ANNO XIX. Torino, Dicembre 1893 NUM. 12.

L'INGEGNERIA CIVILE
E
LE ARTI INDUSTRIALI

PERIODICO TECNICO MENSILE

Si discorre in fine del Fascicolo delle opere e degli opuscoli spediti franchi alla Direzione dai loro Autori od Editori

STABILIMENTI INDUSTRIALI

LE NUOVE OFFICINE DELLE STRADE FERRATE (RETE MEDITERRANEA) IN TORINO

PARTE II.

(Veggansi le Tav. V, XIII e XIV)

CAPITOLO II.

Torneria, Riparto ruote ed annessi.

L'edifizio della Torneria generale consta di 3 parti ad un solo piano, distinte fra di loro, ma comunicanti, e cioè la Torneria propriamente detta, il Riparto ruote, addossato alla precedente verso levante, ed un Annesso a ponente, in cui presero posto i motori, l'impianto elettrico e l'utensileria (V. Tav. V e XIII).

La Torneria propriamente detta è un capannone (*shed*) diviso mediante sostegni o colonne in ghisa in 13 campate nel senso trasversale, della luce di m. 12,06 le intermedie, e di m. 11,67 le estreme, ed in 4 campate nel senso longitudinale, di cui le due intermedie misurano m. 12,15 e le estreme m. 11,775. Questa distribuzione interna è messa in evidenza anche all'esterno per mezzo di tante campate divise fra loro da paraste in mattoni a paramento, aggettanti m. 0,14 sul vivo del muro (V. Tav. XIII).

Tutto all'ingiro ricorre un cornicione con lastra in pietra e sagome in mattoni, al disopra del quale sulle fronti est ed ovest s'innalzano dei frontoni che seguono l'inclinazione delle falde del tetto e sono rispianati orizzontalmente nella loro parte centrale; in ogni frontone è aperta una finestra circolare di m. 1,80 di diametro.

Le campate sulle fronti nord e sud sono terminate da un frontalino orizzontale alto m. 1,60, dietro il quale prese posto il canalone d'impluvio dell'attigua falda di tetto.

Le murature d'ambito e interne sono laterizie, intonacate nella superficie interna con intonaco ordinario e in quella esterna con intonaco rustico cementizio detto alla francese, che simula la rugosità della pietra arenaria. Le lesene, gli stipiti delle aperture ed il cornicione sono in laterizii visti. Lo zoccolo di imbasamento è in granito, dell'altezza di 0,70 sul piano del pavimento.

In alcune campate si hanno due finestre con luce di m. 2,50, con arco a monta depressa, alte in chiave m. 3,90 dal suolo; in altre le due finestre hanno la luce di metri 1,50 e comprendono fra loro un portone di metri 3,30 di lunghezza.

Tutte le finestre sono munite di serramenti in ferro in parte fissi, in parte apribili, del peso di Cg. 18 per m^2, cogli scomparti inferiori chiusi da vetri rigati di 5-6 millimetri di spessore, e gli altri da vetri ordinari di 1,5 millimetri (V. fig. 109).

Le porte sono con binario o senza: le prime hanno dei serramenti di resistenza fissi nella parte superiore a vetri, ed apribili in due partite, con sportello centrale nella parte inferiore; le seconde ricevettero delle vetrate con parapetto cieco, alto m. 1,40 dal suolo.

La Torneria è percorsa da 2 binari longitudinali e da uno trasversale che la mettono in comunicazione col Parco ruote, col Montaggio locomotive e col Carrozzaggio; inoltre altri brevi tratti di binario longitudinali e trasversali, col mezzo di piattaforme girevoli da 2 metri, mettono in comunicazione l'interno coll'esterno e i binari interni fra loro.

Ai vertici dei rettangoli i cui lati hanno la lunghezza e la larghezza delle campate dell'officina, sono collocati robusti pilastri in ghisa aventi sezione a doppio I, colle nervature spesse m. 0,03, i quali presentano nel lato diretto da est ad ovest frequenti feritoie (V. fig. 5, Tav. XIV).

Queste colonne hanno una base robusta fatta con un piastrone di $1,20 \times 0,64$, dello spessore di 40 millimetri, il quale posa su un'altra piastra $1,70 \times 0,64 \times 0,05$, infissa con bolloni passanti in un dado d'imbasamento in pietra da taglio di $1,90 \times 0,85 \times 0,50$ su fondazione in muratura e calcestruzzo. Tra il piastrone fisso e quello solidale al sostegno, havvi nel senso trasversale dell'officina, un certo giuoco che permise di spostare la colonna all'atto della posizione in opera, in modo da ottenere il perfetto allineamento di tutte le colonne di una stessa fila, cosa resa necessaria dal fatto che alle medesime sono raccomandati i supporti degli alberi di trasmissione.

La colonna presenta alla base un leggero allargamento, ma a m. 0,50 dal suolo si riduce alle dimensioni $0,90 \times 0,40$ che si riducono poi ancora a $0,80 \times 0,40$ al culmine, cioè a m. 6,25 dal suolo, mediante una rastremazione laterale. A quest'altezza la colonna è chiusa da un piastrone di 30 millimetri al quale è inchiavardato un pezzo speciale con mensole, rinforzato da nervature, alto 0,95, che termina in un dado di $0,40 \times 0,28$, vuoto, alto 0,75. Contro questo dado si attaccano nel senso trasversale dell'edificio le travi a traliccio, e nel senso longitudinale le incavallature del tetto.

Tra una colonna e l'altra nel senso longitudinale prendono posto altre due colonne dello stesso tipo della precedente con spessore di m. 0,025, le quali però mancano del pezzo addizionale.

Alle colonne, come si disse, sono inchiavardati i supporti degli alberi di trasmissione, i cui assi sono a metri 2,80 dal pavimento; e siccome questi alberi mancano nella navata trasversale mediana, percorsa da binario, e nelle due corsie trasversali estreme destinate agli operai aggiustatori, così in queste campate non esistono le colonne intermedie. Nelle navate di mezzo però la fila di colonne termina con un sostegno di tipo ridotto, che riceve la testa dell'albero.

Le colonne complete pesano Cg. 3360, quelle semplici 2400.

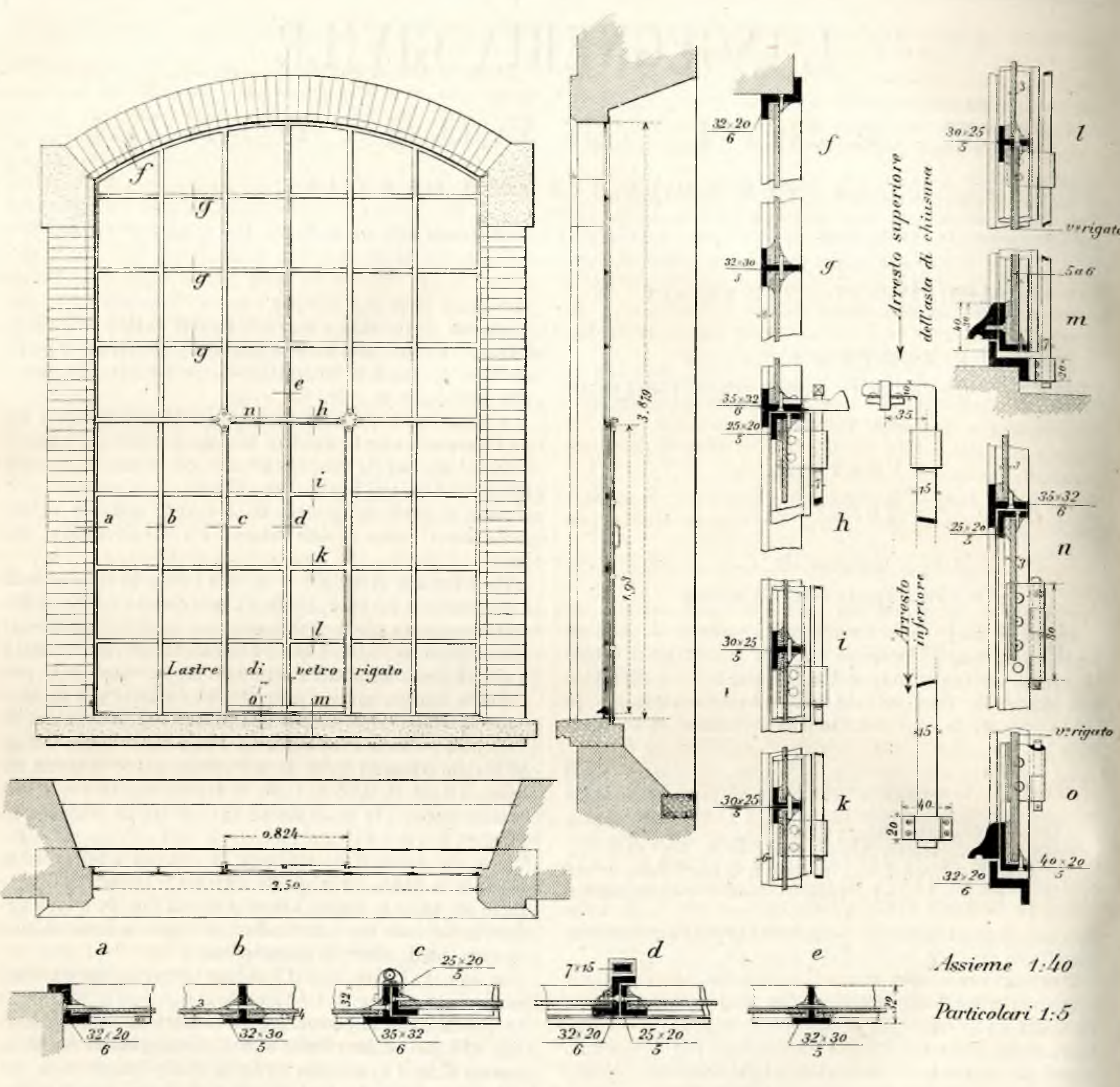


Fig. 109.

Le travi a traliccio (V. fig. 2, Tav. XIV) il cui piano inferiore è a m. 7,20 dal suolo, constano di due cantonali sopra e due sotto di $\frac{100 \times 100}{12}$ collegati da tavole orizzontali di $0{,}25 \times 0{,}01$, che corrono per tutta la lunghezza della trave; fra i cantonali è compresa una lamiera per l'attacco del traliccio, il quale consta di ferri ad ⊏ $\frac{100 \times 60}{6 \times 8{,}5}$ incrociati a 45°. Nella parte centrale della trave sono aggiunte sopra e sotto due tavole per renderla atta a resistere al momento inflettente massimo che si verifica in quel tratto per effetto del peso di due incavallature per parte che si attaccano alla trave mediante il ripiegamento in senso verticale dei ferri d'angolo costituenti il puntone. In corrispondenza dell'attacco delle capriate la trave è cieca e rinforzata da due piastroni che formano un piano colle ali verticali delle corniere.

Dal sin qui detto appare come ogni campata di officina compresa fra 4 colonne comprende tre interassi di incavallature, ciascuno dei quali risulta così di m. 4,05.

Le incavallature (V. fig. 1, Tav. XIV) sono del tipo inglese a catena orizzontale, il cui piano inferiore coincide col piano inferiore delle travi a traliccio, e presentano una particolarità, che vedremo ripetuta in altri edificii.

Il puntone di sinistra per chi volge la schiena a Piazza d'Armi si protende, conservando la sua inclinazione, dall'altra parte del vertice della incavallatura, per una lunghezza superiore a tre internodi (cioè tre distanze di arcarecci); dal primo nodo a destra a contare dall'imposta parte un montante inclinato alla verticale, fatto con due ferri a ⊥ $\frac{100 \times 60}{10}$ inchiodati sopra una lamiera, il quale va ad attaccarsi pressochè all'estremo del puntone prolungato. Un tirante orizzontale fatto con ferro a ⊥ delle dimensioni precedenti collega il vertice dell'incavallatura con un punto intermedio del montante, altri pezzi, inclinati e verticali, rendono indeformabile la parte di incavallatura aggiunta all'ordinaria.

Dall'apparenza che presentano le incavallature successive guardate di prospetto, esse ebbero il nome di incavallature a sega.

Il peso totale di ognuna, compreso il montante, è di Cg. 1590, che riferito alla superficie coperta dà la cifra di chilogrammi 31,50 per m^2.

Nei nodi dell'incavallatura poggiano arcarecci di legno larice di sezione $0{,}18 \times 0{,}22$, sui quali sono inchiodati in senso normale dei panconcelli d'abete di $0{,}08 \times 0{,}10$ distanti 0,50 da asse ad asse: sui panconcelli si inchiodano i listelli portanti le tegole piane.

Tra arcareccio ed arcareccio il tetto è rivestito con tavolato di metri 0,03 fatto con tavole di larice investite a scanalatura e linguetta, dipinte a biacca come tutta l'orditura del tetto, affine di riflettere in basso la luce proveniente dai lucernari di cui in appresso.

Le incavallature sono collegate mediante parapetti ed architravi. I primi, alti 0,85, si appoggiano alle incavallature mediante due cantonali di $\frac{70 \times 70}{12}$ che corrono per tutta la lunghezza del parapetto e comprendono una lamiera di ferro spessa 1 centimetro, rinforzata a 15 centimetri dal lembo superiore con un cantonale; i secondi constano di una semplice lamiera alta 0,40 rinforzata da un cantonale. Parapetto ed architrave sono uniti, oltrechè dai montanti in corrispondenza delle incavallature, da un altro collegamento fatto con una lamiera ed un ferro a ⊥ esterno $\frac{100 \times 60}{10}$ posto a metà interasse.

Tra l'architrave, il parapetto ed i montanti restano comprese per ogni campata di m. 4,05 due aree di $1{,}85 \times 3{,}08 = m^2\ 5{,}69$, munite di invetriata in parti fisse, in parti apribili, fatte con intelaiatura di ferri a ⊥ comprendente piccoli spazi di meno di $\frac{1}{8}$ di metro quadrato, i quali sono chiusi da vetri spessi da 5 a 6 millimetri. Questo spessore rese superfluo l'impiego di griglie di protezione contro la grandine. Le lastre sono applicate ai ferri coll'interposizione di uno strato di mastice e sono ritenute da passanti in rame di 5 millimetri di diametro che attraversano le costole dei ferrettini a ⊥ componenti l'ossatura del lucernario.

Le vetrate mancano nelle ultime campate a muro.

Di fianco alle vetrate corre una passerella fatta con tavole di legno, spesse 0,04 inchiodate a travicelli di legno di sezione $0{,}08 \times 0{,}10$ spazianti 0,50, i quali si appoggiano da una parte sul cantonale del parapetto, dall'altra su un cantonale identico inchiodato ad un pezzo di riporto dell'incavallatura. Un mancorrente di tondino di ferro infisso in ritti stabiliti in corrispondenza delle incavallature garantisce contro le possibili cadute.

La estremità della parte più elevata del puntone è collegata alla successiva da una cantonale di $\frac{70 \times 70}{10}$ obliquangolo, al quale è assicurata una mantovana di lamierino zincato di 1 millimetro circa di spessore, con cornice alla parte superiore ed intagli nel lembo inferiore. Questa mantovana ricorre anche sui fianchi del lucernario, i quali sono rivestiti di doppio strato di tavole inverniciate nella parte interna e coperte da lamierino nella esterna. Queste tavole sono assicurate mediante travicelli di legno opportunamente disposti alle membrature della parte aggiuntiva delle capriate.

Dopo di aver esaminata la struttura dei coperti ritorniamo alle colonne in ghisa. Sulle faccie rivolte a levante e ponente di queste colonne, alla parte superiore, sono assicurate con 6 bolloni di 25 millimetri due grandi mensole in ghisa (V. fig. 5, Tav. XIV) su ciascuna delle quali poggiano due travi di rovere unite a zig-zag con robuste fasciature di ferro in corrispondenza dell'appoggio. Una delle travi ha le dimensioni di m. $0{,}3 \times 0{,}3$ e porta una guida Brunell alta 52 millimetri con suola larga 115 millimetri; l'altra, la più lontana dall'asse della colonna, ha le dimensioni $0{,}22 \times 0{,}30$.

Questa trave porta i supporti pendenti, tipo Sellers, per l'albero di rimando delle sottostanti macchine utensili; mentre la prima colle sue guide costituisce il piano di scorrimento delle gru.

Contro i muri sono disposte mensole analoghe con bolloni passanti e contropiastre, le quali portano del pari due travi, l'una per le gru, l'altra per gli alberi di rimando alle macchine (V. fig. 3, Tav. XIV).

Le gru sono in numero di otto, cioè una per ognuna delle otto mezze navate longitudinali dell'officina: esse hanno la portata di 4 tonnellate, e sono fatte con una trave cieca tubolare di eguale resistenza. Una puleggia solidale all'albero che porta le ruote di scorrimento, viene manovrata mediante catena dal basso e serve ad imprimere alla gru il moto di traslazione; un'altra puleggia scorrevole su una guida e manovrabile pure dal basso determina lo scorrimento trasversale del carrello, ed infine un sistema di taglie produce il moto di innalzamento o discesa del gancio.

Contro i muri longitudinali, oltre le mensole per gli alberi di rimando e per le gru, sonvi altre mensole più basse, assicurate al muro con chiavarde passanti e contropiastre esterne, le quali portano gli alberi di trasmissione (V. fig. 4, Tav. XIV).

Questi alberi, d'acciaio, sono di diametro variabile fra m. 0,10 e 0,09, come quelli che sono stabiliti sull'asse delle colonne. A questi alberi sono assicurate le puleggie di trasmissione per i contralberi di rimando e per la presa di forza dagli alberi di trasmissione principale. I quali sono due, del diametro di 0,13, e sono disposti entro gallerie sotterranee (V. fig. 1 e 4, Tav. XIII).

