, e quindi alla loro retta di intersezione xy . Il momento di una qualsiasi di queste forze, della 2 ad es., per rispetto al piano Y, è evidentemente uguale al momento della forza-proiezione 2' sul piano X per rispetto alla retta intersezione xy . E ciò essendo per tutte indistintamente le forze date, ne segue che costruendo nel piano X ed in una certa base H la retta-poligono delle forze-proiezioni, ed il poligono funicolare $a1'2'...b$ corrispondente, il momento risultante di un numero qualsiasi di forze consecutive (num. 50) sarà rappresentato nella base H dal tratto, come ab od ac , ecc., intercetto sulla retta xy fra i lati del poligono funicolare esterni alle forze consecutive considerate, ossia dalla ordinata del poligono funicolare relativo alle forze che si considerano, e che è determinata di posizione dall'asse dei momenti xy .

G. S.

CHIMICA INDUSTRIALE

DEL NICHELIO

DELLE SUE RECENTI APPLICAZIONI IN GENERALE

e più particolarmente

DELLA NICHIELIATURA ELETTRO-CHIMICA DEI METALLI.

Sunto della Conferenza tenuta il dì 26 marzo 1876

nel R. Museo Industriale Italiano a Torino

dal Prof. ORAZIO SILVESTRI.

È a tutti noto come dopo le scoperte fatte da Jacobi nel 1838 relative alla galvano-plastica, i processi elettro-chimici coi quali si possono ricoprire i metalli ordinari di uno strato di oro e di argento per decorarli e preservarli dalle ossidazioni esterne, si sono perfezionati nelle mani di molti abili sperimentatori e rapidamente propagati, tanto che in oggi la applicazione se ne è resa comune. Era però desiderabile che all'oro e all'argento, metalli costosi, si potesse sostituire un altro metallo che fosse del pari inalterabile all'aria, ma che presentasse di più un vantaggio sotto al lato economico, tanto da poter servire allo stesso uso, ma più estesamente. Il *Nichel* o *Nichelio* ed il *Cobalto* sono stati presi più specialmente di mira in questi ultimi tempi per applicarli allo scopo indicato: ambedue sono metalli che molto si somigliano per le proprietà fisiche, hanno un brillante splendore metallico inalterabile all'aria e si possono stendere in strati superficiali con processo elettro-chimico su qualunque altro metallo comune. Il nichelio ha avuto però la preferenza sul cobalto nell'applicazione industriale, si per essere dotato di uno splendore bianco più vicino a quello dell'argento, mentre quello del cobalto tende più al colore grigio del ferro, si per costare meno essendo più abbondante in natura (*): le sperienze sulla *cobaltatura* dei metalli hanno avuto ottimi risultati, ma sono rimaste limitate nei laboratori di chimica, mentre quelle sulla *nicheliatura* sono entrate in un esteso campo di applicazione. Una nuova industria si è creata recentemente la quale dagli Stati Uniti di America si è propagata dal 1870 in poi rapidamente in Germania, Inghilterra, Francia, Belgio, Svezia, ecc., ove numerose e grandi officine sono sorte per la nicheliatura dei metalli applicando il processo estesamente alla grande e minuta meccanica, all'arte dell'orologiaio, ferraio, coltellinaio, armaiolo, lavoratore di metalli (per uso di vasi, di chincaglierie svariate, di garniture da bastoni, ombrelli, articoli di pelleria, ecc.), cessellatore, bronzista, ottonaio, calderaio, incisore, fabbricante di caratteri da stampa, di penne d'acciaio, ecc. Nelle officine di nicheliatura si porta giornalmente per rivestire di nichelio una immensa quantità di oggetti i più svariati, di rame, zinco, ferro, ottone, bronzo, packfung, ecc., e in certi luoghi se ne è così generalizzato l'uso che non è più permesso di portare delle chiavi in tasca o dei chiodi alle proprie scarpe, se questi non sono ricoperti di uno strato lucido e brillante di nichelio.

In Italia l'arte della nicheliatura è appena incipiente, e siamo tributari dell'estero per una grande quantità di oggetti che, o si fabbricano presso noi e vanno a rivestirsi in Francia; o se risparmiando il viaggio e rimangono con le modeste apparenze del metallo proprio, sono meno ricercati e devono vendersi a prezzo basso con danno della manifattura nazionale. Con lo scopo dunque di dare un impulso a questa nuova industria presso noi e di mettere a conoscenza degli industriali le specialità dei processi relativi, che circondate di segreto, favoriscono il monopolio ed impediscono che si estenda questa utilissima applicazione (e facile quando se ne conoscano le condizioni favorevoli) io l'ho scelta ad argomento di una lunga conferenza pratica in questo R. Museo industriale italiano: e pare che abbia dato nel segno circa l'interesse che poteva svegliare, giacché mentre da molti industriali direttamente mi si è fatta la richiesta di consigli pratici, dai più diffusi e accreditati giornali italiani che si occupano di industria, ho avuto impazienti premure onde dare maggiore diffusione alle cose dette col rendere di pubblica ragione un sunto della conferenza. A ciò ho aderito ben volentieri come mezzo più efficace per raggiungere lo scopo propostomi, tanto più che questo, utilissimo in sé per l'applicazione di cui è parola, può riuscire indirettamente anche come di grande stimolo a sviluppare la industria mineraria del nichelio, finora poco curata presso noi perchè di poco profitto, mentre in molti luoghi delle Alpi, come nell'alta Valsesia (presso Varallo), nella Valle di Lanzo, ecc., sono frequenti i minerali nicheliferi e forse più di

(* Il prezzo attuale del nichelio commerciale è di L. 39 a 54 al chilogrammo, secondo la qualità; quello del cobalto di L. 90 a 140. Il prezzo del nichelio tende però ad aumentare per la crescente richiesta.

quanto finora si è creduto. Tale idea non è solo teorica, ma è convalidata dal fatto che dopo la data della conferenza da me tenuta sono scesi dalle valli alpine dei raccoglitori portandomi pietre e minerali per la ricerca del metallo di cui è parola, e tra questi si è trovata la pirite di ferro magnetica col carattere di *pirrotina nicheliferà* appartenente a luoghi non esplorati finora.

Tutte le applicazioni industriali sono guidate da principii scientifici che ne sono il punto di partenza, e tanto più pratica feconda il progresso delle industrie, quanto più è estesa la conoscenza dei detti principii scientifici, quanto più chi vi attende ha la coscienza del proprio lavoro. Nel caso mio reputo quindi utilissimo di prendere le mosse col fare una breve monografia del nichelio per ciò che riguarda il suo stato naturale, il processo di estrazione e di purificazione, le sue proprietà fisiche e chimiche, le sue principali combinazioni ed il modo di ottenerlo allo stato puro.

Il nichelio non si è trovato finora allo stato metallico, o come si dice *nativo* sulla terra, mentre accompagna il ferro degli aeroliti o pietre di provenienza extraterrestre (*). Allo stato di combinazione è però alquanto diffuso in natura e le combinazioni sue principali sono collo zolfo, l'arsenico, l'antimonio, il bismuto, il cobalto, il ferro, il rame, l'argento: allo stato di arseniato o di solfuro, arseniuro, antimoniuro di nichelio o di solfo-arseniuro, solfo-arseniato, solfo-antimoniato, solfo-bismutato, ecc., tutte combinazioni che costituiscono minerali svariati. Fu scoperto nel 1781 da Cronstedt, mineralogista svedese nella *nichelina* arseniuro di nichelio (Kupfernickel) che è uno dei minerali più ricchi di nichelio (ne può contenere il 30 per 100). I minerali di nichelio trovansi abbondanti in Svezia, Norvegia, Sassonia, Ungheria, ecc., spesso è associato al cobalto arsenicale o *smaltina* (speiss-Kobalt) minerale che ne contiene fino al 26 per 100.

In Italia il minerale che più spesso ce lo presenta, e specialmente nelle nostre Alpi, è la pirite di ferro magnetica (Pirrotina) nella varietà che dicesi *Nicheliferà* che risulta in generale da ferro e nichelio combinati collo zolfo allo stato di solfuro. Quelle finora analizzate mostrarono di contenerne più comunemente dal 2,5 al 3 per 100, eccezionalmente però la quantità può giungere fino al 10 per 100 (**). La maggior parte del nichelio che si trova in commercio viene dalla Germania, Austria, Norvegia, Svezia e Francia. Si fabbrica pure in Ungheria, Belgio, ecc., ed i processi metallurgici per mezzo dei quali si estrae variano in rapporto ai minerali che s'impiegano e sono più o meno complicati secondo la composizione di questi. Prima che il nichelio ricevesse delle applicazioni importanti, si utilizzava, per estrarlo, esclusivamente un prodotto secondario metallurgico ricco in nichelio ricavato dal trattamento del cobalto arsenicale nichelifero (per ottenerne il cobalto o l'azzurro di cobalto) e conosciuto col nome di *speiss* che contiene metà del peso di nichelio. In oggi dietro la importanza che ha preso il metallo si applica qualunque specie di minerale ed anche le piriti marziali e cuprifere che ne possono contenere 2 a 3 centesimi del loro peso. Sarebbe fuor di proposito riguardo alla nostra industria il volersi estendere in dettagli sui processi metallurgici che si praticano per i minerali esteri. Darò solo un'idea del trattamento cui si possono sottoporre per la estrazione del metallo le nostre piriti o pirrotine nichelifere, che per la loro più semplice composizione presentano minori difficoltà.