Queste gallerie percorrono la Torneria in senso trasversale ed hanno il loro fondo a m. 2,65 dal pavimento, la larghezza di m. 2 e sono coperte da vôlte a botte spesse m. 0,25 con una monta di m. 0,35. In queste gallerie si aprono altrettante camere in corrispondenza di ciascuna fila longitudinale di colonne, e in queste camere sono le puleggie di rimando. Entrambi gli alberi si protendono nel Riparto ruote per somministrare la forza alle macchine ed all'impianto idraulico, ivi stabiliti.

Il movimento agli alberi principali sotterranei è impresso da due motori stabiliti in una sala dell'Avancorpo ovest, i quali sono indipendenti l'uno dall'altro e mediante apparecchi appositi possono dare il movimento all'uno o all'altro o ad entrambi i due alberi, come sarà descritto al capitolo che riflette la forza motrice.

Le due gallerie comunicano fra loro mediante una terza che passa sotto il corridoio dell'Avancorpo, nella quale due marciapiedi pel passaggio degli operai fiancheggiano una fossa profonda m. 4,50 sotto il piano dell'officina. In questa fossa sono disposte le corde delle puleggie dei due alberi.

Siamo così giunti nell'Avancorpo ovest, il quale comprende:

1° Un corridoio con binario per comunicazione fra la Torneria e il prossimo Riparto molle e fucine;

2° L'utensileria, ampia sala di 11,435 × 13,00, pavimentata in legno;

3° La sala per le dinamo, locale di 14,65×13,00;

4° La sala delle motrici di 20,865×13,00, pavimentata con tavelle di terra cotta;

5° Un locale ad uso ufficio, delle dimensioni 13×5.

Nell'Avancorpo mancano le travi a traliccio, ed il tetto di tegole piane è portato da 8 incavallature disposte in piani normali a quelli della Torneria, del tipo inglese a catena orizzontale, senza peducci, stabilite a m. 7,20 dal pavimento e poggianti sui muri.

La fronte dell'Avancorpo sul lato ovest è identica ai fianchi della Torneria; sopra il cornicione corre un frontalino alto m. 1,60, che nella campata di mezzo si eleva a gradinata: i lati sud e nord presentano la solita disposizione col frontone.

Nel muro tra l'Avancorpo e la Torneria sono praticate nove grandi aperture da m. 3,30, chiuse con vetrate a parapetto cieco analoghe a quelle del corridoio dell'edificio Dipendenze calderai.

Lungo questo muro divisorio, lungo tutti i muri di perimetro, nonchè lungo le file delle colonne nella Torneria sono disposte le macchine utensili, di cui diamo l'elenco:

N.	8	tornii per ruote da locomotive.
»	2	» » » e veicoli.
»	6	» » da veicoli.
»	2	» » » e tenders.
»	1	» » da tenders.
»	53	» comuni.
»	6	» a cilindrare.
»	1	» per centinare e sgrossare assi.
»	50	» per filettare.
»	1	» per i fusi degli assi.
»	5	» a revolver.
»	2	» a rotismo.
»	13	stozzatrici.
»	19	limatrici.
»	12	fresatrici.
»	15	piallatrici.
»	2	alesatrici da cuscinetti.
»	3	trapani radiali.
»	36	» verticali.
»	1	trapano-fresa.
»	1	alisciatoio per cilindri.
»	23	mole diverse.
»	1	sega per rotaie.
»	1	macchina per prova materiale.

Queste 264 macchine hanno imbasamenti in pietra da taglio posati su blocchi di muratura laterizia e gettate di calcestruzzo.

La maggior parte delle macchine proviene dalle soppresse officine locali; per una parte ragguardevole però, per l'importo di circa L. 300,000, è stata provvista appositamente dalla industria torinese, e cioè dalle Ditte Colla, Ansaldi e Tarizzo, Masera, Pastore e Racca, Carrera e Prato, Giani e Piacenza, ecc.

Fuori della superficie delle macchine il pavimento della Torneria è fatto con tacchi di legno abete iniettati di olio di creosoto, aventi le dimensioni 0,22 × 0,14 × 0,10, posti a distanza di m. 0,006 tra loro, e disposti su straticello di malta cementizia alto m. 0,01; il sottostrato è fatto con calcestruzzo cementizio per l'altezza di m. 0,10 con ghiaia vagliata per altri 10 centimetri; all'ingiro dei tacchi è fatta una colata di catrame liquido per 2/3 del vano, e di cemento fino alla superficie.

Questo pavimento costa L. 14,75 al metro quadrato.

Nel muro levante della Torneria, sull'asse trasversale del fabbricato, si apre una porta con vetrata, che dà accesso al Riparto ruote.

Questo annesso misura fra i vivi interni dei muri metri 36,00 × 35,37, e per la struttura dei muri, l'orditura dei coperti e dei relativi sostegni, cioè incavallature e travi a traliccio, non differisce dalla Torneria.

Mancano le trasmissioni assicurate alle colonne, e quindi non si hanno che quattro colonne complete, del tipo di quelle della Torneria, ma più esili, avendo il rettangolo circoscritto alla base della colonna le dimensioni 0,60×0,28 e lo spessore delle membrature essendo di m. 0,025. Il pavimento del Riparto ruote è di argilla battuta.

In questo riparto abbiamo un albero di trasmissione a m. 6,20 dal pavimento, il quale passa in supporti assicurati a mensole stabilite nel muro divisorio dalla Torneria, e nei muri perimetrali a sud e a levante. Questo albero imprime il movimento ad un trapano doppio, a due trapani semplici, ad un torchio idraulico, ad un maglio pneumatico pei cerchietti, ad uno per le chiavette degli assi e a quattro ventilatori pei forni di montatura dei cerchioni.

I forni sono in numero di 5 e vengono alimentati da una condotta apposita a gaz. Esistono pure 5 fucine alimentate da un ventilatore a forza centrifuga.

La manovra dei cerchioni e degli assi montati è fatta mediante tre gru idrauliche, di cui una a muro e due con fondazione speciale.

La portata di queste ultime due gru è di 4 tonnellate; l'altezza del braccio sul pavimento è di m. 5,50, la sporgenza del braccio dall'asse verticale del montante è di m. 5,80, la corsa del gancio di sollevamento è di m. 2,50; la posizione più alta del gancio è di m. 5,00, la più bassa di m. 2,50; la corsa del carrello è di m. 4,00. Alla base, che è a m. 3 sotto il suolo, il montante della gru poggia su una robusta ralla ed appena sotto il pavimento porta una serie di rulli sulle faccie laterali, i quali si appoggiano sulla superficie interna di un anello che serve di guida al montante nel suo moto di rotazione.

Il carrello consta di due assi montati scorrevoli su guide e collegati da intelaiatura; ogni asse porta una puleggia su cui si avvolge la catena del carico sostenente la taglia col gancio di sollevamento.

La catena del carico è comandata da un cilindro idraulico con stantuffo d'acciaio a due taglie disposto verticalmente entro il montante.

Un altro sistema di cilindri verticali disposti lungo il montante comanda la catena pel moto del carrello nei due sensi.

Il moto di rotazione è ottenuto in modo automatico mediante un piccolo motore idraulico, situato sopra i rulli di guida del montante, e che comunica il moto ad un rocchetto il quale ingrana in una dentiera fissa circolare.

Per la gru a muro valgono i seguenti dati:

Altezza del braccio dal suolo m. 5,00 — Sporgenza del braccio m. 6,00.

Altezza del pernio m. 6,40 — Altezza massima del gancio m. 5,00 — Altezza minima del gancio m. 2,50.

Un'altra gru è nel piazzale davanti al Riparto ruote, e serve per la presa degli assi montati dai vagoni; i dati relativi sono i seguenti:

Portata tonn. 4 — Altezza braccio sul piano delle guide m. 6,00 — Sporgenza braccio m. 6,00 — Corsa del gancio m. 3,00 — Posizione più alta del gancio m. 5,50 — Id. più bassa m. 2,50.

La condotta dell'acqua compressa per le gru parte dall'accumulatore che è stabilito nell'angolo nord-ovest del Riparto ruote, ed è fatta con tubi di ferro con giunti a manicotto a vite.

L'accumulatore è in ghisa; lo stantuffo che vi scorre dentro è d'acciaio e porta alla parte superiore un disco con tiranti per l'attacco della cassa contenente il carico di sabbia; questa cassa è a pareti di ferro con fondo in ghisa e la sua corsa è resa agevole mediante rotelle scorrevoli lungo guide verticali in ferro incastrate nella fondazione e congiunte superiormente da una traversa. La piastra di fondo nella posizione più bassa della corsa posa su una doppia intelaiatura di legno resa elastica col mezzo di gomme interposte.

L'alimentazione dell'accumulatore è fatta mediante due pompe a doppio effetto, ciascuna delle quali però è sufficiente per l'impianto; queste pompe lavorano alla pressione normale di 60 atmosfere, e pescano l'acqua in un serbatoio della capacità di 2 m^3; il movimento è dato dall'albero di trasmissione, situato a m. 6,20 dal suolo, il quale lo trasmette all'albero a gomito che porta gli eccentrici da cui sono comandati gli stantuffi.

Il diametro degli stantuffi è di m. 0,16, la corsa di m. 0,325.

L'apparecchio d'arresto pel funzionamento dell'impianto è costituito da una valvola regolatrice, comandata a mezzo di tirante e leva dall'accumulatore, e montata sul tubo di comunicazione tra pompe ed accumulatore; quando questa valvola viene aperta automaticamente dall'accumulatore, giunto all'estremità della corsa, l'acqua dal tubo di compressione è rimandata al serbatoio, di modo che le pompe lavorano a vuoto.

L'acqua che ha lavorato negli apparecchi idraulici ritorna per apposita condotta nel serbatoio.

L'intero impianto idraulico venne assunto e condotto a termine dalla Ditta Enrico di Torino. Il suo costo ammonta a circa L. 51,000.

A ponente della Torneria si stende un piccolo piazzale, nel quale presero posto:

1° Due padiglioni per cessi isolati;

2° Un serbatoio sotterraneo per l'acqua di condensazione del vapore nelle motrici, coperto da vôlta ed avente le dimensioni $14,00 \times 5,00$ coll'altezza in chiave di m. 4,80, il quale è alimentato da una condotta che si diparte dallo sfioratore del serbatoio analogo che esiste presso la sala dei motori dei calderai (V. Tav. XII);

3° Il fabbricato delle caldaie col relativo camino. Questo fabbricato (V. fig. 1, Tav. XIII, e fig. 6, Tav. XIV) ha un'area rettangolare di m. $32,00 \times 14,56$ ed è diviso in tre locali, l'uno spazioso per i generatori di vapore, e due piccoli destinati ad uso magazzino carbone ed ufficio.

La struttura esterna, lo spessore dei muri, il tipo dei serramenti di questo annesso non differiscono dall'attigua Torneria. Sui lati sud e nord si aprono tre finestre da m. 2,50, sul lato ovest 6 porte da m. 2,50, sul lato est 9 porte da m. 1,70 ed una finestra della stessa luce. Di fronte alle porte da m. 1,70 stanno le caldaie tubolari colle rispettive vasche d'acqua ed il serbatoio comune dei cinerai. Un condotto, che lungheggia il muro est. porta il fumo al camino in muratura avente il diametro di m. 1,50 e l'altezza di m. 41,50.

L'orditura del tetto del fabbricato Caldaie è metallica, il coperto è in tegole piane.

Le incavallature, in numero di 5, sono del solito tipo inglese a sei saette, distano m. 5,00 da asse ad asse, hanno la corda di m. 13,50, la pendenza del 50 0[0 e nel mezzo portano un ampio sfogatoio con persiane, costituito da due travi a **T**, l'una sul colmo dell'incavallatura, di $\frac{10010 \times 0}{10 \times 11}$, l'altra formante colmo dello sfogatoio, colle dimensioni $\frac{145 \times 100}{7,5 \times 11}$, sostenuta da due ferri verticali inchiodati ai puntoni. Gli arcarecci del tetto basso sono ferri ad U di $\frac{200 \times 75}{8,5 \times 11,5}$, e contro i primi a partire dal colmo dell'incavallatura si inchiodano fra capriata e capriata 5 montanti a **T**, distanti l'uno dall'altro di m. 1,25, i quali portano un cantonale obliquangolo di $\frac{90 \times 90}{10}$ che fa da arcareccio allo sfogatoio.

Tanto nello sfogatoio quanto nel tetto basso, normalmente agli arcarecci sono disposti cantonali di $\frac{40 \times 40}{5}$ distanti m. 1 da asse ad asse, e su di essi si inchiodano normalmente ogni 34 cm. altri ferri cantonali di $\frac{25 \times 25}{5}$ che portano le tegole.

A levante della Torneria sui due fianchi del Riparto ruote, fino contro il binario che esce dagli avancorpi dei calderai e del montaggio locomotive esistono due cortili eguali, la cui area complessiva è di 4500 mq., destinati al deposito delle ruote per le locomotive e pei veicoli. Un binario longitudinale si sviluppa da sud a nord e va ad allacciarsi direttamente col binario d'accesso all'officina, rendendo così indipendente dalle altre la manovra degli assi montati.

Al carico e scarico provvede la gru idraulica da 4 tonnellate, di cui abbiamo parlato più sopra, stabilita dirimpetto al Riparto ruote.

Lo sviluppo utile dei binarii dei 2 cortili è di ml. 5000 circa.

In ambi i parchi il trasporto degli assi montati sul binario principale è agevolato da un carrello a fossa disposto colle guide normali alla fronte della Torneria.

L'area compresa fra i vivi esterni dei muri pei fabbricati che formano oggetto del presente articolo risulta come segue:

Torneria propriamente detta	$157.56 \times 49,69 =$	m^2	7829,16
Avancorpo ovest . . .	$61,08 \times 13,78 =$	»	841,68
Riparto ruote . . .	$36,93 \times 37,56 =$	»	1387,09
Fabbricato caldaie . .	$32,00 \times 14,56 =$	»	465,92
	Totale	m^2	10523,85

(*Continua*) *Ing.* A. RAGAZZONI.

GEOMETRIA PRATICA

DELLA PRECISIONE DELLE POLIGONALI SPECIALMENTE NELLA TOPOGRAFIA SOTTERRANEA.

III. — DELLE TOLLERANZE.

33. — Chiudendo una poligonale sopra se stessa, o sopra punti la cui posizione possa considerarsi come scevra di errore, si trovano in generale delle differenze, che costituiscono gli errori finali del rilievo, e dalla cui entità si giudica del grado di esattezza del medesimo. Finchè le differenze constatate non eccedono certi limiti, chiamati perciò *tolleranze*, il rilievo è accettato e si procede alla compensazione degli errori col metodo che più si giudica adatto al caso. Quando invece quei limiti si trovano ecceduti, il rilievo viene rifiutato come insufficientemente esatto e deve essere ripetuto in tutto o in quella parte nella quale possa per avventura sospettarsi che siano avvenuti errori anormali.

Utili sempre in ogni sorta di rilievo per scoprire gli errori grossolani, le tolleranze acquistano speciale importanza nei grandi lavori topografici, per esempio in quelli catastali, in cui interessa mantenere per quanto è possibile uniforme in tutte le parti del rilievo il grado prefisso di approssimazione, malgrado la moltiplicità degli operatori e la varietà dei casi che possono presentarsi.

Ma perchè possa avere serio fondamento il giudizio che si fa di un rilievo in base alle tolleranze, bisogna che queste siano stabilite con giusto criterio, dipendentemente dalla finezza degli strumenti adoperati, per modo che il vederle oltrepassate costituisca una prova abbastanza attendibile dell'esistenza di errori incolpabili all'operatore; e si abbia perciò una grande probabilità che, ripetendo il rilievo, le nuove differenze di chiusura abbiano a restare entro i limiti voluti. Le tolleranze troppo ristrette, danno luogo a delle vere ingiustizie verso operatori anche attenti e coscienziosi: e può accadere che, ripetendo il lavoro, i risultati non migliorino affatto e vengano allora artificialmente alterati dall'operatore, per sfuggire a rimproveri o punizioni immeritate. Per tal modo, esigendo più di quanto può ragionevolmente domandarsi si corre rischio, non solo di perder tempo in inutili ripetizioni di lavoro, ma anche di compromettere la sincerità dei risultati. — È dunque un errore il considerare le tolleranze come un mezzo per costringere gli operatori ad usare sempre delle cure eccezionali per ottenere i risultati che si desiderano: è d'uopo mettersi invece nelle condizioni medie della pratica, e concedere, colle tolleranze, una larghezza ragionevole per le eventualità di errore che sono ancora dotate di un certo grado di probabilità, senza che manchi nell'operatore quel grado medio di diligenza sul quale può farsi assegnamento. Piuttosto che costringere gli operatori a cure eccezionali, che non tutti possono sempre avere, conviene prescrivere strumenti e metodi di maggior delicatezza.

Per contro, se le tolleranze peccano per troppa larghezza, nascerà un inconveniente opposto, che cioè possano sfuggire alla verifica errori grossolani, giustamente incolpabili a negligenza, e non si tragga tutto il profitto sperabile dalla bontà dei mezzi adoperati.

Siccome questo argomento non è trattato con tutta l'estensione che esso merita, neanche nei libri moderni di topografia in cui si fa larga parte alla teorica degli errori, sarà utile ricordarne qui i fondamenti generali, cominciando dal caso semplicissimo delle osservazioni dirette, per poi venire al caso dei risultati finali di un rilievo, ed in particolare di quelli delle poligonali; tanto più, che le formule attualmente in uso per questo caso, non ci sembra soddisfino abbastanza bene alle esigenze razionali del problema.

34. — Ammettendo, come sempre deve essere, che con opportune esperienze di campionamento sugli strumenti adoperati, si abbiano le osservazioni depurate da ogni influenza sistematica, gli errori da cui esse potranno essere affette sono i così detti errori accidentali, cioè caratterizzati dall'uguale probabilità di prodursi in un senso o nel senso opposto. Questi errori possono dividersi in due classi.

Appartengono alla prima classe quelli dovuti alle piccole cause inerenti alla natura degli strumenti adoperati, e alle condizioni pratiche in cui deve procedersi alla misura, le quali sono sempre ben lontane da quella semplicità ideale che si richiederebbe per l'assoluta esattezza. Così per esempio, ogni strumento si trova nell'impossibilità materiale di apprezzare frazioni minori di un certo limite (finezza della graduazione); dipendentemente dal grado di sensibilità dei suoi mezzi di rettifica, non sempre tutte le sue parti potranno trovarsi nelle condizioni geometriche desiderabili; la limitata potenza dei mezzi ottici di cui si dispone per le puntate, e le dimensioni materiali delle linee di collimazione, fanno sì che sfuggano all'apprezzamento altre piccole frazioni della grandezza da misurare. Oltre a tutte queste cause, che dipendono essenzialmente dal grado di finezza dello strumento, vi sono quelle che dipendono da veri difetti di costruzione o di struttura, come per esempio i piccoli errori delle graduazioni, le alterazioni che possono prodursi durante il maneggio nelle condizioni di rettifica delle sue parti, ecc. Vi ha infine il complesso di tutte quelle piccole perturbazioni, dipendenti anche dall'operatore e dall'ambiente, che sono inseparabili dalla pratica effettuazione di ogni sorta di misure.

Appartengono invece alla seconda classe gli errori così detti grossolani, che sono dovuti a imperizia o negligenza dell'operatore, o comunque a cause straordinarie che non esistono normalmente, e che anzi non dovrebbero mai presentarsi se l'operazione della misura procedesse sempre colla dovuta regolarità. Tali sono per esempio le sviste di puntata o di lettura, i movimenti anormali che per disattenzione o altro possono prodursi nello strumento durante la misura, e simili.

Fra queste due classi di errori vi ha anzitutto questa differenza, che mentre i primi o sono assolutamente indipendenti dall'operatore o possono da questo essere attenuati mediante speciali cure, ma non mai assolutamente evitati, invece quelli della seconda classe non dovrebbero mai aver luogo, solo che l'operatore ponesse al suo lavoro la dovuta attenzione.

In secondo luogo, è facile persuadersi che mentre gli errori della prima classe sono soggetti ad un certo limite di grandezza, gli altri sfuggono invece ad ogni limite. Non vi ha per esempio nessuna ragione perchè, data la produzione di una svista di lettura, questa non possa oltrepassare un dato limite; sarà quasi ugualmente probabile commettere la svista di 1′, o quella di 10′, o quella di un grado, ecc. Per contro, le piccole cause ordinarie della prima classe, dipendendo sopratutto dal grado di perfezione dei mezzi di cui si dispone, o da altre circostanze non mai valutabili ma sempre circoscritte in un certo campo d'azione, non potranno in complesso esercitare che una influenza limitata sui risultati. Ammettendo, per ipotesi estrema, che tutte codeste cause venissero ad agire contemporaneamente colla massima intensità compatibile colla loro natura, e tutte nello stesso senso, nascerebbe un errore complessivo che dovrebbe considerarsi come il valore massimo a cui potrà giungere l'errore per effetto di tali cause. Stante il carattere di accidentalità di ognuna di esse, il caso estremo ora supposto avrà una probabilità piccolissima di verificarsi, mentre in generale avranno luogo delle compensazioni più o meno parziali fra gli errori elementari positivi e quelli negativi, risultandone errori finali più o meno grandi, ma sempre inferiori a quel valore estremo.

Or bene, l'ufficio delle tolleranze razionalmente stabilite dovrebbe essere questo, di dare il mezzo di eliminare quelle osservazioni nelle quali possa ritenersi sia avvenuto un errore grossolano; e tale dovrà presumersi qualunque errore che oltrepassi il valore limite che può essere raggiunto, per effetto delle piccole cause di errore inevitabili, quando si ammetta nell'operatore quel grado medio di diligenza che può generalmente esigersi in condizioni ordinarie di lavoro.

35. — Non essendo possibile sottoporre a valutazione l'influenza massima di ognuna di queste cause, non potrà mai in pratica fissarsi con assoluta precisione il valore di quel limite di errore: si capisce però che esso deve sempre esistere, e si può grossolanamente presumerlo, in proporzione al grado di finezza degli strumenti adoperati e delle circostanze di lavoro. Così, per esempio, misurando un angolo con un teodolite a 30″, si potrà ammettere che per le piccole cause di cui discorriamo nascano sul risultato errori di un primo o poco più; ma un errore di molti primi, o peggio ancora di gradi, non sarebbe assolutamente spiegabile se non considerandolo come un errore grossolano imputabile con molta ragione all'operatore.

L'esperienza può aiutare in questo giudizio. Poniamo che sopra una grandezza, il cui valore sia già esattamente conosciuto per altra via, si faccia un sistema di osservazioni assai numerose; si noterà anzitutto che la maggior parte degli errori constatati, se non tutti, mostreranno una certa continuità, passando da 0 a un certo limite; ma se si nota eccezionalmente un qualche errore il quale, eccedendo di molto questo limite, rimanga in certo modo isolato da tutti gli altri, si potrà con molta probabilità ritenere che esso sia dovuto a cause anormali. Si faccia, per esempio, lo spoglio degli errori di chiusura dei triangoli di una rete trigonometrica, e si trovi che si sono presentati i seguenti valori dell'errore:

$$0'', 2'', 7'', 10'', 11'', 14'', 19'', 20'', 24'', 40'', 2';$$

la continuità che si osserva in questa serie, da 0 a 24″ giustifica l'ammissibilità di tutti questi errori; ma l'errore di 40'' comincierebbe a diventare alquanto dubbio, e quello di 2' sarebbe addirittura inammissibile. Un topografo coscienzioso, che dovrà sempre badare a questi riscontri, sarà indotto a ripetere l'osservazione del triangolo che ha dato luogo a questo errore, e sarà anche bene che egli cerchi di eliminare ogni dubbio anche sull'ammissibilità dell'errore di chiusura di 40''. E se, ripetendo queste osservazioni, si vedessero i corrispondenti errori di chiusura venire al disotto dei 24'', potrebbe concludersi che questo può assumersi come valore limite dell'errore. Ciò non prova però che con una serie di osservazioni molto più numerose, non possa trovarsi un'altra serie di errori che indurrebbero ad allargare di molto quel limite. Per acquistare l'assoluta sicurezza sul valore dell'errore massimo tollerabile, bisognerebbe basarsi sopra una serie infinita di osservazioni nella quale avessero avuto campo a prodursi tutte le possibili eventualità nelle cause di errore inevitabili. Perciò l'errore limite non potrà essere determinato sperimentalmente se non con una certezza relativa, più o meno grande secondo il numero delle osservazioni su cui fu basata la ricerca.

È anche ben raro il caso precedentemente considerato, che si possano discutere gli errori delle osservazioni in base alla conoscenza del vero valore della grandezza su cui vien fatto l'esperimento. In generale questo vero valore è assolutamente ignoto, e se ne ottiene solo il valore più probabile facendo la media di tutte le osservazioni; ed è chiaro che se fra queste ve ne hanno talune affette da errori grossolani, ne nasceranno alterazioni nocive sulla media, e quindi sui risultati della discussione degli errori, o per meglio dire degli scarti fra questa media e le singole osservazioni. Però, se le osservazioni sono assai numerose, non potendo ammettersi che un numero estremamente piccolo di errori grossolani, l'influenza di questi sulla media sarà meno sensibile, e potrà ancora ricavarsene almeno un criterio grossolano delle osservazioni che conviene mettere in dubbio.

36. — Indipendentemente dalle ricerche sperimentali accennate nel N. precedente, potrà aversi una valutazione approssimata dell'errore limite tollerabile, in base all'errore medio che compete al grado di precisione delle misure di cui si tratta, applicando i principii teorici sulla probabilità relativa degli errori.

Abbiamo già osservato che nell'effettuazione di una misura devono in generale avvenire delle compensazioni fra le cause di errore che agiscono in un senso e quelle in senso contrario, per cui la grandezza dell'errore complessivo che rimarrà nel risultato dipenderà dalle maggiori o minori eventualità di compensazione che avran potuto prodursi. Stante la ugual probabilità che ogni causa ha per agire in un senso o in senso opposto, è naturale che debba essere più frequente il caso di copiose compensazioni che non quelle di una grande preponderanza di errori in un dato senso o nel senso contrario; in altri termini saranno più frequenti, ossia più probabili, i piccoli errori che non i grandi. Per dare un concetto del modo di variare di questo grado di frequenza riferiamo i risultati ottenuti da Bessel sopra una serie di osservazioni stellari ad errore medio di 1'',31; gli errori si sono trovati distribuiti in ordine di grandezza come segue:

errori fra	0''	e	0''.4	25 0|0
»	0.4	e	0.8	22 »
»	0.8	e	1.2	19 »
»	1.2	e	1.6	11 »
»	1.6	e	2.0	9 »
»	2.0	e	2.4	8 »
»	2.4	e	2.8	2 »
»	2.8	e	3.2	3 »
»	3.2	e	3.6	1 »
»	3.6	e	∞	0

Senza entrare in molti dettagli analitici è facile intendere come possa applicarsi a questo argomento la teoria delle probabilità. Partendo da questo dato che ognuna delle cause di errore abbia uguale probabilità di produrre l'errore elementare $+\varepsilon$ ovvero quello opposto $-\varepsilon$, si può valutare quale sia la probabilità perchè sopra N cause di errore ve ne possano essere n che in una data osservazione siano venute ad agire nel senso positivo, e le rimanenti $N-n$ nel senso negativo, producendo in conclusione l'errore

$$\alpha = + n\varepsilon - (N-n)\varepsilon = \varepsilon(2n - N);$$

in altri termini si potrà avere una legge teorica che leghi la probabilità di un dato errore alla grandezza di questo. Procedendo per questa via Hagen ha ottenuto per questa legge una formula identica a quella che già era stata trovata da Gauss basandosi sul carattere di accidentalità degli errori finali delle osservazioni e sul postulato della media aritmetica. Le discussioni che ha sollevato l'adozione di questa legge teorica devono considerarsi più come indagini quasi diremo metafisiche sull'argomento, che non come obiezioni serie per la sua introduzione nella pratica; giacchè i risultati a cui essa conduce furono sempre confermati, in modo più che soddisfacente per i bisogni della pratica, dalle lunghe serie di esperienze che vennero all'uopo discusse. Si è pure cercato di esprimere codesti risultati sperimentali con altre formule diverse da quelle di Gauss; ma si è trovato che nessuna di esse riesce meglio di questa a rappresentare la realtà pratica delle cose. Rimandando per questi studi alle pubblicazioni speciali, le osservazioni precedenti basteranno a giustificare che la formula di Gauss venga assunta a fondamento di ogni studio analitico sulla probabilità degli errori di osservazione, almeno per quelle classi di osservazioni a cui furono applicati i riscontri sperimentali.

37. — Ciò premesso, la formula di Gauss ci dice che la probabilità di un errore compreso fra i limiti $x = +a$ ed $x = -a$ è espressa analiticamente da

$$P_{-a}^{+a} = \int_{-a}^{+a} \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2 x^2} dx$$

in cui h è una costante che sta a misurare il grado di precisione inerente al sistema di osservazioni di cui si tratta, e che è espressa da $\frac{1}{\sqrt{2}\, e_m}$ essendo e_m l'errore medio delle medesime (1). Costruendo (fig. 110) la curva di equazione

$$y = \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2 x^2} dx$$

il valore di P_{-a}^{+a} sarebbe geometricamente rappresentato dal-

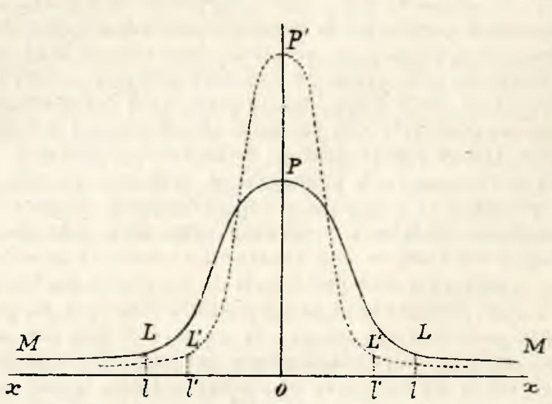


Fig. 110.

(1) Ogni operatore può farsi un concetto del grado di precisione delle sue misure, osservando l'entità degli scarti fra i risultati ottenuti ripetendo parecchie volte una osservazione; minori saranno questi scarti, e maggiore si giudicherà la precisione. E per l'appunto, nella formula di Gauss la misura di precisione h risulta uguale all'inversa dello scarto medio delle osservazioni prese due a due in tutti i modi possibili. Vedremo più tardi come questo scarto medio valga precisamente $\sqrt{2}\, e_m$.

l'area racchiusa fra questa curva, l'asse delle x e le due ordinate corrispondenti ad $x = + a$ ed $x = - a$. L'area totale compresa fra la curva e l'asse delle x, che si estende indefinitamente, perchè la curva è asintotica con quest'asse, deve essere uguale ad 1, avendosi la certezza assoluta che in qualunque osservazione l'errore deve essere contenuto fra $+\infty$ e $-\infty$. Aumentando il grado di precisione delle misure, e quindi il parametro h, la curva si modifica come è indicato con linea punteggiata, mantenendosi sempre uguale ad 1 l'area totale.

Come si vede, secondo la legge teorica di Gauss non vi sarebbero limiti di errore finiti, mentre sappiamo che questi limiti, benchè non precisabili con esattezza, devono tuttavia esistere. Dal punto di vista pratico questa obbiezione perde ogni serio valore. In primo luogo, osservando la forma della curva si riconosce che, per valori dell'ascissa ancora non molto grandi, essa va rapidamente avvicinandosi all'asse delle x, per correre poi a distanza tanto piccola da questo da rappresentare un grado di probabilità assai tenue; ed il tratto della curva in cui si verifica questo fatto si trova tanto più vicino all'origine quanto maggiore è la misura di precisione h. Supponendo di trascurare i tratti di curva L M, l'area residua L P L l l non sarebbe più uguale all'unità (certezza assoluta), ma rappresenterebbe un grado di probabilità tanto alto da potersi considerare praticamente come una *quasi certezza* che l'errore non esca dai limiti $\pm$ O l. E notisi pure che questa sorta di convenzione trova in certo modo riscontro nella pratica nel fatto che la curva dovrebbe avere una soluzione di continuità in vicinanza all'errore limite, dovendo a questo competere una certa probabilità benchè piccolissima, ed essere invece assolutamente nulla la probabilità di errori infinitamente poco più grandi. E l'incertezza che potrà esservi nell'assegnare sulla curva la posizione del punto L, corrisponde ad una incertezza analoga che rimane in pratica nello stabilire il valore massimo dell'errore.

In secondo luogo giova ricordare ciò che abbiamo detto sugli errori grossolani. Anch'essi hanno spiccato carattere di accidentalità; e prescindendo dalla sostanziale diversità delle cause, si può dire che fra essi e gli errori ordinari non vi sarebbe altra differenza che quella di un minor grado di probabilità. Non sarebbe dunque del tutto irragionevole che in una legge generale degli errori potessero figurarvi anche gli errori grossolani, purchè essi vi entrassero con una probabilità minore di quella che può attribuirsi al così detto errore limite. Per tal modo la formula di Gauss, che è senza dubbio difettosa finchè si rimane nel campo delle piccole cause di errore da noi poste nella prima classe, cessa di esserlo se si suppone che praticamente i due tratti di curva L M stiano a rappresentare gli errori dovuti alle cause della seconda classe. E giova pur notare che questi errori grossolani si troverebbero in tal modo abbastanza ben rappresentati, sia perchè l'area L M x l è assai piccola, come è piccola la probabilità di tali errori; sia perchè la variazione di questa area al crescere di x è assai lenta, ciò che corrisponde al fatto pratico che nel campo degli errori grossolani è quasi ugualmente probabile un errore molto grande come uno più piccolo.

Il problema delle tolleranze può dunque esser messo nei seguenti termini: trovare sulla curva teorica della probabilità la posizione che conviene assegnare al punto L per rappresentare un limite ragionevole di separazione fra gli errori attribuibili alle cause della prima classe e quelli che non possono essere spiegati che colle cause grossolane; ed il criterio che dovrà servire di guida sarà questo: che l'area LPLl l abbia un valore abbastanza prossimo all'unità da potersi praticamente considerare come una quasi certezza, rimanendo d'altra parte per le aree L$l$$x$M un valore dello stesso ordine di quello che corrisponderebbe al grado presumibile di probabilità degli errori grossolani.

38. — Furono calcolate apposite tavole per i valori di P_{-a}^{+v} per valori crescenti di a espressi come mutipli dell'errore medio e_m.

Eccone alcuni risultati dei quali dovremo far uso:

per $a = e_m$ . . . . . . $P = 0{,}6827$,
» $a = 2e_m$ . . . . . . $P = 0{,}9545$,
» $a = 3e_m$ . . . . . . $P = 0{,}9973$,
» $a = 4e_m$ . . . . . . $P = 0{,}9999$;

in altri termini, sopra 10000 osservazioni ripetute sopra una grandezza, con errore medio e_m, per effetto delle piccole cause ordinarie potranno capitarne verosimilmente:

3173	con errore vero	maggiore	di	e_m,
455	»	»	»	» $2e_m$,
27	»	»	»	» $3e_m$,
1	»	»	»	» $4e_m$;

Osserviamo anzitutto che questi numeri giovano a dare un concetto pratico assai chiaro della precisione di un dato genere di osservazioni, il cui errore medio sarà stato calcolato colla nota formola:

$$e_m = \sqrt{\frac{\Sigma\delta^2}{n-1}},$$

essendo δ gli scarti delle singole osservazioni dalla loro media aritmetica. Il concetto di questo errore medio rimane alquanto oscuro fra i pratici, finchè esso viene definito come la media quadratica degli errori veri che possono prodursi in una serie di osservazioni, che bisogna supporre in numero infinito per esser certi che abbiano avuto campo a prodursi tutte le possibili eventualità di errore per le cause ordinarie. La teoria della probabilità degli errori concretizza meglio il significato che ha l'errore medio come misura della precisione; essa ci dice infatti che se ad un dato sistema di osservazioni compete l'errore medio e_m, si può scommettere 6827 contro 3173, o in cifre tonde circa 7 contro 3, che l'errore vero di una osservazione non superi il valore e_m. E questo criterio sarà tanto più fondato, quanto più numerosa è la serie delle osservazioni da cui fu desunto il valore di e_m.