Su queste possono applicarsi dei trattamenti metallurgici solo col mezzo del calore (o come si dice per *via secca*) ovvero in parte per via secca e in parte con l'azione di liquidi dissolventi (o per *via umida*). Si arrostitiscono prima, scaldandole a contatto dell'aria, e poi si fondono in apposito forno, finché si ottiene una prima massa (*metallina*) porosa che contiene tutto il nichelio. Tale metallina si arrostitisce ancora in forni a riverbero prolungamente e con la fusione si arricchisce sempre più, tanto da contenere una quantità di nichelio per 1/4 o 1/3 del proprio peso. A tal punto si sottopone alla raffinazione fondendola in un crogiolo insieme a della sabbia fina, in forni riscaldati col coke e sotto la corrente d'aria di una soffieria che rende più energica l'azione ossidante: allora l'ossido di ferro, che via via si forma, entra in combinazione con la sabbia e forma una scoria (silicato di ferro) che si separa da una massa fusa la quale si raccoglie al fondo del crogiolo, principalmente formata da nichelio. La quantità di ferro che vi rimane consiglia a ripetere successivi trattamenti consimili per ridurlo alla più piccola porzione scorificandolo con la sabbia, ma con precauzione per

non andare incontro a perdite troppo significanti del metallo utile. Finalmente si sottopone la massa risultante (ossido di nichelio) ad un processo di riduzione per ripristinare il metallo, e ciò si fa mescolando l'ossido col carbone entro cilindri di terra refrattaria situati in un forno, ove sono circondati dalla fiamma. Col calore sostenuto si compie la riduzione e si ottiene il nichelio della qualità commerciale.

Introducendo la via umida nel processo, la metallina porosa che si ottiene dopo i primi arrostitimenti e alternative fusioni, si tratta con acido solforico concentrato, si evapora a secco la massa per scacciare l'eccesso di acido, si riprende con acqua la quale scioglie i metalli ferro e nichelio allo stato di solfati. Vi si aggiunge del carbonato di calcio che decompone solo il solfato di ferro e precipita il ferro allo stato di ossido, insieme al solfato di calcio. Questo trattamento fatto con precauzione ci dà per mezzo della filtrazione un liquido che contiene il nichelio allo stato di solfato di nichelio, il quale con latte di calce precipita l'ossido di nichelio, insieme al solfato di calcio. Il precipitato si fonde con carbonato di sodio onde ottenere per doppia decomposizione del solfato di sodio e carbonato di calcio, il primo dei quali è solubile nell'acqua, il secondo negli acidi deboli e si possono così separare dall'ossido di nichelio (*). Il residuo insolubile è ossido di nichelio, il quale mescolato con polvere di carbone, è modellato in forma di piccoli cubi e si riduce allo stato metallico esponendolo al calore in crogioli chiusi, fuori del contatto dell'aria. Così si ha il nichelio commerciale in cubi.

Il nichelio commerciale, sia che derivi dalle piriti o da qualunque altro minerale, come prodotto di prima estrazione (la cui produzione annua delle fabbriche europee ascende ora a circa 800 mila chilogrammi) non è puro e si può in generale considerare come una lega variabile di nichelio e di altri metalli che, secondo le provenienze, possono essere il ferro, il rame, il cobalto, il piombo, il bismuto; vi si trova pure associato talvolta l'antimonio, l'arsenico, lo zolfo e spesso anche la silice. La quantità di nichelio effettivo del prodotto commerciale varia dal 40 al 90 per cento. Per ottenere il nichelio perfettamente puro si può utilmente praticare il seguente metodo di S. C. Deville. Si prende del nichelio commerciale; si discioglie nell'acido azotico mantenendo il metallo in eccesso: si fa bollire a lungo la soluzione per precipitare tutto l'ossido ferrico e parte del rame in presenza di un eccesso di nichelio. Si allunga la soluzione con molta acqua per potersi far passare una corrente di acido solfidrico che precipita il resto del rame e l'arsenico, il piombo, il bismuto (se vi sono) allo stato di solfuri. Si filtra, si concentra fino quasi a metà del volume il liquido e si tratta con una soluzione concentrata di acido ossalico. Il nichelio precipita allo stato di ossalato insolubile di color verde pallido, e questo decomposto riscaldandolo con violento fuoco di soffieria in un crogiolo chiuso per impedire la ossidazione per mezzo dell'aria, dà il metallo puro che presenta le seguenti:

Proprietà fisiche. — Splendore metallico brillante, bianco di argento tendente un poco al grigio di acciaio. Cristallizza nel sistema cubico, è perfettamente duttile e malleabile, perchè per mezzo della filiera o del laminatoio si tira a volontà in fili e in lamine. Facendo l'operazione a caldo si possono ottenere dei fili del diametro di 14 centesimi di millimetro, e delle lamine della sottigliezza di 28 centesimi di millimetro. È più tenace del ferro e S. C. Deville ha mostrato che prendendo due fili di egual diametro, uno di ferro, l'altro di nichelio, il primo si rompe con un peso di 60 chilogrammi, il secondo con un peso di 90. Il metallo dopo fusione ha un peso specifico di 8,27; quando è in lamine o in fili, di 8,66. È il più duro di tutti i metalli dopo il manganese e resiste all'azione della lima, se questa non è a tutta tempera. È attirato dalla calamita come il ferro e si dice quindi *magnetico*. Si può calamitare come l'acciaio: anzi sotto la influenza di forze magnetiche deboli acquista una forza magnetica 5 volte e 1/2 più dell'acciaio; le calamite artificiali di nichelio perdono come quelle di acciaio la magnetizzazione col calore e bastano 350 gradi di temperatura secondo Pouillet. Riscaldato gradatamente, acquista alla sua superficie varii punti di colore, come fa l'acciaio quando si tempera. Conduce la elettricità come il ferro. Si fonde ad una temperatura elevatissima (di circa 1500 gradi) che è di poco inferiore a quella del ferro battuto. Si unisce come il ferro al carbonio, costituendo una ghisa più facilmente fusibile del metallo puro.

Proprietà chimiche. — È inalterabile all'aria e mantiene brillante il suo splendore metallico. Riscaldato, brucia nell'ossigeno come il ferro e come questo alla temperatura del calore rosso decompone l'acqua ossidandosi e sviluppando l'idrogeno. Il biossido di idrogeno o acqua ossigenata lo ricopre di uno strato

(*) La famosa massa di ferro meteorico detta di Pallas analizzata dal Berzelius, risultò composta di 78 parti di ferro, 44,3 di nichelio, 7 di fosforo, con tracce di cobalto, manganese, rame, stagno.

(**) La miniera della Balma presso Varallo, secondo Axerio, diede in media il 3 per 100 (V. *Relaz. Giur. Esposiz. Vienna*).

(*) In questi trattamenti si può semplificare il processo impiegando acido cloridrico invece di acido solforico (specialmente se le piriti contengono del rame che si debba separare dal ferro).

nero bruno di ossido. Il nichelio quando è allo stato poroso, come suole esserlo quello del commercio formato da piccoli cubi, se si tiene per 12 ore come elettrodo negativo nell'atto in cui si decompone l'acqua per mezzo della corrente elettrica, presenta la proprietà (comune ad altri metalli come il palladio) di condensare l'idrogeno nascente, ed il volume che è capace di assorbirne è circa 165 volte il suo. Dopo l'assorbimento se si toglie dal circuito e si mette sotto un tubo pieno di acqua, ha la proprietà particolare di sviluppare di nuovo in due o tre giorni tutto l'idrogeno assorbito. È attaccato rapidamente con sviluppo di vapori rutilanti dall'acido azotico di media concentrazione e vi si scioglie con facilità passando allo stato di azotato: invece nell'acido azotico concentrato e fumante rimane inerte e si comporta come il ferro. Si scioglie pure, quantunque lentamente, nell'acido solforico e nell'acido cloridrico purchè sieno diluiti con acqua, e si trasforma in solfato e cloruro con sviluppo di idrogeno. Il nichelio ha proprietà energiche: entra in combinazione direttamente o indirettamente con molti corpi semplici (metalloidi e metalli) o composti (acidi) e costituisce un complesso di combinazioni molto importanti per la storia chimica di tal metallo e per le sue applicazioni. Per il dettaglio di tutte queste combinazioni si può consultare qualche trattato di chimica. A me occorre solo di farne conoscere alcune che interessano maggiormente la industria. Fra queste (riserbandomi a parlare più avanti delle leghe che costituisce in tutte le proporzioni con l'argento, rame, zinco, stagno, ferro, dotate di proprietà vantaggiose nelle applicazioni) è necessario occuparsi, prima di tutto, degli ossidi per potere studiare il modo di formazione delle più utili combinazioni saline, nelle quali, come in qualunque combinazione definita, il nichelio entra sempre con un peso proporzionale (atomico) eguale a 59 e rappresentato assieme al metallo dal simbolo Ni.