In modo simile, coll'aiuto della tavola anzidetta, si può giudicare con qual grado di probabilità è lecito sperare che l'errore vero non superi un dato valore. Così, per esempio, in un dato sistema di osservazioni angolari ad errore medio di 20'', si può scommettere circa 95 contro 5 che non si producano, per le cause ordinarie, errori superiori a 40''; circa 997 contro 3 che gli errori non oltrepassino i 60''; e infine 9999 contro 1 che non si ecceda l'errore di 80''. Viceversa, se si volesse procedere ad una misura angolare colla probabilità di $\frac{95}{100}$ che l'errore non oltrepassi i 10'', bisognerebbe adoperare strumenti e cautele capaci di assicurare l'errore medio di 5''; se invece lo stesso errore massimo di 10'' volesse garantirsi colla probabilità di $\frac{9999}{10000}$ (che potrebbe considerarsi come un'assoluta certezza), bisognerebbe usare strumenti ad errore medio di 2' 1|2, ovvero fare 4 ripetizioni collo strumento a 5'', giacchè, come è noto, nella media di n osservazioni l'errore medio si riduce ad $\frac{e_m}{\sqrt{n}}$.

Supponiamo che si stabilisse la tolleranza ad un valore doppio dell'errore medio; rifiutando una osservazione eccedente questo limite, potrebbe esservi la probabilità di circa $\frac{45}{1000}$ che questo errore fosse dovuto alle cause ordinarie; e rimane ancora questa stessa probabilità che ripetendo l'osservazione si presenti nuovamente un errore maggiore di $2e_m$, senza vera colpa dell'operatore. L'assumere dunque come tolleranza il limite $2e_m$ equivarrebbe ad esigere nell'operatore l'uso continuo di cure speciali che non sempre possono mantenersi in un lavoro ordinario.

Assumendo invece per errore limite il quadruplo dell'errore medio, si va ad un estremo opposto: la probabilità che possa avvenire un errore maggiore per le cause ordinarie sarebbe appena di $\frac{1}{10{,}000}$; cioè occorrerebbero 10000 osservazioni perchè potesse presentarsene una sola eccedente quel limite. Si sarebbe così ad un grado di probabilità certamente inferiore a quello che in condizioni usuali di lavoro, e con operatori non eccezionalmente attenti, può attribuirsi agli errori grossolani.

Più ragionevole sembra lo assumere un limite di errore intermedio fra i due ora esaminati. Posto $l = 3e_m$, come si fa da parecchi autori, la probabilità di non eccedere questo limite per le cause ordinarie sarebbe circa 0,997. Il pericolo di commettere ingiustizia, rifiutando una osservazione eccedente il limite $3e_m$, sarebbe espresso da $\frac{3}{1000}$; cioè, sopra 1000 osservazioni rifiutate, appena tre potrebbero esserlo ingiustamente, ma le altre 997 sarebbero realmente affette da errori grossolani. Nessun operatore alquanto coscienzioso troverà difficoltà a sottomettersi a queste condizioni, per le quali gli verrebbero tollerati errori fino a 1' 1|2 misurando angoli con un teodolite ad errore medio di 30''.

D'altra parte l'esperienza conferma abbastanza bene l'accettabilità del limite $3e_m$. Così, nella serie di osservazioni discusse da Bessel e da noi riferite, l'errore medio era 1'',31, e quindi l'errore limite si assumerebbe uguale a:

$$3 \times 1'',31 = 4'' \text{ circa};$$

e l'esperienza ha dato come errore massimo 3'',6. In generale i valori sperimentali risultanti da lunghe serie d'osservazioni, opportunamente depurate da errori personali, sistematici, ecc., oscillano da 2 volte e 1|2 a 3 volte e 1|2 l'errore medio. Sicchè il limite medio $3e_m$ apparisce ragionevole per le condizioni usuali dei grandi lavori topografici, salvo ad abbassarlo alquanto quando si possa sperare in condizioni di lavoro piuttosto buone.

39. — Abbiamo finora parlato delle tolleranze sugli errori veri delle osservazioni, la qual cosa suppone conosciuto il vero valore della grandezza che si osserva. In generale questo non è, e la discussione dei risultati non può farsi se non confrontandoli col valore più probabile, ottenuto colla media delle osservazioni stesse. Abbiamo già osservato come si richieda un numero molto grande di osservazioni, perchè riesca piccola, sul valore della media, l'influenza di quelle poche osservazioni che potranno essere affette da errori grossolani. Nel caso di poche osservazioni, basta una sola osservazione cattiva ad alterare fortemente la media e quindi il valore degli scarti δ in base a cui si calcola l'errore medio e_m. Sarà bene perciò che questo errore medio, invece di essere calcolato sulle poche osservazioni che si tratta di discutere, venga determinato mediante una serie di apposite esperienze preliminari assai numerose, eseguite collo stesso strumento ed in condizioni svariate, e possibilmente sopra una grandezza già esattamente conosciuta.

Per liberarsi dalle incertezze che possono esservi nel valore della media di poche osservazioni, il criterio della tolleranza può basarsi, invece che sulla grandezza degli scarti delle singole osservazioni dalla loro media, su quella degli scarti delle osservazioni stesse fra loro, prendendole due a due in tutti i modi possibili. Se A_1, A_2 sono due delle misure ottenute per la grandezza X, la loro differenza $A_1 - A_2$ si può considerare come un risultato di osservazione sulla grandezza $X - X$, il cui vero valore dovrebbe essere zero. Se in un sistema infinito di osservazioni si fa la media quadratica di tutte le differenze come $A_1 - A_2$, si otterrà l'errore medio corrispondente alla misura della grandezza $X - X$, ossia la *differenza media* delle osservazioni. Il valore di questa differenza media può ottenersi osservando che se e_m è l'errore medio per la grandezza X, quello delle differenze $A_1 - A_2$ sarà $\sqrt{2}\,e_m$; cosicchè la tolleranza per gli scarti delle osservazioni fra loro potrà stabilirsi al valore $3\sqrt{2}\,e_m$.

Supponiamo, per esempio, che nella misura di una base topografica o dei lati di una poligonale di precisione si adoperi il metodo di Struve (canne su cordino disteso), in condizioni tali da poter presumere, per esperienze precedenti, un errore medio $0{,}0008\sqrt{L}$.

La differenza media fra due misure sarà allora:

$$0{,}0008\sqrt{2}\,\sqrt{L} = 0{,}00113\,\sqrt{L},$$

e la tolleranza sulla differenza fra due risultati sarà:

$$3 \times 0{,}00113\sqrt{L} = \text{circa } \frac{1}{300}\sqrt{L}.$$

Siano m. 423,12 e m. 423,17 i due valori ottenuti per una base misurandola prima in un senso e poi in senso contrario: la tolleranza sarebbe in questo caso:

$$\frac{\sqrt{423}}{300} = \text{m. } 0{,}068,$$

mentre i due risultati riferiti differiscono solo di m. 0,05; essi sarebbero dunque accettabili per farne la media. Se invece i risultati della misura fossero stati 423,12 e 423,20, vi sarebbe molta ragione a dubitare dell'una o dell'altra di queste misure e converrebbe ripeterle entrambe.

40. — Prendendo a considerare la differenza $X - X$ come una grandezza che viene determinata dai valori $A_1 - A_2$, siamo in sostanza passati dal caso delle osservazioni dirette a quello di una determinazione indiretta, ed abbiamo applicato la regola del triplo dell'errore medio, come se il valore $A_1 - A_2$ fosse il risultato diretto dell'osservazione. Questa generalizzazione della regola alle determinazioni indirette ha bisogno di essere esaminata di proposito.

Sembra a prima giunta che essa non sia esatta; giacchè, se si è stabilito di tollerare su un'osservazione l'errore $3e_m$, deve pure ammettersi, senza colpa dell'operatore, la possibilità che l'errore limite si produca allo stesso tempo e in verso contrario nelle due osservazioni, sicchè l'errore massimo tollerabile dovrebbe essere $6e_m$. Sembrerebbe dunque che in generale nelle determinazioni indirette la tolleranza sugli errori finali dovesse basarsi non già sul triplo dell'errore medio finale, ma sull'ipotesi più sfavorevole che su ogni singola osservazione si supponesse raggiunto l'errore limite e nel senso più dannoso all'esattezza.

L'obbiezione perde però ogni valore quando si rifletta che l'ipotesi ora accennata deve naturalmente corrispondere ad un grado di probabilità assai minore di quello che si è giudicato opportuno assegnare agli errori maggiori dell'errore limite di una osservazione diretta. Trattisi, per esempio, della somma di diverse grandezze $X_1 + X_2 + X_3$; la probabilità che l'errore in una osservazione ecceda in valore assoluto $3e_m$, è data da $\frac{27}{10{,}000}$, e questo fatto può verificarsi o con un errore positivo o con uno negativo; quindi ad ognuno di questi due casi ugualmente probabili dovrà attribuirsi una probabilità metà. La probabilità composta della coesistenza di errori tutti maggiori di $+3e_m$, o tutti maggiori di $-3e_m$, nelle tre osservazioni X_1, X_2, X_3, sarà dunque $\left(\frac{27}{20{,}000}\right)^3$, e per conseguenza la probabilità che sulla somma $X_1 + X_2 + X_3$ non si ecceda l'errore $+9e_m$ o quello $-9e_m$ sara data da $1 - \left(\frac{27}{20{,}000}\right)^3$, ossia da $\frac{399{,}999{,}998}{400{,}000{,}000}$; si andrebbe cioè ad un grado di certezza enormemente superiore a quello che si è giudicato sufficiente per l'ufficio pratico delle tolleranze. E questo grado di certezza risulterebbe sempre più grande quanto più numerose si suppongono le grandezze direttamente osservate che entrano a comporre la funzione di cui si cerca il valore. Se invece si applica anche al caso delle determinazioni indirette la regola del triplo dell'errore medio finale del risultato, la probabilità che per le cause ordinarie non venga oltrepassata la tolleranza così stabilita, rimarrà in ogni caso misurata dal numero 0,9973.

Un'applicazione semplicissima di questa regola si presenta nella verifica di chiusura pei triangoli di una rete. Notiamo di passaggio che la somma dei tre angoli $A + B + C$, che per necessità geometrica dovrebbe sempre risultare uguale a 180°, rappresenta una grandezza di cui è conosciuto *a priori* il vero valore, e quindi in questo caso gli errori di chiusura sono i veri errori delle somme osservate A+B+C. Il criterio basato sulla tolleranza per scartare i triangoli in cui possano essere intervenuti errori grossolani, riesce per tal modo abbastanza sicuro.

Se α_m è l'errore medio attribuibile alla misura di ogni angolo, sarà $\sqrt{3}\,\alpha_m$ quello della somma A+B+C, e la tolleranza di chiusura si dovrà assumere uguale a $3\sqrt{3}\,\alpha_m$ Immaginiamo di operare con un teodolite a 30″ di buona costruzione, per il quale l'errore medio d'una misura semplice possa assumersi di 20″; leggendo su ambi i vernieri e ripetendo l'osservazione con inversione del cannocchiale, l'errore medio di ogni angolo si troverà ridotto ad $\alpha_m = \frac{20''}{\sqrt{4}} = 10''$; in queste ipotesi tutti i triangoli che chiuderanno con differenze maggiori di $3\sqrt{3} \times 10'' =$ circa 1′ dovranno essere ripetuti. Viceversa, se fosse fissata la tolleranza di chiusura a soli 30″, bisognerebbe che ogni angolo venisse misurato ad errore medio di 5″; quindi, volendo operare nel modo anzidetto, occorrerebbe usare uno strumento ad errore medio di 10″, cioè dell'approssimazione nominale di almeno 15″.

Analogamente si procederà per stabilire la tolleranza sui risultati di un rilievo di qualunque sorta. Per mezzo delle formole che legano i valori delle incognite finali agli elementi geometrici da cui risulta il rilievo, ed applicando ad esse i principii dell'accumulazione degli errori accidentali, sarà sempre possibile trovare l'espressione analitica degli errori medi finali in funzione di quelli degli elementi osservati; non rimarrà allora che a triplicare codeste espressioni degli errori medi dei risultati per ottenere le formole delle tolleranze corrispondenti. Viceversa se, dipendentemente dallo scopo e dall'importanza del rilievo sono fissate *a priori* le tolleranze concesse sui risultati, dividendole per 3 si avranno i valori degli errori medi finali, in base ai quali dovrà calcolarsi il grado di precisione degli strumenti con cui dovrà farsi il rilievo perchè, colla solita probabilità di 0,9973, si possa sperare di non eccedere i limiti prefissi di tolleranza.

41. — Venendo al caso particolare delle poligonali, cominciamo da quelle rilevate al teodolite, cioè colla misura degli angoli compresi fra i lati.

Chiudendo la poligonale su se stessa, ovvero sopra un lato trigonometrico, dopo essere partiti pure da un lato trigonometrico, la prima verifica che si presenta è quella degli angoli che furono misurati; nel primo caso la verifica consisterà nel far la somma di tutti gli angoli del poligono e confrontarla col valore che teoricamente essa dovrebbe avere, cioè tante volte due retti quanti sono i lati meno due; nel secondo caso dovrà confrontarsi l'azimut calcolato del lato di arrivo con quello già conosciuto dalla rete trigonometrica (1). In tutti i casi la verifica viene a basarsi sulla somma di tutti gli angoli osservati; e quindi, se α è l'errore medio attribuibile ad ognuno di essi, quello della loro somma sarà $\alpha\sqrt{n}$, e la tolleranza angolare di chiusura dovrà stabilirsi colla formola:

$$t = 3\,\alpha\sqrt{n}.$$

A parte ogni apprezzamento sul valore del coefficiente 3, che noi abbiamo assunto in base al grado di probabilità 0,9973 (e che potrebbe essere ridotto da chi dirige il lavoro di rilevamento, ove creda opportuno di costringere gli operatori a cure speciali), si vede che in ogni caso le tolleranze angolari di chiusura dovranno essere della forma $k\sqrt{n}$, cioè proporzionali alla radice del numero degli angoli osservati; ogni altra forma sarebbe arbitraria e potrebbe dare tolleranze ora eccessive ed ora troppo ristrette, a seconda del numero degli angoli della poligonale.

Quanto alla valutazione dell'errore medio elementare α, gioverà rammentare che esso deve esprimere non già il solo errore di misura propriamente detto, ma deve pur comprendere l'errore di stazione, che può esercitare una notevole influenza anche quando si tratti di lati non minori di 100 m. Supponendo che nel collocare lo strumento sul vertice dell'angolo da misurare, e i segnali a cui si fanno le puntate, possa aversi una eccentricità media di mezzo centimetro, con lati di 100 m. e con angoli di 180° ne nascerà un errore di stazione dato da:

$$\alpha_s = \frac{0{,}005}{1{,}414}\;\frac{206265''}{100 \times 100}\sqrt{10000 + 10000 + 40000} = \text{circa } 18'';$$

sicchè, in queste ipotesi, per ottenere $\alpha = 30''$ come errore medio totale α, bisognerà che l'errore medio proprio della misura sia limitato a $\sqrt{30^2 - 18^2} = 24''$.

Supponiamo che la tolleranza angolare sia stabilita colla formola $t = 1'{,}5\sqrt{n}$ (1). Confrontandola colla formola generale $3\,\alpha\sqrt{n}$, si riconosce tosto che essa suppone l'errore medio $\alpha = 30''$. Se lo strumento prescritto è a 30″ di errore medio, e lo si adopera leggendo su ambi i noni, e ripetendo con inversione del cannocchiale, l'errore medio di misura si può presumere $\frac{30''}{\sqrt{4}} = 15''$, e potrà allora concedersi un errore medio di stazione dato da $\sqrt{30^2 - 15^2} = 26''$; posta la lunghezza dei lati in media di 100 m. e gli angoli prossimi a 180°, dovrà cercarsi di ottenere nel collocamento dello strumento in stazione, e dei segnali, una eccentricità media di 7 mm.

42. — Passiamo ora a considerare le tolleranze lineari, cioè sugli errori di posizione del vertice di chiusura o di arrivo. Osserviamo anzitutto che esse potranno stabilirsi o per le singole differenze ΔX, ΔY riscontrate sulla verifica delle coordinate finali, ovvero per il risultante spostamento lineare $\Delta = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$. Il primo modo, che è più razionale ed efficace per trarre il massimo partito dalle verifiche, sarà da preferirsi nelle poligonali di precisione, e specialmente in quelle in cui abbia particolare interesse il limitare gli errori che possono nascere in determinate direzioni. Le tolleranze potranno allora essere stabilite con formole analitiche, moltiplicando per il convenuto coefficiente 3 gli errori medi presumibili M_x, M_y; e si avrà quindi:

$$t_x = 3\sqrt{\sum_{i=1}^{i=n} \lambda_i^2 \cos^2 \Theta_i + \alpha^2 \operatorname{sen}^2 1'' \sum_{i=1}^{i=n} Y^2_{i\,.\,n}}$$

$$t_y = 3\sqrt{\sum_{i=1}^{i=n} \lambda_i^2 \operatorname{sen}^2 \Theta_i + \alpha^2 \operatorname{sen}^2 1'' \sum_{i=1}^{i=n} X^2_{i\,.\,n}}.$$

Ovvero esse potranno fissarsi in modo geometrico, assegnando gli elementi di grandezza e di orientamento della ellisse limite delle incertezze.