Ossidi di Nichelio. — Se Ni (eguale a 59 parti in peso) si combina con 16 parti in peso di ossigeno (o col peso atomico dell'ossigeno rappresentato da O) si forma il composto ossigenato più importante di nichelio NiO che dicesi *protossido di nichelio* o *ossido nichelioso* per distinguerlo da un altro che è il *sesquiossido di nichelio* che risulta da due multipli delle dette quantità di nichelio e ossigeno ed è rappresentato dalla formola Ni^2O^3 cioè da 59×2 (di nichelio) e da 16×3 (di ossigeno). Il sesquiossido è molto instabile e quando entra nelle combinazioni si trasforma nel protossido che è il solo che possa formare dei sali. Il protossido è una polvere grigio-verdastra, la quale per mezzo del carbone al fuoco di soffieria o per mezzo dell'idrogeno a 270 gradi, perde l'ossigeno e ripristina il nichelio metallico. Il sesquiossido invece è una polvere nera, che riscaldata fortemente, sviluppa ossigeno, si fa verdastra e si trasforma in protossido: questa medesima trasformazione la subisce nel disciogliersi a contatto degli acidi, per cui tutti i sali di nichelio sono di protossido. Se si decompone col calore un sale di nichelio solido (come, per esempio, l'azotato) a contatto dell'aria, da principio calcinandolo moderatamente si trasforma in polvere nera (sesquiossido) che con calcinazione più sostenuta subisce la riduzione a protossido. Se invece si prende la soluzione acquosa di un sale di nichelio e si tratta con potassa si ha un precipitato voluminoso verde-pomo che è formato da un peso molecolare di protossido combinato a due di acqua $NiO, 2H^2O$ e si chiama *idrato di protossido di nichelio*, o semplicemente *idrato di nichelio*. Questo, calcinandolo, perde l'acqua e si riduce coi detti caratteri del protossido. Il protossido anidro si scioglie lentamente nell'ammoniaca; l'idrato vi è invece solubilissimo; in ambedue i casi si ha un liquido di un bel colore azzurro che con un eccesso di ammoniaca passa al violaceo; fatta bollire la soluzione perde dell'ammoniaca, s'intorbida e deposita l'idrato verde allo stato di polvere cristallina. Il protossido di nichelio anidro o idrato si scioglie facilmente negli acidi e costituisce i sali di nichelio i quali tutti sono gialli se non contengono acqua: se sono idrati o in soluzione nell'acqua, hanno un colore verde-pomo o un bel verde smeraldo. Presentano tutti una reazione acida ed un sapore dapprima dolcastro, poi acre e metallico.

Sali di nichelio. — Quelli che principalmente interessano al nostro scopo, sono il solfato, l'azotato, il cloruro e il cianuro di nichelio, e poichè non tanto facilmente si trovano in commercio, e specialmente allo stato puro, indicheremo i mezzi più opportuni per procurarseli in tale condizione che è essenziale per ottenere dei buoni risultati nella nichelatura dei metalli.

La materia prima che più facilmente ci si può procurare, perchè più comune, è il nichelio ordinario il quale, come si è già detto, è un prodotto impuro che contiene solo dal 40 al 90 per 100 di nichelio effettivo; il rimanente è formato da metalli e altre sostanze estranee tra cui più generalmente il rame, il ferro, l'arsenico, la silice. Dal nichelio commerciale abbiamo visto che si può avere il nichelio puro, ma questa operazione di speciale raffinazione metallurgica ci dà un prodotto, che come metallo isolato e puro, ha un prezzo troppo elevato, e per noi,

che dobbiamo usarlo in combinazione, conviene meglio sottoporre il nichelio commerciale a qualche trattamento per avere puro il solfato di nichelio. A tale scopo possiamo procedere col metodo seguente suggerito recentemente da Terreil (*).

Solfato di nichelio.

1° Si fa disciogliere il nichelio commerciale attaccandolo con 8 volte il suo peso di acqua regia (miscuglio di 1 vol. di acido azotico e di 3 vol. di acido cloridrico); a dissoluzione completa si evapora il liquido a secco, si riprende con acqua (5 volte il peso del metallo impiegato) che scioglie la materia, ad eccezione (se vi sono) della silice, qualche poco di arseniato di ferro, piombo allo stato di cloruro, particelle carboniose, ecc.;

2° Nella soluzione acquosa calda si introducono dei pezzetti di filo di ferro (circa un peso eguale al nichelio impiegato) il quale precipita rapidamente tutto il rame sciogliendosi in vece sua e proporzionalmente; si agita il liquido perchè il rame depositato nella superficie del ferro si stacchi e mantenga sempre il ferro attivo finchè il rame è tutto separato. Ciò si vede quando un filo di ferro rimane lucido a contatto del liquido. Dopo si filtra e si ha un liquido verde che contiene nichelio e ferro allo stato di cloruri; di più vi può essere qualche poco di arsenico: (questo trattamento col ferro ci si può risparmiare quando un saggio precedente abbia dimostrato la mancanza del rame);

3° Si aggiunge al liquido un poco di acido azotico per completare la perossidazione del ferro e quindi si tratta con acido solforico concentrato a 66 gradi (un peso doppio del nichelio impiegato). L'acido solforico trasforma i cloruri di nichelio e di ferro allo stato di solfati; evaporando a secco il liquido si scacciano gli acidi cloridrico e azotico. Il residuo secco si riprende con acqua e ci dà la soluzione del solfato di nichelio e di ferro: se vi è qualche parte insolubile che non contenga nichelio questa è sottosolfato di ferro che si separa e si trascura. Vi può essere però del sottosolfato di nichelio del pari insolubile se la evaporazione a secco non si è fatta con precauzione;

4° Alla detta soluzione mentre è riscaldata a circa 50 gradi, vi si aggiunge a poco a poco un leggiero eccesso di carbonato di bario (ottenuto per precipitazione) si ha una effervescenza per lo sviluppo del gas biossido di carbonio: il solfato di ferro si decompone e si forma del solfato di bario e del sesquiossido di ferro che precipitano insieme all'arsenico che può essere rimasto nel liquido in cui il solfato di nichelio rimane indecomposto; l'operazione è completa quando con l'aggiunta del carbonato di bario non si hanno più indizi di effervescenza. Il liquido che si è fatto torbido si filtra e si ha una soluzione verde di solfato di nichelio che evaporata in una cassula a caldo fino a pellicola superficiale e lasciata raffreddare ci dà il solfato di nichelio puro cristallizzato in prismi di un bel verde smeraldo che a 15° e 20° di temperatura contengono sette molecole di acqua di cristallizzazione e costituiscono un sale la cui composizione è rappresentata dalla formola: $SO^4Ni + 7H^2O$ e contiene in 100 parti 21 di metallo. Col calore perde facilmente l'acqua di cristallizzazione e diviene una polvere gialla.

Si può benissimo ottenere lo stesso solfato preparando, come è detto avanti, l'ossalato di nichelio puro col nichelio commerciale; sottoponendo l'ossalato alla calcinazione a contatto dell'aria, si trasforma in protossido ed il protossido sciolto convenientemente nell'acido solforico, evaporata la soluzione, ci dà il solfato cristallizzato. Si può calcolare che con l'uno o con l'altro dei metodi indicati, una quantità determinata di metallo commerciale dà un peso quadruplo di solfato cristallizzato puro.

Una soluzione di solfato, come degli altri sali di nichelio, presenta le seguenti reazioni caratteristiche:

1° Con carbonato di potassio o di sodio precipita il carbonato basico di nichelio verde pallido; col carbonato di ammonio dà pure lo stesso precipitato, ma è solubile in un eccesso di reattivo;

2° Con l'acido ossalico precipita una polvere verde chiaro, che è l'ossalato di nichelio;

3° Con potassa o soda caustiche dà un precipitato verde-pomo di idrato di nichelio. L'ammoniaca pure lo precipita, ma in tal caso si scioglie facilmente in un eccesso di reattivo producendo un liquido azzurro trasparente che è la soluzione di un solfato di nichelio ammoniacale. Se si fa bollire la soluzione ammoniacale s'intorbida e precipita l'idrato verde. Questa precipitazione dell'idrato è impedita dalla presenza dell'acido tartarico, citrico, o altre materie organiche;

4° Col solfuro di ammonio dà un precipitato nero di solfuro di nichelio, insolubile in un eccesso di reattivo: il precipitato è impedito dalla presenza del cianuro di potassio, giacchè il solfuro di nichelio forma con questo un doppio sale di nichelio e potassio che è un composto solubile;

(*) Bull. Soc. Chim., Paris, janvier, 1875, n° 4.