Nelle poligonali usuali della topografia ordinaria è sufficiente tener conto dello spostamento lineare:

$$\Delta = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$$

fissandone la tolleranza colla formola:

$$t = 3\sqrt{M^2_x + M^2_y}.$$

Introducendovi il valore di $M^2_x + M^2_y$ ottenuto nel N. 5, si avrà:

$$t = 3\sqrt{\sum_{i=1}^{i=n} \lambda_i^2 + \operatorname{sen}^2_i 1'' \sum_{i=1}^{i=n} \alpha_i^2 D_i^2}\,;$$

in cui λ_i esprime l'errore medio del lato L_i, α_i quello dell'angolo A_i e D_i indica la diagonale del poligono che va dal vertice A_i all'ultimo vertice A_{n+1}. Se i lati sono misurati direttamente colle successive portate di regoli, si avrà $\lambda_i = \lambda_o\sqrt{L_i}$; e se inoltre tutti gli angoli sono misurati con ugual precisione, per cui $\alpha_1 = \alpha_2 = \ldots\ldots = \alpha$, la formola si riduce a:

$$t = 3\sqrt{\lambda_o^2 \Sigma L + \operatorname{sen}^2 1''\, \alpha^2\, \Sigma D^2}.$$

(1) Si sottointende che nel caso di poligonali molto estese, specialmente nel senso Est-Ovest, bisognerà tener conto, nella verifica, dell'influenza della convergenza dei meridiani.

(1) È questa la formola prescritta per le poligonali nel nuovo Catasto italiano.

Se invece i lati sono misurati colla stadia, i loro errori medi potranno valutarsi con $\lambda_i = \lambda_o \, L_i$ (sempre nell'ipotesi che siano eliminati gli errori sistematici), e la formola per questo caso sarà:

$$t = 3 \sqrt{\lambda^2_o \, \Sigma \, L^2 + \text{sen}^2 \, 1'' \, \alpha^2 \, \Sigma \, D^2} \, .$$

43. — Le formole precedenti dimostrano quanto sia irrazionale lo stabilire le tolleranze con delle semplici percentuali o sulla somma delle coordinate parziali, o sullo sviluppo della poligonale, come se fra queste grandezze e gli errori medi corrispondenti potesse esservi una relazione di proporzionalità. E neppure è giustificato che la formola della tolleranza contenga la sola variabile S (sviluppo della poligonale), o le due variabili S ed n (1). Gli errori medi finali M_x, M_y. $\sqrt{M^2_x + M^2_y}$, e quindi le corrispondenti tolleranze, devono dipendere da tutti quanti gli elementi di forma della poligonale, a parità di sviluppo, e gli angoli vi influiscono non solo per il loro numero, come nelle tolleranze angolari, ma anche colla loro grandezza.

In una sola ipotesi potrebbe praticamente diventare trascurabile l'influenza della forma del poligono, e cioè quando la misura degli angoli venga fatta con tanta precisione, in confronto a quella dei lati, da potersi trascurare il secondo termine delle formole di M_x, M_y e Δ, in confronto del primo. In questa ipotesi la formola della tolleranza lineare si riduce a:

$$t = 3 \, \lambda_o \sqrt{\Sigma \, L} = 3 \, \lambda_o \sqrt{S}$$

per il caso della misura diretta dei lati, ovvero a:

$$t = 3 \, \lambda_o \sqrt{\Sigma \, L^2}$$

nel caso della misura indiretta. Volendo anche in quest'ultima introdurre lo sviluppo S della poligonale, si può supporre che tutti i lati siano mediamente uguali ad L, ed allora si avrà:

$$\Sigma \, L^2 = n \, L^2 = \frac{S^2}{n} \, ,$$

e quindi la formola per l'uso della stadia si può prossimamente mettere nella forma:

$$t = 3 \, \lambda_o \, \frac{S}{\sqrt{n}} \, .$$

L'ipotesi su cui riposano queste ultime formole è certamente verificata negli ordinari rilievi tacheometrici, nei quali il coefficiente di precisione λ_o dei lati avrà sempre un valore maggiore di $\frac{1}{500}$, mentre gli angoli saranno letti con strumenti a 30″, che colla doppia lettura e coll'inversione daranno un errore medio di misura α_m da 10 a 15″; e calcolando altrettanto per l'errore di stazione, si avrà tutt'al più $\alpha = 20''$. Considerando allora il caso più sfavorevole dal punto di vista dell'influenza degli angoli, cioè $A = 180^0$, avremo:

$$M^2_x = \lambda^2_o \, n \, L^2 \, ,$$

$$M^2_y = \frac{\text{sen}^2 \, 1''}{6} \, L^2 \, \alpha^2 \, (n + 3 \, n^2 + 2 \, n^3) \, ,$$

e quindi, ponendo:

$$n = 20 \quad , \quad L = 100 \text{ m.} \quad , \quad \lambda_o = \frac{1}{500} \quad , \quad \alpha = 20'' \, ,$$

si ottiene:

$$M^2_x = 0{,}80 \quad , \quad M^2_y = 0{,}27 \, ;$$

il valore dello spostamento lineare Δ, calcolato esattamente, sarebbe dunque $\sqrt{0{,}80 + 0{,}27} = $ m. 1,03, mentre, trascurando l'influenza degli errori angolari, sarebbe:

$$\Delta = \sqrt{0{,}80} = \text{m. } 0{,}89.$$

L'errore che così si commette (il quale, del resto, non produce che una maggior garanzia di precisione), è, come si vede, abbastanza piccolo; ma lo sarà ancora più in condizioni medie, sia per la forma delle poligonali che per il valore di λ_o, che per lo più sarà maggiore di quello da noi supposto.

Considerazioni analoghe possono farsi per il caso in cui la misura dei lati sia fatta con mezzi diretti ma di poca finezza, come avviene adoperando la catena metrica o le canne nel modo ordinario, e specialmente in terreni alquanto accidentati; ferma però restando l'ipotesi che la misura degli angoli sia fatta con mezzi di discreta precisione. Che se per esempio si adopera bensì un teodolite a 30″, ma senza leggere sui due noni e senza far la ripetizione con inversione del cannocchiale, tenendo pur conto dell'errore di stazione, si può andare incontro ad un valore di α anche doppio di quello precedentemente supposto, e la sua influenza sui risultati potrebbe essere dello stesso ordine di quella degli errori dei lati.

44. — E questo fatto si verifica sempre nelle poligonali di precisione, in cui la misura dei lati sarà fatta con mezzi di una certa delicatezza, per esempio colle canne sul cordino, o anche con mezzi più esatti. In questi casi, nelle formole di tolleranza devono essere mantenuti ambi i termini, e non è possibile trasformare queste formole in modo che, rimanendo applicabili a qualunque forma di poligonale, vengano a contenere le sole variabili S ed n. Bisognerebbe per lo meno raggruppare le poligonali in alcuni tipi di forma, e stabilire altrettante formole, ognuna delle quali dovesse *mediamente* servire per i casi che possono riferirsi al tipo corrispondente. Anche in questo modo si perderebbe qualche poco nella sicurezza delle verifiche, ma si guadagnerebbe nella semplicità dei calcoli occorrenti.

La soluzione migliore ci sembra però quella di adottare senz'altro le formole generali da noi ottenute. Si rifletta che l'applicazione di esse può farsi in modo abbastanza semplice ed approssimato, misurando sul grafico della poligonale la lunghezza delle diagonali D e facendo i pochi calcoli occorrenti mediante il regolo o coll'aiuto di tavole di quadrati. Nè maggiori difficoltà presenta l'uso delle formole di tolleranza sulle singole coordinate, chè anzi in questo caso gli elementi per il calcolo delle tolleranze si trovano già preparati nei registri di calcolo della poligonale.

45. — Passiamo ora a considerare i rilievi delle poligonali colla misura diretta degli azimut. Le formole per le tolleranze sulle coordinate finali saranno in questo caso:

$$t_x = 3 \sqrt{\sum_{i=1}^{i=n} \lambda^2_i \cos^2 \Theta_i + \text{sen}^2 \, 1'' \, \theta^2 \sum_{i=1}^{i=n} y^2_i}$$

$$t_y = 3 \sqrt{\sum_{i=1}^{i=n} \lambda^2_i \, \text{sen}^2 \, \Theta_i + \text{sen}^2 \, 1'' \, \theta^2 \sum_{i=1}^{i=n} x^2_i} \, ,$$

e quella per lo spostamento lineare risultante:

$$t = 3 \sqrt{\sum_{i=1}^{i=n} \lambda^2_i + \text{sen}^2 \, 1'' \, \theta^2 \sum_{i=1}^{i=n} L^2_i} \, .$$

Se i lati sono misurati direttamente, sarà $\lambda_i = \lambda_o \sqrt{L_i}$ e quest'ultima formola si riduce a:

$$t = 3 \sqrt{\lambda^2_o \, \Sigma \, L + \theta^2 \, \text{sen}^2 \, 1'' \, \Sigma \, L^2} \, ;$$

se invece la misura dei lati si fa colla stadia, sarà:

$$\lambda_i = \lambda_o \, L_i$$

e quindi:

$$t = 3 \sqrt{\lambda^2_o \, \Sigma \, L^2 + \theta^2 \, \text{sen}^2 \, 1'' \, \Sigma \, L^2}$$
$$= 3 \sqrt{\Sigma \, L^2} \times \sqrt{\lambda^2_o + \theta^2 \, \text{sen}^2 \, 1''}.$$

A differenza di ciò che abbiamo visto per i rilievi con misura d'angoli, la tolleranza lineare t per i rilievi con misura di azimut non dipende dall'andamento, ma solo dalla lunghezza dei lati; perciò sarà possibile esprimerla in funzione delle sole variabili S ed n. Considerando i lati come mediamente uguali ad L, si avrà:

$$\Sigma \, L^2 = n \, L^2 = \frac{S^2}{n} \, ,$$

(1) Di questo genere sono le formole che furono adottate in Italia e fuori per i grandi lavori catastali.

e le formole di tolleranze per gli spostamenti del punto di arrivo saranno:

$$t = 3 \sqrt{\lambda^2_0 \, S + \theta^2 \, \text{sen}^2 \, 1'' \, \frac{S^2}{n}} \quad \text{(misura diretta)}$$

$$t = 3 \, \frac{S}{\sqrt{n}} \sqrt{\lambda^2_0 + \theta^2 \, \text{sen}^2 \, 1''} \quad \text{(misura indiretta).}$$

46. — Abbiamo supposto finora che la verifica delle poligonali, rilevate col teodolite o colla bussola, venga fatta arrivando di nuovo al punto di partenza, ovvero ad un altro punto di posizione conosciuto *senza errore notevole*, come avviene quando si distendono le poligonali fra punti trigonometrici. Può darsi però che il punto di partenza e quello di arrivo siano bensì di posizione nota, ma con un grado di incertezza non trascurabile; avverrà così quando la poligonale è distesa fra vertici di altre poligonali precedentemente determinate. In questi casi le differenze di arrivo non saranno totalmente dovute agli errori della nuova poligonale rilevata, ma potranno eventualmente essere complicate dagli errori proprii del punto di partenza e di quello di arrivo. Se $m'_x \, m'_y$ indicano gli errori medi attribuibili alle coordinate del primo, $m''_x \, m''_y$ quelli delle coordinate del secondo, le tolleranze finali del nuovo rilievo dovranno stabilirsi in base agli errori medi:

$$\sqrt{M^2_x + m'^2_x + m''^2_x} \quad , \quad \sqrt{M^2_y + m'^2_y + m''^2_y} \, ,$$

per la verifica delle coordinate, ovvero:

$$\sqrt{(M^2_x + M^2_y) + (m'^2_x + m'^2_y) + (m''^2_x + m''^2_y)}$$

per la verifica dello spostamento lineare risultante.

La stessa osservazione deve farsi riguardo alla verifica angolare: se si parte da un lato il cui azimut sia conosciuto coll'errore medio θ', e si va a finire in un altro ad errore medio θ'', la tolleranza angolare dovrà calcolarsi in base all'errore medio complessivo:

$$\sqrt{\theta^2 + \theta'^2 + \theta''^2} \, .$$

47. — Consideriamo infine il caso in cui, per verificare una poligonale priva per se stessa di elementi di controllo, e sulla quale siano nati dei dubbi, venga ripetuto il rilievo; e vogliasi sapere quali differenze massime siano da tollerarsi sui risultati perchè entrambi i rilievi possano considerarsi accettabili per poi farne, occorrendo, la media.

Siamo evidentemente in un caso simile a quello esaminato nel N. 39 per il confronto fra due osservazioni dirette: la tolleranza si otterrà moltiplicando per $\sqrt{2}$ quella che si dovrebbe concedere ad ognuno dei due rilievi, se avesse in se stesso gli elementi di verifica. Questo nell'ipotesi che i due rilievi siano in condizioni di ugual precisione, sia per gli strumenti adoperati, sia per l'identico andamento della poligonale. Mancando questa identità di condizioni fra i due rilievi, differiranno pure gli errori medi finali, e le tolleranze per il confronto fra i due risultati dovranno stabilirsi non già sulla formola $3 \sqrt{2} \, e_m$, ma su quella più generale:

$$3 \sqrt{e'^2_m + e''^2_m} \, .$$

48. — Chiuderemo osservando che le formole che siamo andati stabilendo, mentre risolvono tutti i casi che possono presentarsi per la ricerca *a priori* delle tolleranze che conviene stabilire per i risultati di un rilievo, conoscendo il grado di precisione delle misure elementari, dovranno pur servire come fondamento alle ricerche che può occorrere di istituire sui risultati di un rilievo sperimentale, o meglio di una serie di molti rilievi dello stesso genere. Sia che si tratti di ricavarne *a posteriori* gli errori medi attribuibili ai mezzi di misura adoperati per gli elementi geometrici del rilievo, sia che si vogliano determinare sperimentalmente i coefficienti numerici delle formole di tolleranza che conviene adottare per lavori analoghi, la discussione dei risultati dovrà farsi tenendo presente la forma delle relazioni che stabiliscono in via teorica la dipendenza fra gli errori medi elementari e quelli dei risultati finali del rilievo. Le indagini di questo genere, specialmente quando siano fatte sopra un numero piuttosto grande di risultati sperimentali (ottenuti con molta varietà di circostanze), riescono assai efficaci per acquistare la sicurezza della bontà degli ordinamenti stabiliti per un vasto lavoro. e per poterli perfezionare ove se ne riconosca il bisogno. Ma se le formole adoperate come guida in tali ricerche non corrisponderanno alla forma teorica richiesta dalla natura del problema, si corre pericolo di veder apparire, nella discussione dei risultati, le più strane anomalie, e di giungere a conclusioni fallaci ed illusorie.

Miniere di Montevecchio, luglio 1893.

Ing. F. Mossa.

FISICA SPERIMENTALE

LA RICERCA DELLE LEGGI FISICHE.

Discorso letto il 3 novembre 1893 in occasione della solenne apertura degli Studi nella R. Università di Torino dal prof. Giuseppe Basso.

Signori,

Se le maggiori conquiste della scienza moderna destano l'ammirazione popolare per la evidente utilità delle loro applicazioni pratiche, esse offrono altresì argomento di gravi meditazioni al pensatore, quando questi, risalendo ai concetti primitivi che furono delle stesse il germe fecondo. studia i successivi loro svolgimenti e, passo a passo, segue tutte le fasi per le quali si trasformarono alla fine in frutti maturati.

Ricco d'insegnamenti preziosi è l'esame critico dei mezzi adoperati dallo ingegno umano, nei vari paesi e nelle diverse età, nel procedere alla ricerca del vero. L'immane lavoro, individuale e collettivo, a cui devesi l'erezione del nostro edifizio scientifico, si svolse lentamente affrontando difficoltà innumerevoli, subì spesso perigliosi sviamenti, si soffermò per soste prolungatissime. L'accurata osservazione delle cose, il sano giudizio, la felice intuizione del genio s'intrecciarono talora alle più strane aberrazioni di fantasie sregolate ed i ricercatori più valorosi dovettero lottare contro pregiudizi inveterati, contro superstizioni volgari, contro ostacoli d'ogni guisa opponentisi alla libera esplicazione delle indagini filosofiche.

Lo studio storico dei progressi intellettuali della umanità offre un complesso di temi, la cui trattazione potrebbe meritamente richiamare la vostra attenzione cortese, e degna sarebbe della odierna solenne ricorrenza. Essa però richiederebbe una voce, assai più della mia, erudita ed eloquente, e, d'altronde, starebbe a disagio entro i confini di un breve discorso.

Perciò più modesto è ora il mio intendimento; cioè mi propongo soltanto di aggirarmi pel campo delle discipline fisiche e di qui rivolgere un rapido sguardo a quei procedimenti generali che condussero a formare il patrimonio di cognizioni sulle leggi naturali, del quale si giova e si onora il secolo nostro.

I. — I fenomeni fisici possono venir studiati, od assistendo noi, spettatori attenti, al loro spontaneo svolgimento in natura; ovvero, intervenendo coll'opera nostra in modo più attivo alla loro produzione, cioè provocandone appositamente la nascita e modificando con opportuni artifizii gli elementi da cui essi sono costituiti. Tale studio, il quale si appoggia, nel primo caso, all'osservazione e, nel secondo, all'esperienza, e che spesso si vale dell'una e dell'altra insieme, precede necessariamente il lavoro sintetico che guida a formolare principii generali. Esso però non è che il primo passo sul terreno della ricerca scientifica. Altro e più elevato compito incombe allo investigatore. Poichè, quando di un fatto fisico siamo giunti a possedere piena e precisa conoscenza, sempre in esso scorgiamo certe condizioni elementari che concorrono in modo necessario alla sua determinazione e che, spesso, sono valutabili numericamente, *pondere et mensura*.