5° L'idrogeno solforato non precipita il solfuro di nichelio nelle soluzioni acide, se non quando vi si aggiunge dell'acetato di sodio;

6° Col carbonato di bario è precipitato completamente all'ebullizione, niente a freddo. Il carbonato di calcio non precipita il sale, né a caldo né a freddo;

7° Lo zinco metallico precipita il nichelio da una soluzione bollente allo stato di idrato e di ossido.

Quando si è ottenuto il solfato di nichelio puro si prepara facilmente l'idrato di nichelio precipitandolo da una soluzione con della potassa caustica e lavandolo completamente. Con questi due prodotti, solfato e idrato, come anche col protossido di nichelio puro, ottenuto decomponendo col calore l'ossalato, abbiamo ora con l'uno, ora con l'altro, il mezzo di preparare qualunque sale di nichelio.

Nitrato di nichelio.

Si ottiene facilmente sciogliendo nell'acido nitrico di media concentrazione il protossido proveniente dalla decomposizione dell'ossalato. Si evapora la soluzione acida fino a secco per scacciare l'eccesso di acido, indi si riprende con acqua ove è solubile il sale, e la soluzione concentrata a caldo ci dà col raffreddamento il nitrato cristallizzato, che contiene il 20,27 per 100 di metallo, ed ha una composizione espressa dalla formola: $(AzO^3)^2 Ni + 6 H^2O$. I cristalli sono verdi deliquescenti all'aria umida, efflorescenti all'aria asciutta; perdono l'acqua di cristallizzazione con moderato calore e prendono l'aspetto di materia terrosa gialla. Con un calore più prolungato si sviluppano vapori acidi e si ha un nitrato basico, giallo verdastro, insolubile nell'acqua, che con l'azione successiva del calore si trasforma in sesquiossido e poi in protossido di nichelio. Presenta le stesse reazioni del solfato, e con l'ammoniaca precipita l'idrato di nichelio solubilissimo in un leggiero eccesso di essa, formando del pari una soluzione azzurra di nitrato di nichelio ammoniacale.

La quantità di nitrato cristallizzato che si può ottenere in media, rappresenta come per il solfato quasi il quadruplo del peso del nichelio ordinario impiegato, trascurando l'acqua madre.

Cloruro di nichelio.

Si ottiene sciogliendo a caldo l'ossido di nichelio puro con acido cloridrico; evaporando la soluzione per eliminare l'eccesso di acido, aggiungendo dell'acqua e facendo cristallizzare il sale col raffreddamento. Forma cristalli prismatici di un bel verde, efflorescenti o deliquescenti, secondo lo stato igrometrico dell'aria; contengono 20,2 per 100 di nichelio, e la formola: $NiCl^2 + 9H^2O$ ne rappresenta la composizione. Perdendo col calore l'acqua di cristallizzazione, costituisce una polvere gialla. Questo sale, in soluzione, dà reazioni identiche ai precedenti, e con l'ammoniaca fornisce un liquido azzurro, che è il cloruro di nichelio ammoniacale.

Cianuro di nichelio.

Prendendo una soluzione di uno dei sali precedenti, solfato, nitrato, o cloruro di nichelio, versandovi una soluzione di cianuro di potassio, si ha un precipitato bianco-verdiccio di cianuro di nichelio $NiCy$ il quale ha la proprietà di disciogliersi in un eccesso di cianuro di potassio, formando un doppio sale che è il cianuro di nichelio e di potassio: $NiCy, KCy + H^2O$. Concentrando la soluzione dà dei cristalli prismatici gialli, solubili nell'acqua: e nel liquido si può precipitare di nuovo il cianuro di nichelio per mezzo di qualche acido diluito.

APPLICAZIONI

Come è noto, il nichelio si usa da molto tempo per formare col rame, zinco, stagno, e talvolta col ferro una lega metallica impiegata per molti usi col nome di Argentana o Packfung (Neusilber dei tedeschi) o di Maillechort, Alpaka. Serve per far piatti, vassoi, utensili svariati di uso domestico, come pure per la bigiotteria, giacché ha la durezza, lo splendore ed il colore quasi dell'argento, e con i semplici saggi alla pietra di paragone si confonde con l'argento a 75 per 100. Rivestendosi anche perfettamente bene di uno strato di oro e di argento per mezzo della pila, serve a fabbricare molti utensili domestici col nome di argento della China, del Perù, metallo Cristofle. La composizione dell'argentana su 100 parti differisce un poco secondo le varie provenienze. Esempi:

	Rame	Nichelio	Zinco	Ferro	Stagno
Argentana o packfung cinese p.	55	23	17	3	2
» » francese p.	62	15	23	—	—
» » tedesco p.	50	25	25	—	—
Maillechort inglese p.	57	15	25	3	—
» francese p.	50	18,75	31,25	—	—

Si può dire che fino a 10 anni indietro la fabbricazione di questa lega era il solo utile che si ricavava dal nichelio. In Inghilterra si è applicato per la prima volta anche in lega con l'argento per fabbricare dell'argenteria la quale contiene parti quasi eguali di nichelio e argento, e ai saggi ordinarii corrisponde alla lega di 19 parti di rame e 81 di argento, cioè al titolo di 81 per 100, mentre in realtà non è che del 50. In lega col ferro, nella proporzione del 3 per 100 rispetto al peso di questo, si utilizza per avere un ferro più bianco, del pari duttile e con la proprietà di più difficilmente arrugginire come fu provato da Stodart e Faraday. Recentemente poi per l'aumentata produzione dei minerali nicheliferi, tanto nella Svizzera, quanto nel Belgio e negli Stati Uniti di America, si è estesa l'applicazione del metallo alla fabbricazione delle piccole monete del valore di 5, 10 e 20 centesimi, e queste si fanno con le seguenti leghe:

	Argento	Rame	Zinco	Nichelio
Moneta svizzera da 20 centesimi p.	15	50	25	10
» » da 10 » p.	10	55	25	10
» » da 5 » p.	5	60	25	10
» belga da 20, 10, 5 cent. p.	75	—	—	25
» americana p.	88	—	—	12

Il metallo bianco che circola in commercio col nome di metallo bianco di Suhl, è formato da 88 p. di rame, 8,75 di nichelio, 1,76 di antimonio.

Recentemente pure si è proposta da P. Sauvage un'altra lega di bell'aspetto bianco col nome di Neogeno, associandovi anche il bismuto, l'alluminio e lo stagno; è formata da:

Rame p.	58
Zinco p.	27
Nichelio p.	12
Stagno p.	2
Alluminio } in parti	1
Bismuto } eguali	

Con brevetto francese, n° 106,716, del 5 febbraio 1875, Desnos ha acquistato da Marquand la privativa per una lega metallica col nome di metallo bianco, inossidabile, senza argentatura, e questo è composto di:

Rame puro p.	750
Nichelio puro p.	140
Ossido nero di cobalto p.	20
Stagno puro p.	18
Zinco puro p.	72

Oltre alle dette applicazioni del nichelio per formare delle leghe, tale metallo ha acquistato in oggi una importanza molto maggiore per la nuova industria sorta in questi ultimi tempi della nicheliatura dei metalli con processo idroelettrico ed è di questa che intendo parlare più diffusamente per far conoscere il processo e renderlo diffuso anche presso noi.

Premetto alcuni utili dati storici.

Isac Adams, di Boston, è stato il primo a introdurla e propagarla negli Stati Uniti di America. Egli, rappresentato da M. Gaiffe a Parigi, fece conoscere il 17 gennaio del 1870 per mezzo del segretario signor Dumas, all'Accademia francese delle Scienze (*) una serie di oggetti ed utensili svariati ricoperti con uno strato di nichelio bene aderente e di un bel brillante metallico, dimostrando quale estensione poteva assumere il processo da esso praticato in modo da poterlo usare per ogni specie di metalli o leghe comuni, che vogliono preservarsi dalla ossidazione e nel tempo stesso renderli di un bel brillante metallico. Adams, nel sottoporre al giudizio dell'Accademia i risultati del suo processo, accennò alla perfezione pratica da esso raggiunta per mezzo di precauzioni molto interessanti le quali devono escludere le più piccole impurità come capaci di essere nocive al buon risultato. Tra queste egli attribuì molta importanza a delle piccole quantità di soda o di potassa o di qualche sostanza alcalina terrosa, come la calce, la magnesia, ecc., giacché in tal caso, oltre al nichelio metallico che si deposita al polo negativo della pila, tanto su questo che sul polo positivo, si trasporta del perossido dello stesso metallo che altera rapidamente il bagno. L'ammoniaca non produce lo stesso inconveniente delle altre basi ed è con l'uso di questa (capace di formare dei doppi sali col nichelio e gli acidi) che si possono formare i bagni nichelici su cui è fondato il processo di nicheliatura galvanica.

Il processo di Adams non si può dire originale, né egli è stato il primo ad applicare il nichelio alla galvano-plastica. Infatti in un rapporto pubblicato nel 1841 dall'Accademia delle scienze a Parigi (***) e fatto da una commissione composta di Thenard, D'Arcet,

(*) *Compt. rend. de l'Acad. des sciences*, Paris, tom. LXX, pag 123.

(**) *Compt. rend. de l'Acad. des sciences*, 20 nov. 1841.

Pelouze, Pelletier, Dumas intitolato: *Sur les nouveaux procédés introduits dans l'art du doreur par MM. Elkington et De Ruolz*, leggesi che questo ultimo alla detta epoca attirò molto l'interesse dell'Accademia, mostrando dei pezzi metallici rivestiti di nichelio e di cobalto come primo tentativo di applicazione. Sembra però che questo fatto fosse dimenticato 29 anni dopo, nell'adunanza del 17 gennaio 1870 dal segretario Dumas (che fu nel 1841 relatore) giacchè altrimenti avrebbesi dovuto mettere in rilievo dal medesimo in faccia ad un reclamo sul diritto di priorità che fu avanzato da Becquerel, membro dell'Accademia e presente alla stessa seduta quando si esaminarono gli oggetti nicheliati di Adams. Egli rammentò che tutto ciò che aveva esposto Adams erasi già conosciuto per mezzo di una di lui memoria presentata e pubblicata 8 anni indietro (nel 1862) col titolo di: « Réduction électro-chimique du cobalt, du nickel, de l'or, de l'argent et du platine » (*), mostrando anche degli oggetti con la nicheliatura galvanica. Di più dichiarò di non dare alcuna importanza alla presenza della soda e della potassa nel formare i bagni di nichelio, essendosi egli servito indifferentemente e con eguale risultato dell'una o dell'altra, come dell'ammoniaca, per formare dei sali doppi capaci di essere decomposti dalla corrente elettrica con regolare deposito di nichelio; solo dando la preferenza all'ammoniaca per neutralizzare l'acido che si forma all'elettrodo positivo, a meno che non si faccia uso di un'elettrodo di nichelio. È inutile esporre i dettagli della polemica che sorse tra Gaiffe, rappresentante di Adams, e Becquerel. Gaiffe sostenne sempre che malgrado i lavori di Jacobi, Smee e Becquerel, malgrado le qualità ben conosciute del nichelio, la galvano-plastica di questo metallo non era uscita dal laboratorio del fisico e del chimico, e tutti i tentativi fatti da 20 anni per tirarne un partito nell'industria erano stati infruttuosi; restava quindi qualche cosa da trovare, e ciò è stato fatto da Adams e i risultati ottenuti da esso garantiscono infatti un processo sicuro, regolare, economico, e mentre altrove non si parlava allora che di tentativi, gli Stati Uniti possedevano già 10 grandi officine che fabbricavano oggetti di ogni genere ricoperti di nichelio. Becquerel dal canto suo insistè sulla priorità del suo processo applicato da Adams, non comprendendo la differenza stabilita tra un processo di laboratorio ed un processo industriale, giacchè il passaggio dall'uno all'altro si fa nelle mani del primo che lo applica.

In conclusione dobbiamo ritenere che i primi tentativi di applicare il nichelio alla elettro-nicheliatura si devono a De Ruolz, ma questi non dette nessuna idea del processo impiegato. Il primo a far conoscere che i doppi sali nichelio-potassici, nichelio-sodici, nichelio-ammoniaci ci danno il mezzo di poter formare dei bagni di nichelio dai quali si può depositare il metallo con la corrente elettrica, è stato Becquerel. È indiscutibile però che ad Adams devesi il merito di aver perfezionato e reso certo il processo della nicheliatura elettrica, che ne abbia mostrato le numerose ed estese applicazioni, e che abbia ricavato dal nichelio il partito per una nuova industria rappresentata oggi già da molte officine le quali vanno giornalmente moltiplicandosi fuori d'Italia, ed è tempo che sorgano anche tra noi per opera dei nostri industriali.

Una difficoltà alla propagazione di certe applicazioni spesso dipende dall'ignorarle, ma più spesso dal conoscerle sotto un punto di vista puramente generale o vago, mentre manca l'essenziale che garantisce l'utile del tempo e dei capitali, cioè i dati precisi per la pratica; questi si custodiscono gelosamente da chi il primo li ha trovati e ne ricava un utile per sé o ne fa monopolio comunicando ad altri il segreto a caro prezzo. Per queste sole condizioni gran tempo vediamo passare prima che certe cognizioni entrino nel dominio del pubblico. In conseguenza di ciò e per lo scopo di questo R. Museo industriale italiano, che come intermedio alla scienza e all'industria è destinato a coadiuvare e promuovere le utili applicazioni, ho intrapreso una serie di esperienze per eliminare ciò che si finge circondato di qualche mistero riguardo al processo di nicheliare i metalli e somministrare dei dati certi per mettere gli industriali nella via della nuova industria, e potersi così rendere indipendenti dalle fabbriche estere. Primo studio che ho fatto è stato quello di preparare e provare alcuni bagni di nichelio, la cui composizione coi nomi di processo Herz, Plazanet, Boden, ecc., è comparsa in alcuni giornali tecnici esteri. Ma mentre per alcuni ho trovato una composizione *incompatibile* nella pratica, devo dichiarare di più che nessuno di questi bagni preparati, mi ha corrisposto nemmeno col darmi il più piccolo deposito di metallo. In conseguenza di ciò, sulla scorta delle condizioni che favoriscono la regolare decomposizione dei sali di nichelio per mezzo della corrente elettrica, ho costituito altri bagni, e di tutti quelli tentati i risultati migliori li ho avuti dai seguenti.

BAGNO I

(con sali di nichelio e di ammonio)

Acqua distillata litri 1, ovvero	grammi 1000
Solfato di nichelio cristallizzato	» 50
Solfato di ammonio cristallizzato	» 20
Acido citrico cristallizzato	» 8

Pratica. — Si scioglie il sale di nichelio nell'acqua, indi vi si aggiunge il sale ammoniacale e poi l'acido citrico. Se i prodotti sono puri, si ha una soluzione limpida di color verde con reazione acida alle carte di tornasole. Agitandola continuamente con una bacchetta vi si aggiunge goccia a goccia dell'ammoniaca, finchè le carte di tornasole rosse volgono all'azzurro immergendole nel liquido. Questo pure prende un colore che volge all'azzurro, ma poi lasciato a sé diviene di un bel verde smeraldo. Un eccesso di ammoniaca dà al bagno un colore azzurro intenso; questa condizione non è utile, perchè tende a diminuire il brillante metallico del nichelio, e a renderlo più scuro.

BAGNO II.

(con sali di nichelio e di sodio)

Acqua distillata litri 1, ovvero	grammi 1000
Nitrato di nichelio cristallizzato	» 35
Bisolfato di sodio cristallizzato	» 150

Pratica. — Si scioglie il sale di nichelio nell'acqua, vi si aggiunge il bisolfato di sodio e si ha un liquido limpido verdastro, se i sali sono puri, con reazione acida. Vi si aggiunge a poco a poco dell'ammoniaca, finchè la soluzione prende una tinta verde smeraldo chiaro e dà reazione alcalina. Un eccesso di ammoniaca fa comparire un colore azzurro, e ciò produce l'inconveniente indicato per il bagno precedente.

BAGNO III

(con i sali di nichelio e di potassio)

Soluzione a	{	Cloruro di nichelio cristallizzato	grammi 25
		Acqua distillata 1½ litro	» 500
		Ammoniaca concentrata, quanto basta per avere un liquido limpido azzurro.	
Soluzione b	{	Cloruro di nichelio cristallizzato	grammi 20
		Acqua distillata 1½ litro	» 500
		Soluzione concentrata al 50 0/0 di cianuro di potassio, quanto basta per avere un liquido limpido giallo.	

Si mescolano le due soluzioni *a* e *b* e vi si aggiunge ammoniaca quanto basta per avere un liquido azzurro tendente al verde.