L'esame comparativo delle grandezze così soggette a misura svela l'esistenza delle relazioni che le collegano e che, anzi, subordinano i valori di alcune di esse ai valori che vogliamo assegnare alle altre. Tali relazioni, che, espresse in linguaggio matematico, rivestono la forma di equazioni, sono appunto le leggi del fenomeno. Queste leggi non solo governano la produzione dei fatti presi isolatamente, ma, assumendo, a misura che più si perfezionano, carattere di generalità maggiore, c'insegnano a raggruppare i fenomeni in classi e segnalano fra classe e classe la esistenza di legami di mutua dipendenza.

È proprio delle grandi leggi della natura, quando da noi si è giunti alla piena loro cognizione, di potersi presentare sotto la forma di proposizioni *quantitative*. La legge della gravitazione, uno dei veri più fondamentali che la ragione umana abbia scoperto, non esprime semplicemente il fatto dell'attrazione mutua delle masse materiali, nè si restringe ad affermare che l'intensità dell'azione attrattiva diminuisce col crescere della distanza fra le masse agenti e che più efficacemente si esercita fra corpi formati di maggior quantità di materia; ma ci porge modo di stimare numericamente l'influenza di tali elementi; di guisa che, quando si conosca il valore della forza attrattiva per una data distanza e per due date masse, noi sappiamo calcolarne il valore per ogni altra distanza e per ogni altra coppia di masse.

La scoperta delle leggi fisiche, in tal modo intese è di così alta importanza che Isacco Newton (1) ripone quasi unicamente in essa lo scopo supremo della scienza della natura. Poichè, se è vero che lo spirito umano anela istintivamente, con tendenza irresistibile, alla conoscenza delle cause finali, queste tuttavia si sono finora sottratte e forse si sottrarranno sempre, ad ogni sforzo che da noi si faccia per strappare il velo che le nasconde al nostro intelletto. Quindi, nel campo delle scienze naturali, il più alto problema che si possa ragionevolmente affrontare consiste nel risolvere i fenomeni complessi in altri di più in più semplici; fino a che s'incontrino fatti così elementari che si rifiutino ad ogni tentativo di analisi ulteriore.

Così procedendo, si giunse, per es., a far dipendere l'infinita varietà dei fenomeni elettrostatici da un solo fatto semplice, da quello dell'azione reciproca delle cariche elettriche governata dalla legge di Coulomb. Così Ampère (2) riuscì a raccogliere in un gruppo solo, obbediente ad una legge comune, tutti i fenomeni, in apparenza disparatissimi, del magnetismo e delle azioni meccaniche fra i conduttori percorsi dalla corrente elettrica. Ed infine gli studi di Guglielmo Weber (3) condussero a ridurre ad unità ed a sottoporre ad una legge sola ed universale, non solo i fenomeni elettrostatici, non solo quelli di elettrodinamica, ma puranco i fatti generali, scoperti da Faraday, delle correnti elettriche d'induzione.

II. — Due larghe vie s'aprono dinanzi a chi si propone la ricerca delle leggi che reggono una data classe di fenomeni. Nel battere l'una di queste vie ci guida il metodo induttivo, il quale dei fatti speciali già svelati dall'osservazione si vale per la scoperta di altri consimili non ancora direttamente studiati. Nel percorrere la seconda via ci è invece di scorta il metodo deduttivo, per cui da alcune proposizioni che si assumono come postulati scaturiscono razionalmente conseguenze che, non solo porgono interpretazione soddisfacente dei fenomeni singoli, ma danno ragione delle loro mutue dipendenze e ne costituiscono così le leggi generali.

Spesso conviene che i due metodi, anche in una stessa serie di ricerche, si alternino e talvolta quasi si confondano e si sovrappongano. Ben dice Giovanni Herschel (4) che l'aspro sentiero, pel quale ascendiamo alla conquista della verità debb'essere reso, a poco a poco, piano e trito, a forza di salire e di scendere, e che il giungere alle più alte vette è impresa troppo ardua perchè basti a ciò uno sforzo solo; bisogna, ad ogni passo importante che si fa in avanti, stabilire stazioni e tener continuamente aperte comunicazioni con quanto sta al disotto.

Giova dunque che i due metodi, l'induttivo ed il deduttivo, si diano spesso la mano, l'uno verificando le conclusioni dall'altro ricavate, gli sperimenti eseguiti controllando le teorie congetturali. Però, siccome ciascuno di essi si può prestare, anche da sè, al conseguimento del fine precipuo delle ricerche scientifiche, io dirò brevissimamente dell'uno e dell'altro.

III. — La produzione di un dato fenomeno, come già si è accennato, compiesi sempre in certe condizioni, fisse e determinate, dalle quali sorgono gli elementi quantitativi del fenomeno stesso. Perciò lo sperimentatore che lo studia deve, in ogni caso suscettibile d'esame diretto, apprezzare i valori numerici di questi elementi coi mezzi di misura più squisiti; deve eliminare, od almeno correggere e pesare le cause di errore; deve infine disporre ordinatamente, giovandosi, se occorre, del sussidio di regole matematiche e di convenienti artifizi grafici, i risultati che va via via ottenendo, e ciò con acume critico, senza prevenzioni e desiderî preconcetti, in guisa che il modo loro di collegamento si renda manifesto.

Un esame siffatto non si può evidentemente istituire che sopra un numero limitato di casi particolari; ma quando questo numero sia grande e sia riconosciuta la costante e rigorosa riproduzione delle loro condizioni essenziali, si può, per legittimo procedimento d'induzione, risalire a maggior generalità ed estendere le conclusioni raggiunte a tutti gli altri casi analoghi che non sarebbe possibile assoggettare a prove immediate (1).

E qui si avverta come assai di rado la produzione di un fenomeno sia da attribuirsi ad una causa prossima, semplice ed unica. Il più delle volte avviene che le condizioni che lo determinano sono molteplici e complesse, e, mentre una fra queste vi ha che esercita un'azione preponderante, le altre, di minor peso, ne modificano tuttavia in qualche misura gli effetti. È quindi necessario che l'investigatore, nell'ordinare e raggruppare i risultati numerici ottenuti nello studio dei fatti, sceveri ciò che si deve alla causa più efficace da quanto è proprio delle condizioni accessorie che agiscono, in certo modo, come elementi di perturbazione e che Bacone chiamò i *casi residui* (2).

È notevole che sovente la stessa imperfezione e la grossolanità dei mezzi d'indagine e di misura aiutano in certa guisa ed agevolano questo indispensabile lavoro di sceveramento. E ciò verrà meglio chiarito da qualche esempio.

Verso il principio del secolo decimosettimo Giovanni Keplero (3), facendo tesoro del ricchissimo materiale di osservazioni astronomiche lasciatogli da Ticone Brahe, mercè lunghi studi nei quali la pazienza del raccoglitore va a paro coll'acume di un alto ingegno, quantunque talvolta turbato da sogni astrologici, riuscì a formolare le tre grandi leggi sui moti planetari che portano il suo nome. Or bene: fu fortuna che le prime sue ricerche siansi rivolte al pianeta Marte, pel quale i casi residui, cioè le perturbazioni e le apparenti irregolarità della forma dell'orbita e della legge di variazione della velocità, sono relativamente assai piccoli ed in un primo esame si possono trascurare attribuendoli a lievi inesattezze delle misure. Più tardi, dalle leggi Kepleriane il genio di Newton assurse al principio della gravitazione universale; e questo principio alla sua volta rivelò che le leggi stesse non si possono ritenere come rigorosamente vere, se non nell'ipotesi che ciascun pianeta non obbedisca ad altra forza fuori che all'attrazione solare; di guisa che le deviazioni segnalate dagli osservatori e da Keplero trascurate esistono realmente, ma sono effetto delle deboli attrazioni particolari esercitantisi fra i pianeti più vicini.

Verso la metà dello stesso secolo decimosettimo Edmeo Mariotte (4) in Francia e Roberto Boyle (5) in Inghilterra, sperimentando su masse d'aria assoggettate successivamente a pressioni diverse, scopersero la notissima legge che porta accoppiati i loro nomi. Di una semplicità quasi rudimentale erano i loro apparecchi, imperfetti e grossolani i mezzi di misura, ristretti i confini entro cui nelle loro esperienze facevansi variare i valori degli elementi del fenomeno. Eppure, a ciò appunto si deve la semplicità del principio, da essi formolato, che governa la comprimibilità e l'elasticità dei corpi aeriformi: è questo principio uno dei fondamenti su cui poggia la legge di Avogadro, così feconda per la chimica; è in esso che trova una delle principali sue conferme la teoria cinetica dei gas, adombrata già da Daniele Bernouilli (6) e svolta nei tempi moderni specialmente da Joule (7), da Krönig (8), da Clausius (9) e da Maxwell (10).

(1) Newton, *Philosophiae naturalis principia mathematica*. Londini, 1726.

(2) Ampère, *Mémoire sur la théorie mathématique des phénomènes electrodynamiques uniquement déduite de l'expérience*. Annales de chimie et de physique, tom. XVIII, 1826.

(3) W. Weber, *Elektrodynamische Massbestimmungen, insbesondere über das Princip von der Erhaltung der Energie*. Abhandlungen der Königl. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften; mathem-phys. Abteilung, Band X.

(4) J. Herschel, *A preliminary discourse on the study of natural Philosophy*. London, 1830.

(1) Ciò può essere chiarito dall'esempio seguente. Il principio fondamentale della termodinamica sulla equivalenza del lavoro meccanico al calore non ha validità rigorosamente scientifica se non per questo; che molti confronti eseguiti in condizioni svariatissime fra il calore, che per una parte si consuma, ed il lavoro, che simultaneamente si crea, o viceversa, hanno sempre condotto allo stesso valore numerico del loro rapporto. Ed è anzi massimo vanto della fisica moderna lo esser riuscito, mercè lo studio di una moltitudine di fatti particolari, ad imprimere a tal principio un carattere di generalità assai più ampio, trasformandolo, per legittima estensione, nella legge universale della conservazione della energia.

(2) Franc. Baconi de Verulamio, *Novum organum sive iudicia vera de interpretatione naturae*. Londini, 1620.

(3) Vedi principalmente il *Mysterium cosmograficum* ed *Harmonices Mundi*, libri V pubblicati fra il 1597 ed il 1620.

(4) Mariotte, *De la nature de l'air*. Paris, 1679.

(5) Boyle, *Nova experimenta physico-mechanica de vi aeris elastica*. London, 1662.

(6) Dan. Bernouilli, *Hydrodynamica, sive de viribus et motibus fluidorum commentarii*; sectio decima; Argentorati, Deckerus, 1738.

(7) Joule (James Prescott), *On heat and the constitution of elastic fluids*. Philosophical Magazine, vol. XIV, 1857.

(8) A. Krönig, *Grundzüge einer Theorie der Gase*. Annalen der Physik und Chemie, herausgegeben von J. C. Poggendorff. Band XCIX, 1856.

(9) R. Clausius, *Über die mittlere Länge der Wege, welche bei der Molecularbewegung gasförmiger Körper von den einzelnen Molecülen zurückgelegt werden, nebst einigen anderen Bemerkungen über die mechanische Wärmetheorie*. Annalen der Physik und Chemie von Poggendorff. Bd. CV, 1858.

(10) Maxwell (James Clerk), *On the dynamical theory of gases*. Philosophical Magazine, vol. XXXII (1866) and vol. XXXV (1868).

Quando poi le investigazioni più accurate di Regnault (1) e le recenti di Siljeström (2), di Mendelejeff (3) e di Amagat (4), posero in chiaro i casi residui, cioè le deviazioni dalla legge di Mariotte presentate dai gas sotto pressioni altissime o bassissime, questi nuovi studi non scemarono punto l'importanza della legge stessa, ma valsero a precisarne meglio i limiti, ed a tali lavori, direi, di raffinamento devesi la conoscenza più esatta della velocità molecolare media degli aeriformi e, mercè le indagini di Van der Waals (5), anche quella dell'ordine di grandezza degli spazi intermolecolari e delle dimensioni delle molecole.

IV. — Spesso i fenomeni che la natura offre al nostro esame sono così complessi ed, a determinarli, concorrono condizioni così numerose ed intralciate, che col solo lume della sperienza diretta, siamo impotenti a procedere alla loro analisi, a spogliarvi l'essenziale dallo accidentale, a scindere ciò che primeggia da quanto ha carattere di puro accessorio. Allora è ufficio del metodo deduttivo lo schiuderci una nuova via, più ardita, ma anche più rapida di quella che parte dalla pura induzione.

Non si dimentichi che l'investigazione d'un gruppo complesso di fenomeni si risolve in tante indagini parziali, quanti sono i fenomeni singoli che concorrono a costituirlo e che questo lavoro analitico si arresta necessariamente là dove s'incontra il fatto più semplice, più generale, più elementare. E tale fatto che costituisce per noi la causa prossima, immediata dei fenomeni complessi. Questa causa prossima, considerata in sè, sfugge il più delle volte ai nostri sensi e perciò al nostro esame diretto. La sua natura intima ci è dunque sconosciuta; così, chi potrebbe dire in che cosa consistono nella loro essenza, a cagion d'esempio, la forza di gravità, l'elettricità, le azioni molecolari?

Però l'osservazione e l'esperienza valgono sempre a guidarci alla conoscenza netta e sicura dei fatti individuali che, per l'affinità della indole loro, si possono naturalmente far dipendere da una causa comune. A questo punto occorre che una ipotesi conveniente sulla natura di questa causa venga escogitata: per tal modo che, partendo da essa, si possa giungere alla interpretazione soddisfacente dei fatti conosciuti e si riesca ad ordinarli logicamente, a render ragione dei loro legami ed a dirigere le nostre indagini verso campi ancora inesplorati.

Il creare l'ipotesi fondamentale, di cui ora parlo, è, direi quasi, compito speciale della facoltà dell'immaginativa. Questa, associandosi alla memoria che le fornisce elementi già noti, ai quali però essa sa dare distribuzione, ordine ed atteggiamenti nuovi, col sussidio della facoltà di concepire, che Shakespeare nell'*Amleto* chiama l'occhio dello spirito, ponendo in atto le funzioni dell'astrazione, dell'analogia, dell'associazione, diventa un poderoso strumento di ricerca scientifica. Certamente, non ne è scevro di pericoli l'impiego, se mal diretto: ma, come dice Giovanni Tyndall (6), il ripudiarne i servigi sarebbe così irragionevole come rinunziare all'uso dei motori a vapore, solo perchè talvolta hannosi a lamentare catastrofi dovute allo scoppio di caldaie. Però deve l'immaginativa essere educata alla disciplina che il buon senso, il retto giudizio e l'abitudine delle severe speculazioni impongono; essa, come dice Herschell, non irromperà colla sbrigliata licenza dello schiavo che ha da poco tempo infrante le catene, ma si comporterà come uomo libero che ha imparato a comandare se stesso.

Quanta iattura possa recare alle speculazioni scientifiche l'uso sregolato dell'immaginazione, è dimostrato apertamente dalla storia delle dottrine fisico-matematiche presso gli antichi. I grandi filosofi greci, giovandosi pure degli insegnamenti loro tramandati dai Caldei, dai Fenici, dagli Egiziani, estesero mirabilmente la cerchia di tutte quelle scienze che spaziano pei campi dell'astrazione; crearono capilavori imperituri nelle discipline puramente razionali e furono maestri insuperabili in quei rami della matematica che hanno a fondamenti concetti di semplicità irreduttibile, come sono quelli di spazio, di tempo e di moto.

Talete, fondatore della scuola ionica ed Anassimandro suo successore, Pitagora che già insegnava, vuole la tradizione, alti teoremi sulla teoria dei numeri e divinava il duplice moto della terra, Aristotile le cui dottrine tennero per tanti secoli l'impero assoluto ed incontrastato nelle scuole, Euclide i cui mirabili *Elementi di geometria* sono ancora oggidì modello di chiarezza e di rigor di raziocinio, tutti questi e molti altri, che fiorirono nelle età posteriori, sono a buon diritto annoverati fra i massimi luminari del pensiero umano. Ma quale singolare contrasto fra la ricchissima messe falciata dagli antichi nei campi degli studi astratti ed i pochi, aridi, spesso malsani frutti dai medesimi raccolti nella ricerca delle leggi naturali! Per una lunga serie di secoli, la quale, facendo capo ai tempi anteriori all'èra volgare, si estende all'epoca della maggior potenza dell'impero romano, e poi giù giù, attraversa tutta l'età di mezzo e si prolunga per quella del rinascimento e non accenna ad arrestarsi se non verso il seicento, nulla, o quasi nulla, troviamo che prepari la costruzione salda, fondata su principii inoppugnabili, di un vero corpo di dottrine fisiche.

V. — Questa immensa lacuna nella esplicazione del progresso intellettuale umano è da ascriversi a cause molteplici, di cui noterò le principali.

E prima di tutto: nel periodo storico, ora indicato, quasi sempre l'osservazione dei fatti addimostrasi leggera e superficiale; essa si limita ai casi più appariscenti, cioè a quelli che più vivamente colpiscono i sensi e la fantasia. Inoltre, non vi si procede punto, con norme sistematiche, alla misura dei loro elementi quantitativi e poco si bada alle cause di errore che nel loro esame possono insinuarsi. Per questo motivo principalmente le dottrine aristoteliche intorno ai fenomeni naturali, se talvolta manifestano nel filosofo di Stagira l'investigatore acuto, diligente, paziente, più spesso veggonsi offuscate da opinioni chimeriche e trovansi esposte in un linguaggio dogmatico che la realtà delle cose non giustifica affatto.