Pratica. — Le due soluzioni *a* e *b* si facilitano a caldo. Nella soluzione *a* fredda versando l'ammoniaca si ha un intorbidamento verde per l'idrato di nichelio, che si ridiscioglie con un leggero eccesso di ammoniaca, e si ha un liquido azzurro limpido. Nella soluzione *b* versando la soluzione concentrata di cianuro di potassio si ha da prima un precipitato abbondante bianco verdiccio di cianuro di nichelio, ma questo si ridiscioglie facilmente in un leggero eccesso di cianuro, e forma un liquido limpido giallo. Ambedue queste soluzioni *a* e *b*, separate, non precipitano il nichelio con la corrente elettrica. Si riuniscono, e si ha un nuovo precipitato bianco verdiccio, il liquido si fa bollire e vi si aggiunge a poco a poco dell'ammoniaca, tanto da ridisciogliere il precipitato ed avere una soluzione limpida azzurra che tende al verde.

Di questi tre bagni il primo è preferibile volendo ottenere il nichelio di un bel colore bianco brillante. Gli altri due tendono a darlo con gradazioni di colore che sono pure utili e ricercate nella industria. I bagni I e II si conservano bene, il bagno III è di più difficile conservazione a contatto prolungato con l'aria. Oltre a ciò, si faccia attenzione ai seguenti consigli pratici.

1° Qualunque sia il bagno che si voglia adottare, è necessario essere certi della purezza dei sali di nichelio, cioè che non contengano ferro, arsenico, antimonio, rame, ecc. E perciò ne ho accennato la preparazione nelle premesse nozioni sul nichelio e sui principali composti.

2° Oltre ai sali di Nichelio, solfato, cloruro, nitrato, bisogna avere allo stato puro per le opportune manipolazioni i seguenti corpi: solfato di ammoniaca, acido solforico, ammoniaca, acido citrico, bisolfato di sodio, cianuro di potassio, acqua distillata e carte reattive. Di questi preparati alcuni si risparmiano quando la pratica propria consiglia a preferire un bagno per fare il quale non sieno necessari.

3° Tutti i sali di nichelio, solfato, cloruro, nitrato, disciolti nell'acqua costituiscono dei liquidi acidi, dai quali la corrente elettrica non determina *nessuna* separazione del nichelio. Ma se

(*) *Compt. rend. de l'Acad. des sciences*, Paris, t. LV, pag. 19, 1862.

si neutralizzano con potassa, soda o ammoniaca, formando dei sali doppi, allora si mettono nella condizione di essere decomposti dalla corrente e dare un deposito di nichelio.

4° Di tutti i sali di nichelio quello che più riesce opportuno è il solfato; di tutti gli alcali destinati a saturarne l'acidità quello che deve avere la preferenza è l'ammoniaca, si per offrirci maggior sicurezza nel risultato, quanto per maggiore facilità nel maneggio, dietro la proprietà che ha di disciogliere facilmente l'idrato verde pomo di protossido di nichelio, mentre la potassa e la soda in leggiero eccesso, dopo raggiunto il grado di neutralità del liquido salino, vi producono un precipitato che intorbida le soluzioni perchè non si ridiscioglie.

5° Oltre al sale ammoniacale che formasi dalla semplice neutralizzazione della soluzione acquosa del solfato di nichelio (come degli altri sali) con ammoniaca, è utile pratica lo aumentare la quantità aggiungendovi direttamente del solfato di ammoniaca che sciogliesi facilmente. Può ottenersi lo stesso risultato aumentando l'acidità della soluzione del solfato di nichelio versandovi un eccesso di acido solforico e saturando poi il liquido con ammoniaca, finchè prende una tinta azzurra e si fa limpido.

6° I bagni di nichelio si usano generalmente a freddo; però in alcuni casi, a seconda dei metalli da nicheliare, danno migliore prova riscaldandoli (come si fa per la doratura con i bagni di oro).

7° Per il caso sopra accennato giova nella pratica lo aggiungere al bagno un poco di acido citrico o tartarico per poter mantenere il bagno limpido anche a caldo, perchè altrimenti le soluzioni ammoniacali dei sali di nichelio precipitano col calore l'idrato di nichelio, il che è impedito dalla presenza dell'acido citrico o tartarico, come di altra materia organica.

8° Un bagno di nichelio mentre è in azione sotto la corrente elettrica produce al polo positivo dell'acido il quale, se l'elettrodo positivo è formato da una lamina di platino, rende, con l'uso, il bagno incapace di deporre il nichelio al polo negativo; è necessario in tal caso sorvegliarlo aggiungendovi di tanto in tanto dell'ammoniaca. Se l'elettrodo positivo è formato da nichelio, il bagno si mantiene sempre nelle condizioni primitive, essendo l'acido neutralizzato, via via che si produce, dall'ossido di nichelio che si forma al polo positivo.

9° Un bagno servirà meglio quando non si applichi appena fatto, ma si lasci a sé, in un recipiente chiuso, per qualche giorno.

10° La corrente elettrica necessaria per l'applicazione del processo deve essere proporzionata al grado di concentrazione del bagno, e non forte, se si vuole uno strato di metallo omogeneo tenace e brillante.

Questa si può ottenere con le pile ordinarie di Daniel a solfato di rame, o di Bunsen col carbone e zinco, o di Grenet col bicromato potassico, ecc.

11° Essendo necessario mantenere i bagni perfettamente puri, si costituirà il polo positivo della pila o con una lamina di platino, ovvero di nichelio metallico puro. Non trovandosi facilmente il nichelio laminato, si potrà ottenere per mezzo della galvanoplastica, ovvero più facilmente si potrà supplire prendendo una lamina di rame e rivestendola uniformemente con la nicheliatura di un grosso strato di nichelio. In tal caso, per le ragioni dette al n. 8°, bisogna stare attenti che logorandosi via via lo strato di nichelio, non rimanga allo scoperto il rame e renda impuro il bagno con la sua presenza, passando allo stato solubile come il nichelio. Si può anche ottenere lo stesso scopo prendendo del carbone metallico di storta (quello stesso che serve per le pile di Bunsen) segato a lamina e sospingendovi con filo di platino dei cubi o pezzi di altra forma di nichelio puro.

12° Tutti i metalli comuni, rame, zinco, ferro, stagno, ecc., o leghe metalliche, bronzo, ottone, packfung, alpaka, ecc., possono ottenersi facilmente nicheliati e capaci di prendere un bello aspetto lucido argentino, durevole a contatto dell'aria e resistente all'azione dell'attrito.

13° È necessario però che gli oggetti, qualunque sia il metallo, vengano ben puliti e non abbiano ossidazione superficiale. Dopo che si sono opportunamente immersi negli acidi che si usano per avviarne la superficie e nel caso di alcune leghe per dare a queste il colore, ovvero ben ripassati con tripoli e anche secondo il caso bruniti; si tengono immersi per qualche minuto in un bagno caldo di ammoniaca, indi nell'acqua distillata, e da questa senza toccarli si introducono (o soli se grandi, o tenuti in gruppi da un filo di platino, se sono piccoli) nel bagno di nichelio, il quale immediatamente, se tutto va bene, incomincia a ricoprirli. Si mantiene il contatto più o meno, secondo la grossezza che si vuole dello strato metallico. Dopo di che si tolgono, si lavano nell'acqua distillata e quindi si asciugano mettendoli in una cassa ove si ricoprono di segatura di legno.

14° Lo strato di nichelio prende da sé una superficie assai unita e lucida; spesso però, volendo ottenere delle superficie specchianti, si sottopongono gli oggetti nicheliati all'azione di

una ruota carica di rosso inglese o di tripoli impastati con acqua o glicerina.

15° Quando, facendo uso di lamina di platino per polo positivo, si riconosca che i bagni di nichelio siano impoveriti di metallo, vi si aggiunge una nuova quantità del sale di nichelio, proporzionata al tempo che hanno servito ed alla quantità di oggetti nicheliati. In ogni caso dovrà farsi molta attenzione a neutralizzare via via l'acidità prodotta dalla scomposizione elettrica del sale.

La Nicheliatura dei metalli, oltre all'oggetto di preservarli dalla ossidazione o di decorarli con uno strato brillante, si è in questi ultimi tempi anche applicata approfittando della durezza del nichelio per rendere più resistenti le superficie metalliche destinate a ricevere continui urti ed attriti. Così si è sostituita con grande vantaggio al processo detto di acciaiatura delle incisioni sul rame, per preservarle più a lungo dall'azione del torchio. Si è utilizzata pure allo stesso scopo per ricoprire i caratteri da stampa.

BIBLIOGRAFIA

I.

Intorno ai movimenti non periodici dei sistemi di punti materiali. — Nota dell'ing. **Valentino Cerruti**, letta alla R. Accademia dei Lincei, Roma, 1876.

Quando le forze applicate ad un sistema di punti materiali sono funzioni qualunque delle coordinate, ma restano indipendenti dal tempo; quando il mezzo, nel quale s'intendono disseminati i punti, non oppone resistenza alcuna al loro movimento; sono note le equazioni differenziali semplicissime atte a definire i piccoli movimenti dei diversi punti del sistema, quali movimenti risultano dalla sovrapposizione di oscillazioni pendolari, la cui ampiezza non varia col tempo.

Ma se il mezzo, nel quale giacciono i punti del sistema, oppone una certa resistenza al loro movimento, le leggi così semplici del caso precedente cessano di essere vere. Ed il professore Cerruti prendendo a ragionare su di un caso particolare, in cui il mezzo presenti una resistenza supposta uguale in tutte le direzioni, e proporzionale alla velocità semplice, dimostra che i piccoli moti si possono in certi casi considerare come dovuti ancora alla sovrapposizione di oscillazioni pendolari (ossia di moti elementari periodici), ma di ampiezza decrescente, pur mantenendosi isocrone; e come in altri casi quei piccoli moti non siano in alcun modo dovuti alla sovrapposizione di movimenti periodici, e che perciò i diversi punti del sistema spostati dalla loro posizione di equilibrio stabile, tendono bensì a ritornarvi, ma non la possono oltrepassare; ossia il moto non è vibratorio.

II.

Gallerie della Traversata dell'Appennino nella linea Foggia-Napoli. — *Cenni dell'ing. G. Lanino.* — Roma, Tip. del Giornale del Genio Civile, 1875.

Nel principio del marzo 1871 coll'apertura della Galleria Cristina veniva definitivamente sistemato il servizio regolare della ferrovia Foggia-Napoli per Benevento, quarta fra le linee che traversano l'Appennino, e destinata a congiungere la città di Napoli colla riviera adriatica e colla valle del Po.

L'esecuzione di questa ferrovia erasi deliberata dal Governo con legge del 14 maggio 1865 e colla medesima concessa alla Società italiana per le strade ferrate meridionali. Gli studi del tracciato e l'iniziamento dei lavori seguirono senza indugio, talchè sul finire del 1868 la linea era già percorsa dalla locomotiva sul versante Adriatico da Foggia al Pianerottolo (chil. 58) e sul Tirreno da Napoli a S. Spirito presso Montecalvo (chil. 126), e più non mancavano al suo compimento che 14 chilometri soltanto di traversata dell'Appennino.

Ma in questa breve tratta erano occorse tre gallerie dette di Ariano, Starza e Cristina, la cui perforazione presentò difficoltà veramente eccezionali. I fenomeni del terreno, i tentativi escogitati, ed i metodi definitivamente adoperati per il compimento di quelle opere, costituiscono un complesso di novità assai importanti per l'arte dell'Ingegnere, e furono cagione di notevole progresso nello sviluppo delle industrie nazionali.

L'ottimo Ing. G. Lanino il quale ebbe la direzione locale di così importanti ed eccezionali lavori dal 1868 fino al loro termine, soddisfacendo al desiderio di quanti ingegneri ebbero ad ammirare le opere di quella traversata d'Appennino, ed all'invito della Direzione Generale della Società delle Ferrovie Meridionali, fece accurata descrizione di tutti i lavori. Trattando l'argomento con ampiezza di vedute, e non dimenticando di accennare quanto erasi già per lo innanzi praticato o consigliato di fare in casi analoghi, l'egregio autore ci procura anzitutto una esatta conoscenza di quelle località, della natura geologica di quei terreni, dei fenomeni che tratto tratto si verificarono, delle loro cause, della loro potenza. Prende in seguito a ragionare sui differenti

metodi di esecuzione delle gallerie, sull'attacco dei pozzi e della piccola galleria, sull'attacco in piena sezione; sui differenti sistemi di armature, ecc., non mai dimenticando di far bene notare ciò che v'ha di comune con altri metodi già praticati, e ciò che per contro ha ricevuto in presenza di difficoltà eccezionali la prima sanzione dell'esperienza. Tale ad es. il sistema di attacco in cunetta suggerito dall'ing. Protche per la galleria della Cristina, e che fu quello che presentò minori inconvenienti in riguardo ai movimenti del terreno, non meno che a quelli delle murature.

L'egregio autore prende in seguito a ragionare sulle diverse sagome delle gallerie, e sulle grossezze assegnate alle murature. Motiva le dimensioni adottate per il rivestimento, osservando come possano parere eccessive a chi solo consideri le condizioni di stabilità di un anello regolarmente sagomato; ma non più a chi rifletta che le pressioni del terreno durante l'escavazione sono sempre maggiori e più pregiudizievole di quelle che si manifestano ad opera compiuta, e che a queste maggiori temporanee pressioni stanno esposte le murature ancor fresche dello anello ultimo compiuto. Chi visita infatti le gallerie di Ariano, Starza e Cristina, ed osserva le gobbe e le ondulazioni che tuttora rendono manifeste le contorsioni a cui andò soggetto il rivestimento, difficilmente resterà convinto della stabilità di quelle gallerie, se non sa quale grossezza abbia la crosta murale.

Non è possibile seguire più oltre l'A. in tutto lo svolgimento della materia segnatamente in ciò che riguarda la distribuzione dei pozzi studiata in relazione coll'avanzamento, i loro tipi, le accidentalità di esecuzione, ed il loro esercizio.

In così dotta e coscienziosa operetta, mentre da una parte si scorge l'ingegnere pratico intento a registrare ogni cifra, ed ogni particolarità, che a molti potrebbe sembrare meno essenziale o secondaria, scorgiamo ad un tempo una mente perspicace e studiosissima, intenta a concorrere alla creazione di quell'edificio scientifico di cui hanno assoluto bisogno le nostre scuole di ingegneria. Quindi è che troviamo con vero compiacimento posti e risolti una serie di problemi importantissimi intorno a tutto ciò che potrebbe chiamare l'organizzazione del servizio d'estrazione, quali la ventilazione, il viaggio verticale delle materie, il trasporto orizzontale sia interno, sia esterno delle medesime, il confronto tecnico-economico dei diversi motori impiegati, dei diversi meccanismi elevatori, e via dicendo.

L'opera è corredata di 10 amplissime tavole, le quali danno a primo aspetto un'idea della eccezionalità delle opere costruite, della grandezza degli ostacoli vinti, e contengono minuti particolari indispensabili a conoscersi da quanti imprendono a dirigere od a costruire gallerie in sotterraneo.

Ringraziamo l'A. di averci voluto fare prezioso omaggio dell'opera sua.

III.

Ponte sul Po a Pontelagoscuro - Memoria dell'Ing. G. Ratti, con sette tavole, Milano, Lit. e Tip. degli Ingegneri, 1876.

Il fiume Po novera già buon numero di ponti costruiti per uso delle ferrovie che scorrendo nella sua vallata dovettero attraversarlo. La ferrovia da Torino a Moncalieri, apertasi nel 1848; quelle da Alessandria a Novara nel 1854; da Casale a Vercelli nel 1860, da Milano a Piacenza nel 1861, da Pontelagoscuro a Rovigo nel 1866, da Pavia a Voghera, nel 1867, e finalmente la più recente da Modena a Mantova apertasi per l'intera lunghezza nel 1873, hanno dato luogo ciascuna ad un ponte sul Po.

I progressi della scienza delle costruzioni metalliche non meno che quelli rapidamente raggiunti nella pratica delle fondazioni ad aria compressa, offrirono mezzo di superare con spesa relativamente non grande, difficoltà enormi e ritenute pressoché insuperabili cogli antichi sistemi, a cagione dell'altezza delle acque, dell'ampiezza dell'alveo e della grande profondità a cui è d'uopo di spingere le fondazioni per la natura sabbiosa del fondo.

Nei ponti costruiti attraverso il Po sulle linee Milano-Piacenza, Pontelagoscuro-Rovigo, Pavia-Voghera e Modena-Mantova fu seguito appunto il sistema delle travate metalliche e delle fondazioni a cassoni coll'aria compressa.

L'importanza presa negli ultimi tempi da tal genere di costruzioni, la necessità per giovani studiosi di avere sott'occhio dati pratici e positivi delle opere stesse, persuasero l'egregio Ing. Cav. Gaetano Ratti nell'atto che ebbe ad occuparsi della dirigenza di alcune di esse, a comporre e pubblicare a tale scopo una bella monografia sulla costruzione del ponte di Pontelagoscuro.

La Memoria contiene in un primo capo la descrizione del ponte e tutti i dati dell'opera in complesso; poi in successivi capitoli si trova brevemente registrato quanto occorre all'ingegnere costruttore di conoscere sul sistema adottato di fondazione per le pile e le spalle, e per la soprastruttura metallica, cui tengono

dietro i calcoli giustificativi delle dimensioni adottate per i ferri, ed alcuni cenni relativi alle prove di resistenza.