Di questo cito un esempio solo. Vuole la scuola aristotelica che la caduta dei gravi sia moto accelerato, perchè l'aria esercita su di essi, continuamente, una pressione dall'alto verso il basso: asserzione questa che la più semplice osservazione dei fatti smentisce e che urta contro i concetti fondamentali della meccanica. Eppure, taluno di questi concetti scatta talvolta, come bagliore di una verità confusamente intravveduta, anche dalla mente degli antichi ricercatori. Però esso rimane vago e sterile. Così noi leggiamo in Lucrezio Caro che, se i corpi fossero nel vuoto, cadrebbero tutti egualmente veloci; ma quanti secoli non dovettero trascorrere prima che questo principio venisse posto in sodo dal sommo filosofo pisano!

Agli antichi ricercatori non fu quasi mai guida il metodo sperimentale, la cui importanza si riconobbe solo a partire dalla seconda metà del secolo decimosesto, quando cioè Francesco Bacone lo formulò in precetti generali e Galileo, applicandolo con sagacia meravigliosa, ne fece rifulgere gl'inestimabili vantaggi. Quindi il gran libro della natura, rimase per gli antichi pressochè indecifrabile ed alla mala sua interpretazione debbonsi appunto quelle aberrazioni funeste che per tanto tempo usurparono il nome ed il posto di dottrine scientifiche. L'abuso delle finzioni arbitrarie, puramente fantastiche, non sorrette dalla osservazione rigorosa dei fatti, sviò dal cammino del vero anche menti elevate e vaste: donde la creazione delle scienze occulte, i tentativi per la scoperta della pietra filosofale, i pretesi misteri dell'alchimia e dell'astrologia.

A render ragione della deplorevole lentezza con cui, nei secoli anteriori a questi ultimi, si andarono svolgendo gli studi naturali, bisogna pur tener conto della esiziale influenza esercitata spesso dal principio di autorità malamente inteso ed ingiustamente applicato. Qui alla nostra mente offresi il ricordo di tanti forti ingegni, i quali, anche in tempi dai nostri poco remoti, nella lotta contro secolari errori che il quasi universale consentimento aveva elevato alla dignità di dogmi indiscutibili, ebbero ad avversarii formidabili poteri autoritari inceppanti, anche talora colla violenza, la libera ricerca della verità. È notissimo che Galileo, colla sua invenzione del telescopio, potè spingere pel primo lo sguardo attraverso gli spazi celesti, così da scoprire le montagne della luna, le macchie solari, le fasi di Venere, i satelliti di Giove, gli anelli di Saturno. Ma queste scoperte contraddicevano al dogma peripatetico della perfezione ed immutabilità assoluta delle cose celesti ed al sistema tolemaico sulla immobilità della terra. Perciò esse vennero acremente combattute e negate, rifiutandosi gli oppositori persino a porre l'occhio al cannocchiale per giudicare della loro realtà. Il monaco Scheiner, uno dei nemici, in ultimo poi convertito, di Galileo, avendo comunicato al superiore del suo sodalizio la scoperta delle macchie del sole, ricevette da quel dotto Padre una severa ammonizione per tali eretiche novità, con questa conclusione: Ho ricercato in Aristotile e nulla v'ho trovato di tutto questo che voi affermate; siate quindi sicuro che qui vi ha inganno dei vostri sensi e dei vostri vetri (1).

VI. — Le ipotesi immaginate a scopo di ricerca scientifica non sempre rappresentano la genuina realtà delle cose. Malgrado ciò, esse possono rendere validi servigi allo investigatore, se questi se ne giova come dice Bacone, così come il viandante servesi di un bastone per ta-

---

(1) V. Regnault, *Exceptions à la loi de Mariotte sur les gas.* Bibliothèque universelle de Genève; Archives des sciences physiques et naturelles (1846). *Sur la loi de la compressibilité des fluides élastiques.* Comptes-Rendus de l'Académie des sciences, Paris (1846).

(2) P. A. Siljeström, *Vorläufige Versuche zur Ermittlung des Verhältnisse zwischen den Dichtigheits-und Elasticitäts-Veränderungen der Gase bei Druchen unterhalbs einer Atmosphäre.* Annalen der Physik und Chemie von Poggendorff. Bd. CLI, 1874.

(3) D. Mendelejeff, *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft,* Band VII.

(4) E. H. Amagat, *Recherches sur l'élasticité de l'air sous de faibles pressions.* Comptes-Rendus de l'Académie des sciences. Paris, 1876.

(5) Van der Waals, *Over de Continuiteit van den Gas an Vloeistofftostand.* Academisch Proefschrift, Leiden, 1873.

(6) J. Tyndall, *Essays on the use and limit of the imagination in science.* London, 1870.

(1) Vedi Powell (Baden). *A historical view of the progress of the physical and mathematical sciences, from the earliest ages to the present times.* London, 1837.

stare nella piena oscurità della notte un suolo non ancora praticato, ma è pronto ad abbandonare questo provvisorio aiuto quando splenda la luce meridiana.

È ufficio diretto di una ipotesi scientifica il riunire insieme i fatti numerosi e svariati di una data classe, per modo che si possa da noi contemplarli da un punto di vista comprensivo, che chiare ci appariscano le analogie e le relazioni che li collegano, che abbiano infine una guida per giungere allo scoprimento di fatti nuovi, segnalati come conseguenza necessaria di altri già conosciuti.

Non v'ha ramo di dottrine fisiche che non porga esempi manifesti di questo prezioso mezzo di indagine che è l'ipotesi nella scienza. Ne ricorderò uno solo che riguarda la teoria meccanica della luce. Immaginata una sostanza fluida, imponderabile, esilissima, riempiente lo spazio infinito, nella quale nuotino e della quale s'impregnino tutti i corpi dell'universo, è possibile attribuire alle particelle di essa tali proprietà, che tutti i fenomeni luminosi si spieghino, anche nei loro più minuti particolari, come dovuti a movimenti oscillatorii rapidissimi, animanti le particelle stesse. E non solo questo concetto fondamentale dà ragione di tutto quanto riceve dall'esperienza il suggello di rigorosa conferma, ma svela la possibile esistenza di fenomeni nuovi, e di questi stabilisce *a priori* le condizioni determinanti e le leggi quantitative. Così dallo studio geometrico della superficie d'onda propagantesi entro certi cristalli, Guglielmo Hamilton (1) dedusse il fatto, non ancora noto, della rifrazione conica; fatto che in appresso Onofrio Lloyd (2) con isquisiti sperimenti verificò e riconobbe essere precisamente governato dalle leggi che la teoria aveva preannunziate.

Egli è chiaro che, quando una ipotesi è così felicemente ideata da condurci alla scoperta di fatti non mai visti e neppur sospettati, essa, se pur non è la verità, acquista, per così dire, il diritto di tenerne, almeno provvisoriamente, le veci. Dico provvisoriamente, poichè può certo accadere che nuovi studi e più profondi esami ne palesino in seguito la insufficienza relativa ed impongano la necessità di modificarla o di ripudiarla (3). La stessa ipotesi meccanica sulla natura dell'agente luminoso, che pure fu preziosissimo sussidio per la creazione delle teorie ottiche, è oramai destinata a cadere. Ed invero, essa si manifesta impotente a dar ragione dei nessi strettissimi fra l'elettricità e la luce che gli studi recenti hanno svelati e per cui, senza tema di errare, possiamo oggidì ritenere non essere l'agente luminoso cosa diversa da quella che è sede e veicolo delle azioni elettriche e magnetiche. Basti ricordar di volo i seguenti fatti fondamentali. L'unità elettromagnetica per la quantità di elettricità sta alla loro unità elettrostatica in un rapporto che numericamente coincide colla velocità di propagazione della luce. L'indice di rifrazione ottica coincide per quasi tutti i mezzi colla radice quadrata del loro potere induttore specifico. Una sostanza, per sè inattiva sulla luce polarizzata, acquista, se collocata in un campo magnetico, la proprietà di spostare il piano di polarizzazione della luce che l'attraversa. Le radiazioni più rifrangibili dello spettro luminoso modificano singolarmente, come dimostrarono le esperienze del professore Augusto Righi (1), lo stato elettrico dei corpi che ne sono colpiti. Un dielettrico solido o liquido, che nelle condizioni normali è monorifrangente, manifesta invece tutti i fenomeni della birifrangenza, quando si trova esposto in un campo elettrico conveniente. Ma la necessità di ammettere uno stesso ed unico mezzo, le cui vibrazioni propaghino così l'energia calorifica e luminosa, come l'energia elettromagnetica, sorge più chiara dalle mirabili esperienze eseguite in questi ultimi anni da Enrico Hertz della Università di Bonn (2). È noto che i fenomeni delle interferenze luminose ci danno modo di determinare, per ogni luce semplice, la lunghezza d'onda e per conseguenza la durata delle vibrazioni. Or bene, Hertz dimostrò che lo stesso problema si presenta, e si può risolvere, per la trasmissione delle azioni elettromagnetiche. Egli riuscì a provare, direttamente, col fatto, che queste ultime azioni si propagano nello spazio colle stesse leggi e colla stessa velocità che si hanno per le radiazioni calorifiche e luminose; altra diversità importante fra le une e le altre non esistendo, se non questa, che le oscillazioni costituenti le prime, quantunque rapidissime, sono tuttavia assai più lente di quelle in cui consistono la luce ed il calore raggiante. Perciò le nostre presenti cognizioni sulla natura del calore, della luce, del magnetismo e della elettricità esigono da noi la formazione di una conveniente ipotesi intorno alla struttura dell'etere universale; ipotesi tale da permetterci di far scaturire dalle proprietà a questo attribuite la spiegazione delle leggi governanti tutte le forme di energia fisica e la ragione necessaria dei loro mutui legami. Questo alto problema affrontò specialmente Giacomo Clerk Maxwell (3), partendo da certi concetti che erano già stati, poco più di un mezzo secolo

(1) W. R. Hamilton, *On some quaternian equations connected with Fresnel's wave-surface for biaxal crystals.* Proceedings of the Royal Irish Academy, 1858.

(2) H. Lloyd, *Über die Erscheinungen beim Durchgange des Lichts durch zweiaxige Krystalle längs deren Axen. Fernere Versuche über die Erscheinungen beim Durchgange des Lichts durch zweiaxige Krystalle längs deren Axen.* Annalen der Physik und Chemie, Band XXVIII.

(3) Sull'uso dell'ipotesi, come mezzo di ricerca scientifica, I. Lambert nella sua *Fotometria* scrive: *Maxima erit certitudo, cum legem quamdam ita cum singulis phaenomenis congruere videmus, ut, quousque extenduntur experimenta, nullis tamen eorum contradicat, cum omnibus cohaereat optime.* E Newton nella sua *Ottica* dice pure: *Quod si, ex phaenomenis, nihil quod contra opponi possit, exoriatur, conclusio inferri poterit universalis. Et si quando, in experiendo, postea reperietur aliquid quod a parte contraria faciet, tum demum non sine istis exceptionibus affirmetur conclusio oportebit.*

Può avvenire che alla interpretazione di una certa classe di fenomeni si possano prestare più ipotesi, le quali, a prima vista, presentano un egual grado di verosimiglianza. In tal caso, per procedere alla scelta della ipotesi preferibile, conviene lasciar in disparte tutti i fenomeni spiegabili indifferentemente colla scorta di ognuna di esse e cercare se non sia possibile far esperimenti di tal natura da dar risultati accordantisi solo con una delle medesime, palesandosi invece in opposizione delle altre. Di tal sorta di prove, chiamate da Bacone *instantiae crucis*, la storia delle ricerche fisiche registra un numero grandissimo. Qui mi restringo a citare due esempi importanti.

1° È notevolissimo che, prima che la pressione atmosferica fosse scoperta, la salita di un liquido entro un tubo vuoto d'aria attribuivasi ad un certo aborrimento dal vuoto che si voleva proprio della natura. Questa ipotesi, se pure così la si vuol chiamare, incominciò a dimostrare la sua insufficienza dopochè si vide che l'acqua non può innalzarsi, per succhiamento operato da una tromba, oltre i dieci metri e che nella classica esperienza del tubo torricelliano il mercurio sta sollevato per circa tre quarti di metro e non più. Qui alla mente sagace di Biagio Pascal soccorse l'idea di un vero *esperimento di croce*; egli pensò di osservare il modo di comportarsi di un tubo torricelliano, quando si porta da una bassa pianura fino alla vetta di un monte; la depressione nel livello del mercurio che in questa operazione notossi, inesplicabile colla congettura dell'orrore naturale del vuoto, costituì una conferma inoppugnabile del principio della pressione dell'aria.

2° Sulla natura dell'agente luminoso regnava ancora nel secolo decimosettimo, pressochè incontrastata, l'ipotesi detta dell'emissione, che faceva della luce una materia fluida speciale di cui i corpi luminosi sarebbero impregnati e che questi avrebbero la virtù di lanciare tutto intorno di sè continuamente. L'imponente autorità di Newton e la sua teoria degli *accessi* sui fenomeni degli anelli colorati, che così ingegnosamente s'accordava colla ipotesi stessa, non potevano non favorire con grande efficacia il suo accoglimento. Per altra parte, Cristiano Huyghens, mediante sottili ricerche teoriche e sperimentali sui fenomeni di doppia rifrazione e di polarizzazione, poneva in evidenza il vantaggio che trar si poteva, nella ricerca delle leggi ottiche, dall'impiego dell'ipotesi delle ondulazioni, che considera la luce come moto vibratorio dell'etere. A lungo durò la contesa scientifica, riportando a volta a volta trionfi e sconfitte i sostenitori dell'uno e dell'altro sistema. Solo verso il quarto lustro del nostro secolo i mirabili lavori di Agostino Fresnel fecero pendere incontestabilmente la bilancia in favore della ipotesi delle ondulazioni. Tuttavia non si potrebbe dire che, fin d'allora, l'esperienza fosse intervenuta a pronunciare il suo inappellabile verdetto; ciò avvenne solo nel 1840, quando Leone Foucault riuscì a misurare direttamente la velocità della luce, non solo nel vuoto e nell'aria, ma anche in mezzi più rifrangenti, come sarebbe l'acqua. Egli pose in sodo questo fatto sperimentale, che tale velocità è tanto minore, quanto maggiore è la rifrangenza del mezzo dalla luce attraversato. Ora è da avvertire che, tanto l'ipotesi della emissione, come quella delle ondulazioni, rendono ben conto della nota legge che regge il fenomeno della rifrazione; ma con questa diversità essenziale, che la prima esige che la velocità della luce aumenti di valore, la seconda che essa diminuisca, nel passaggio da un mezzo *meno* ad uno *più* rifrangente. Dunque *l'esperimento di croce* che risulta dalle ricerche di Foucault condanna irremissibilmente il sistema newtoniano, dichiarando accettabile l'altro.

(1) A. Righi, *Sui fenomeni elettrici provocati dalle radiazioni.* Nuovo Cimento, 1888 e 1889; Rendiconto della R. Accademia dei Lincei, vol. IV, serie 4ª.

(2) H. Hertz, *Untersuchungen über die Ausbreitung der elektrischen Kraft.* Leipzig, 1892.

(3) J. Clerk Maxwell, *A treatise on electricity and magnetism.* vol. II. Oxford, 1881.

È da notarsi che la teoria elettromagnetica della luce, fondata sui postulati che Maxwell assunse come capisaldi delle sue investigazioni razionali, non peranco raggiunse quel grado di maturità completa che abbiamo ragione di ripromettercì in un prossimo avvenire. Però già fin d'ora essa stabilisce in modo rigoroso, indipendentemente da ogni nozione fisicamente concreta sul veicolo elettro-luminifero, le equazioni fondamentali a cui debbono soddisfare le condizioni delle particelle di un mezzo ideale, affinchè ne risulti la genesi di tutti i fenomeni elettrici, magnetici e luminosi.

fa, adombrati da Belli e da Faraday (1) sulle così dette linee di forza, sullo stato di tensione lungo queste linee e di pressione nel senso loro trasversale; stato che deve esistere in seno al mezzo trasmettitore delle azioni elettromagnetiche.

VII. — Quando la ricerca delle leggi naturali assume un carattere di generalità così elevato, come avviene nel caso di cui ora si è detto, essa reclama il concorso dei potenti mezzi di ragionamento che la sola analisi matematica può fornire. Per questa ragione lo studio delle dottrine fisiche non si può scindere da quello delle matematiche. Queste ultime non attingono l'alta loro importanza soltanto dalle verità d'ordine astratto che riescono a scoprire, ma costituiscono anche uno strumento d'investigazione, spesso indispensabile, nel campo reale delle scienze d'osservazione e d'esperienza. Ciò spiega come il culto delle discipline geometriche si vada diffondendo ognor più in tutti i paesi civili e come da ogni loro progresso la umanità si allieti per l'incremento che ne ridonda al suo tesoro intellettuale.

Le arti e le industrie stesse riconoscono nella scienza pura la sorgente di efficaci sussidii. Accade spesso che da studi d'indole teorica, iniziati per iscopo puramente scientifico, balzino fuori applicazioni di utilità pratica, improvvise, inaspettate. Cito un solo esempio. Si concepisca un punto materiale animato contemporaneamente da due moti vibratori di uguale ampiezza e frequenza, rettilinei ed ortogonali. Se la differenza delle loro fasi vale il quarto della loro durata di vibrazione, è facile dimostrare che dalla loro coesistenza nasce un movimento circolare. Si tratta qui d'un semplice principio di meccanica razionale; or bene, da esso appunto prese le mosse, alcuni anni or sono, il nostro Galileo Ferraris (2) per giungere alla scoperta del suo *campo elettromagnetico girante*. Tale scoperta, astraendo pure dall'importanza sua scientifica, è feconda di notevoli applicazioni di carattere industriale fra cui la soluzione pratica del problema della trasmissione della forza a distanza per mezzo di correnti elettriche alternative.