Alla brevità delle descrizioni suppliscono in modo veramente egregio otto tavole litografate da cui è possibile ricavare ogni ben che menomo particolare di un'opera così importante e complessa, sia per ciò che si riferisce alla sua costruzione, sia ai meccanismi impiegati nella sua esecuzione.

IV.

Cenni sulle opere di difesa alla ferrovia dell'Appennino lungo il Reno fra Porretta e Pracchia, (con tavole) dell'ingegnere G. Ratti, Milano, Tip. degli Ingegneri, 1875.

Tutti sanno come le massime pendenze dei diversi tronchi della linea Bologna-Pistoia, e le condizioni dei luoghi, oltre ad aver necessitato la costruzione di opere importanti e difficili, ben altre ne richieggano di continuo a mantenere assicurato l'esercizio.

Nel tratto fra Porretta e Pracchia è dove la natura ha accumulato le maggiori difficoltà; dove l'uomo e la scienza hanno dovuto spiegare tutte le forze loro, essendoché ad ogni mutar di stagione occorsero dispendiosi lavori per conservare non interrotta e sicura la ferrovia, e le opere che ne dipendono.

Da Porretta a Pracchia la ferrovia si eleva di m. 264,86, e corrono appena chilometri 14,785. L'intero tronco fiancheggia costantemente il Reno; in qualche tratto la ferrovia ne occupa con tutta la sua larghezza il già ristretto alveo. Era ben naturale che un corso d'acqua come il Reno, i cui alzamenti di livello sono subitanei e violenti, le cadute considerevoli ed irregolari, le corrosioni profonde, i conii di deiezione estesissimi e potenti, avesse messo in evidenza la necessità di costruire solide opere di difesa; ed a queste fu dato difatti sollecita esecuzione dalla Società delle ferrovie dell'Alta Italia.

In alcune località si costruirono serie di respingenti in muratura a fondazioni profonde e presidiate da scogliere di massi naturali. In altre a ridosso di muraglioni di sostegno si gettarono grossi prismi artificiali nell'intento che questi si affondassero al manifestarsi di gorghi, e ne difendessero le fondazioni.

Sul tronco Pracchia-Porretta, dove la valle è più che altrove ristretta, e dove la pendenza del fiume, non mai inferiore al 20 per mille, sale in alcun tratto fino al 35, erasi tentata anche la costruzione di scogliere con massi affondati sotto l'alveo del fiume, trattenuti da palificate.

Ma le piene autunnali del 1868, distruggevano pressoché tutte le difese tra Pracchia e Porretta, e l'importante viadotto degli Olivacci. In 15 chilometri di ferrovia erano nove interruzioni, alle quali fu dapprima riparato dalla Società dell'Alta Italia, in soli 20 giorni e con opere provvisorie sommani a poco meno di L. 200,000.

Restava il non lieve compito dei lavori definitivi, i quali appunto formano oggetto della memoria che ci sta dinanzi.

La violenza colla quale le piene si scaricarono, aveva superato ogni più ragionevole previsione. Gli abbassamenti nel fondo dell'alveo, ove la sezione del torrente era stata ristretta dall'impianto della ferrovia avevano messo allo scoperto le spalle dei ponti, e le fondazioni dei muraglioni di sostegno dell'argine stradale; altrove gli ammassi di materie esportate dalla corrente, rinserrarono le acque contro i muraglioni della ferrovia.

Non avendosi sul luogo massi naturali di volume sufficiente a presidiare le fondazioni con scogliere nascoste sotto il fondo, si pensò di spingere a maggior profondità le fondazioni delle opere della ferrovia, ove si verificarono gli avvallamenti del fondo, e quindi, a difesa dei muraglioni e viadotti fiancheggianti la corrente, si costrussero doppie e triple file di prismi in muratura di calce idraulica, collegati fra loro con grosse catene di ferro assicurate a grosse chiavi nel vivo dei muraglioni.

Ma l'esperienza provò che ciò che è vantaggiosamente adoperato nei porti di mare, non è più adatto lungo un torrente, come il Reno, ripidissimo; e l'esistenza delle chiavi e delle catene serve mirabilmente a rompere e sconnettere i prismi. Eppure le difese già costrutte negli anni 1869 e 1870 col sistema dei prismi isolati furono ridotte a platea generale colla pavimentazione in conchi di pietra lavorata e con coronamento in pietra da taglio.

Tutte le platee così costrutte sia longitudinalmente ai muraglioni di sostegno, sia sotto ai ponti, hanno dato finora ottimi risultati, avendo già resistito a grosse piene, nè essendosi finora reso necessario alcun lavoro di restauro dopo la loro esecuzione.

I disegni annessi alla memoria danno i necessari particolari di costruzione di questo sistema di difesa applicato al viadotto degli Olivacci, che fu ricostrutto, e ad un ponte di 20 metri di luce.

Seguono alcuni quadri numerici comparativi sul costo delle calci di diverse provenienze, e sui risultati di parecchi esperimenti eseguiti per riconoscere la resistenza delle malte.



Fig. 1.

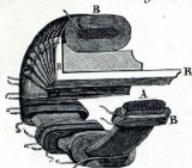


Fig. 2.

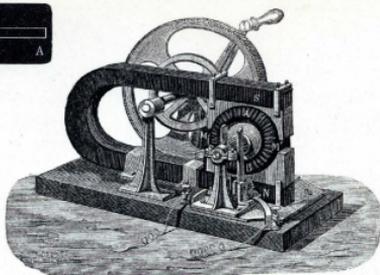


Fig. 3.



Fig. 4.

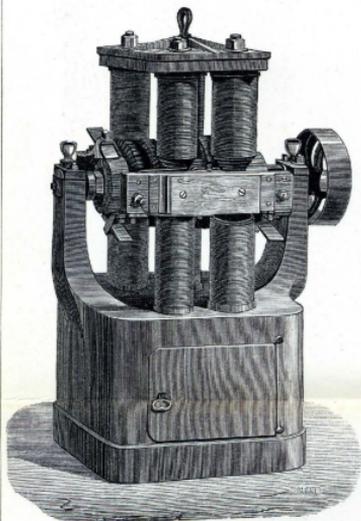


Fig. 5.

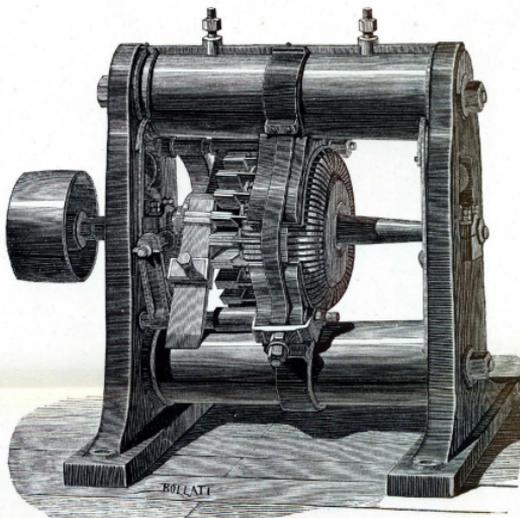


Fig. 7.

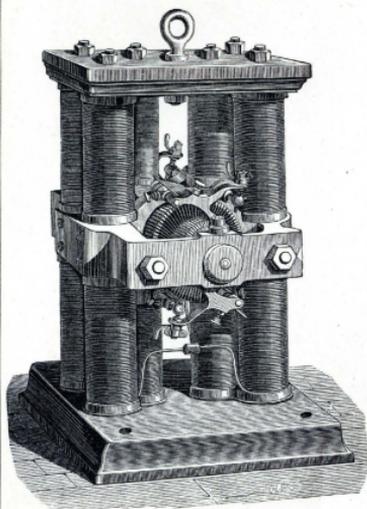


Fig. 6.

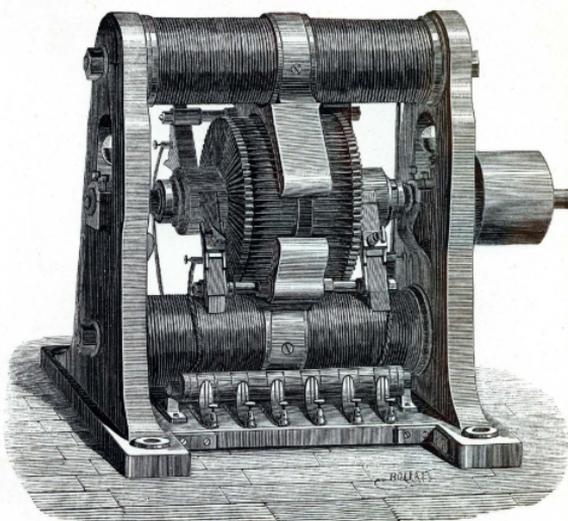


Fig. 8.