Fra la scienza pura da una parte e le arti industriali dall'altra passano relazioni di utile reciprocanza. Le ultime, debitrici alla prima di tanti servigi, diventano alla loro volta sue alleate preziose, fornendola di nuovi e mirabili mezzi di studio. Si pensi alla moltitudine di apparecchi di precisione di cui sono ricchi gli odierni laboratori del fisico, del chimico, del fisiologo! Strumenti per la misura esatta dello spazio e del tempo, bilance squisitissime, microscopi e cannocchiali che aumentano a migliaia di volte la potenza visiva, motori comodi e regolari, materiali d'ogni genere e prodotti chimici, una volta rarissimi, ora comuni ed economici, sono come tanti doni che l'arte e l'industria porgono alla scienza, quasi per ringraziarla della sua fecondità, a cui esse debbono i loro perfezionamenti.

Del felice connubio della scienza coi frutti pratici dei suoi corollari ci porgono anche uno splendido esempio le recentissime applicazioni della fotografia allo studio del cielo. Pochi anni or sono, i fratelli Paolo e Prospero Henry, ottici di Parigi (3), inaugurarono, con procedimenti di loro invenzione, un'êra novella per l'astronomia stellare, dimostrando la possibilità di compiere facilmente, in poco tempo e colla cooperazione di pochi osservatori, che a questo fine ora sono già allestiti, la carta completa della vôlta celeste. Questa carta segnerà non solo le posizioni relative dei cinque o sei mila astri visibili ad occhio nudo, ma anche quelle dei milioni di stelle percettibili soltanto per mezzo degli strumenti più poderosi e, cosa mirabile, svelerà l'esistenza di innumerevoli altri corpi che l'occhio umano direttamente non iscorge e non scorgerà mai. Qual ricca messe di scoperte riserba l'avvenire agli astronomi che potranno confrontare questa nostra carta con quelle che nei secoli venturi essi andranno man mano ricostituendo! Già fin d'ora numerosi mutamenti nella posizione e nella grandezza degli astri sonosi segnalati e, pochi mesi fa, ben quattordici nuovi pianeti furono scoperti nelle costellazioni della Vergine e del Leone dagli Osservatori di Heidelberg e di Nizza.

VIII. — Al vicendevole appoggio che si prestano tutte le forme di esplicazione dell'attività umana è dovuto il glorioso serto di conquiste intellettuali e materiali, che formano il vanto precipuo dell'epoca nostra. Là dove la scienza ha culto più vivo e diffuso, havvi maggior potenza e prosperità; havvi ad un tempo moralità più alta e virtù più sincera. Ogni grande scoperta scientifica apre un nuovo orizzonte al progresso civile dei popoli: all'opposto, come la storia insegna, non può un paese sostare lungamente sulla via che conduce all'acquisto di nuovi veri senza che sia trascinato ad un passo retrogrado pel suo miglioramento materiale e morale.

Or sono appunto cinque anni, in questa stessa ricorrenza solenne, da questa cattedra, il nostro Rettore pronunziava le seguenti parole:

« La scienza si fa ogni di più tutrice e moderatrice della vita; la storia avvenire sarà la storia del suo trionfo e delle sue opere. Chi non la conosce da presso, chi non la vede, per dir così, se non nei grandi trovati e nelle grandi applicazioni, non immagina qual sia la sua forza di penetrazione e di trasformazione; non sospetta fino a qual punto essa abbia impregnato l'organismo sociale e come ne vada poco a poco modificando e correggendo le svariate e delicate funzioni. Essa si dilata e spazia, così nel pensiero come nell'azione; tutta ideale e disinteressata nella indagine, tutta pratica e profittevole nell'applicazione » (1). Queste parole ripeto ora a voi, giovani studiosi del nostro Ateneo, e me ne giovo io pure, affinchè da esse ritragga autorità ed efficacia maggiore il consiglio che sto per rivolgervi, ponendo termine al mio dire. Quando, raccolto il frutto dei vostri studi, lascierete queste aule per consacrarvi all'esercizio delle professioni liberali e per prestare l'opera vostra nei pubblici uffici, a moltissimi di voi non sarà più dato, nello adempimento degli obblighi quotidiani, di respirare a larghi sorsi l'aura calma e vivificante del tempio, dove ha culto e tributo di onoranze una sola Dea, la scienza. Tuttavia, io vi prego, per quell'affetto che muove noi insegnanti nell'avviarvi verso la meta cui mirate, di non disertare mai del tutto gli studi di pura scienza; anzi, v'invito a ritornare ad essi sovente per ritemprar le forze esauste dalle inevitabili traversie della vita, per gustare le gioie purissime, che solo derivano dal retto apprendimento e dalla onesta ricerca del vero.

(1) BELLI, *Corso di fisica sperimentale*, vol. III. Vedi anche MOSSOTTI, *Atti della Società italiana di scienze*, tomo ventesimoquarto.
FARADAY, *Elfte Reihe von Experimental Untersuchungen über Elektricität.* — Annalen der Physik und Chemie, Band XLVI, 1839.

(2) G. FERRARIS, *Rotazioni elettrodinamiche prodotte per mezzo di correnti alternate.* Atti della R. Accademia delle Scienze di Torino; vol. XXIII, 1888.
La stessa proposizione di meccanica a cui qui si allude serve a spiegare in tutt'altro ordine di fatti fisici, come la sovrapposizione di due raggi luminosi, polarizzati rettilineamente ad angolo retto, possa, in certi casi, dar luogo ad un solo raggio polarizzato circolarmente.

(3) Vedasi per es.: *La Photographie astronomique à l'Observatoire de Paris et la Carte du Ciel;* par M. le contre-amiral E. MOUCHEZ directeur de l'Observatoire. Annuaire du Bureau des Longitudes par l'an 1887.

(1) *La crisi letteraria.* Discorso letto il giorno 3 novembre 1888 in occasione della solenne apertura degli studi nella R. Università di Torino dal prof. ARTURO GRAF.

BIBLIOGRAFIA

Nuova disposizione di blocco automatico ferroviario, *per l'ing.* VITTORIO KÖLBEL. — Op in-8° di pag. 12 con figure nel testo. Estratto dal giornale *L'Industria.* — Milano, 1893.

L'inventore si propone di evitare col suo sistema tanto l'urto dei treni che corrono in senso opposto sulla medesima linea, quanto quello dei treni che si seguono. E siccome l'autore rileva il pericolo e le difficoltà che si incontrano nel limitare i segnali di sicurezza sulle ferrovie ai soli ottici, perchè facilmente possono passare inosservati dal personale di macchina, così propone di far i segnali esclusivamente acustici, ma posti sulla locomotiva, acciò il rumore debba essere assolutamente osservato dal macchinista o dal fuochista anche se fossero occupati in una delle tante mansioni che da essi si richiedono.

Per ovviare a questi inconvenienti l'autore propone un sistema di stazioni di contatto disposte lungo la linea e percorse da correnti mandate da una delle stazioni del tratto di linea protetto. Con un sistema di contatti che si hanno sulla locomotiva, si può, o non, far passare la corrente nell'apparecchio elettrico a percussione per i petardi, a seconda che si vuole che tale apparecchio funzioni o non. Così, se fra due stazioni A e B è già mandato un treno, occorrendo che per isbaglio se ne mandi un secondo avanti che il primo abbia abbandonato la sezione, il secondo treno passerà dinanzi ad uno dei posti elettrici, farà scattare il percussore dei petardi, e così il macchinista è avvisato che deve fermarsi. Eguale avviso riceve contemporaneamente il treno che si trovasse sulla linea, ma in direzione opposta a quella che ha il primo.

Non possiamo a meno di riconoscere che l'idea dell'inventore è buona, come quella di non pochi che in questi ultimi tempi si torturarono il cervello per trovare un sistema sicuro ed automatico di segnali di sicurezza per le strade ferrate. Però riteniamo la soluzione tutt'altro che semplice, e punto sicura, fondandosi su di un contatto che agisce per un tempo brevissimo ed in condizioni tali da non esser mai certi che si verifichi, sia per la variabile lunghezza della locomotiva, sia per le oscillazioni laterali che essa può avere, sia perchè le superficie di contatto possono essere sporche e tali da non permettere il passaggio della corrente, anche se il materiale contatto avvenga.

E poi è esclusa in questo sistema la possibilità di errori o di dimenticanze da parte del personale?

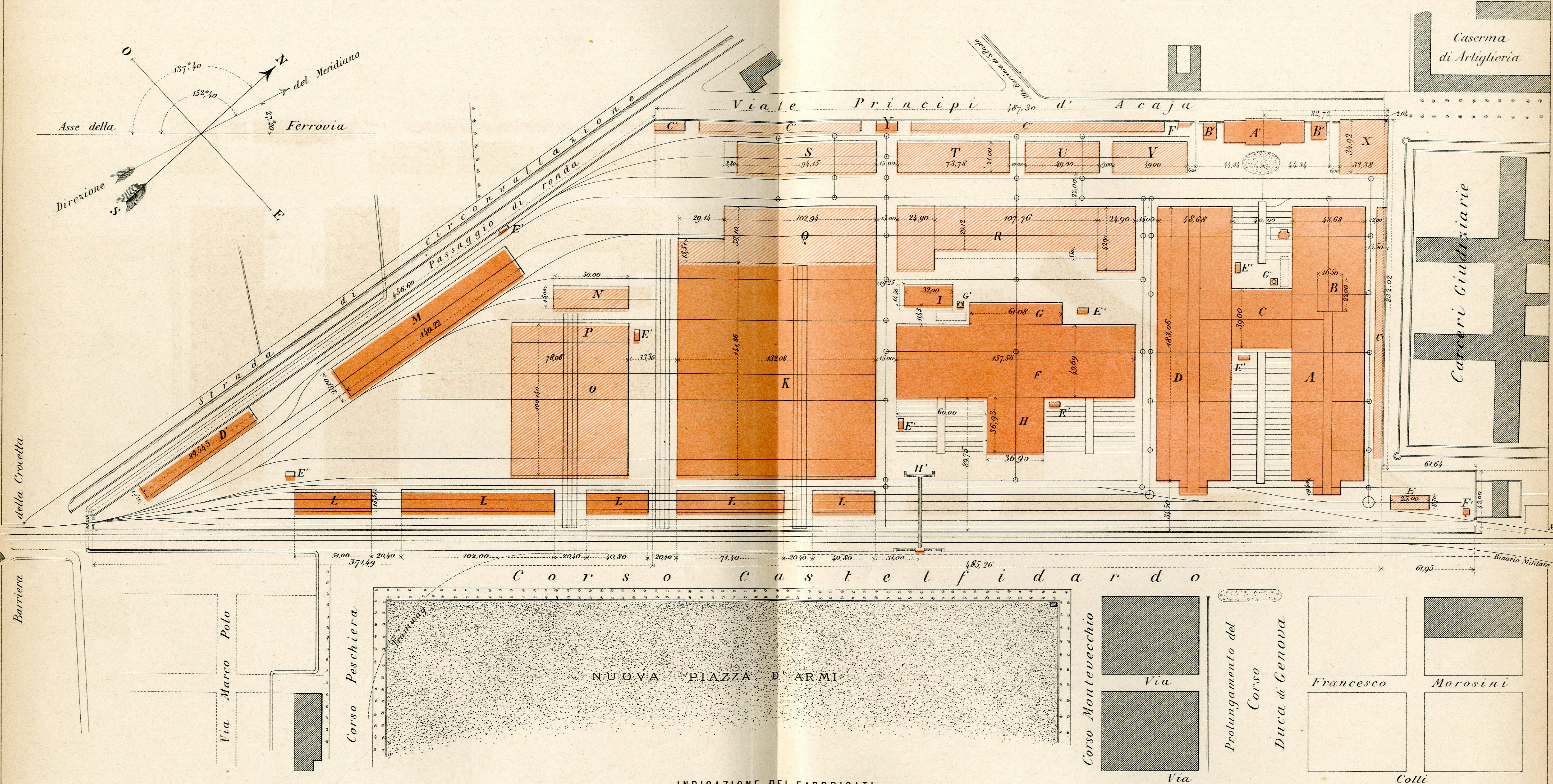
La questione dei segnali è assai grave; ma non bisogna complicarla con disposizioni che invece di avvicinare alla soluzione, la rendono più incerta.

E fra gli Ingegneri delle ferrovie che si occupano di segnali, corre la massima che, fino a quando non si trovi il sistema per obbligare il personale a rispettare i segnali, qualunque sistema darà luogo sempre alle incertezze per quanto concerne la completa sicurezza che dai segnali si può aspettare.

RR.

SACHERI GIOVANNI, *Direttore.* Tip. e Lit. CAMILLA E BERTOLERO, Editori. L. F. CAMILLA, *Gerente.*

Planimetria generale. — Scala di 1 a 2500.



INDICAZIONE DEI FABBRICATI.

Nota – Le aree segnate con tinta rossa sono fabbricate; quelle tratteggiate in rosso sono da fabbricarsi.

- A Fabbricato calderai.
- B Chiodatrice idraulica.
- C Dipendenze officina calderai.
- D Fabbricato montaggio locomotive.
- E Pesa locomotive.
- F Torneria generale.
- G Annessi torneria.
- H Riparto ruote.
- I Fabbricato caldaie pei motori della torneria.
- K Grande sala per montatura veicoli.
- L Tettoie per piccole riparazioni veicoli.
- M Magazzino legnami.
- N Annesso al magazzino legnami.
- O-P Sala verniciatori e tappezzieri.
- Q Fabbricato segheria e falegnami.
- R Fucine, forni e magli.
- S Magazzino generale.
- T Annesso al magazzino.
- U Fonderia bronzi e sala prova materiali.
- V Deposito modelli e refettorio.
- X Sala lavorazione tubi rame.
- Y Fabbricato serbatoi d'acqua e bagni.
- A' Palazzina di Direzione.
- B' Casotti d'ingresso e portieria.
- C' Tettoie per deposito materiali.
- D' Tettoia materiali fuori d'uso.
- E' Cessi.
- F' Casotti.
- G' Camini.
- H' Passerella d'accesso dalla Piazza d'armi

Tip-Lit. Camilla e Bertolero, editori – Torino

NUOVE OFFICINE FERROVIARIE DI TORINO (Tav. I)

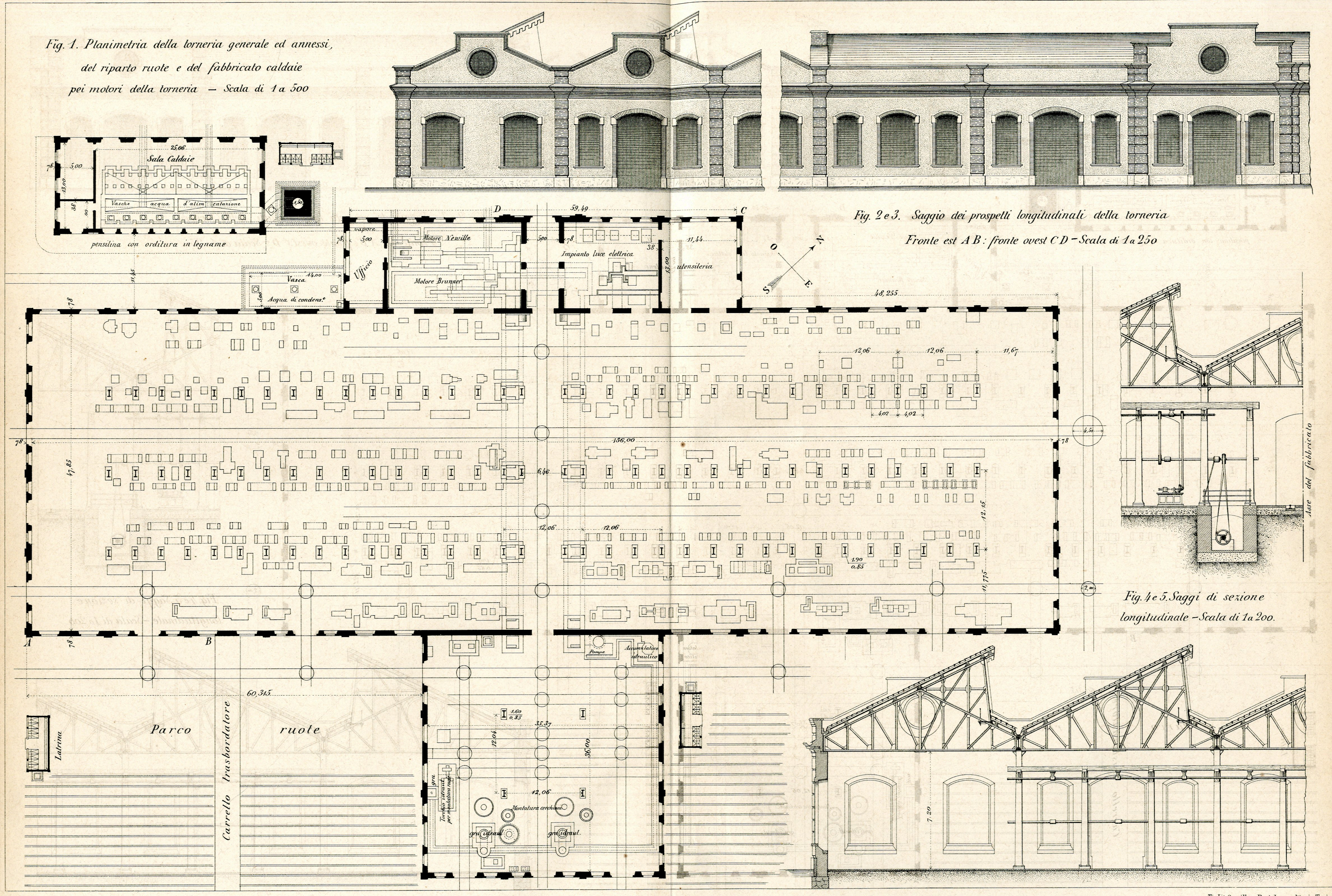


Fig. 1. Planimetria della torneria generale ed annessi, del riparto ruote e del fabbricato caldaie pei motori della torneria – Scala di 1 a 500

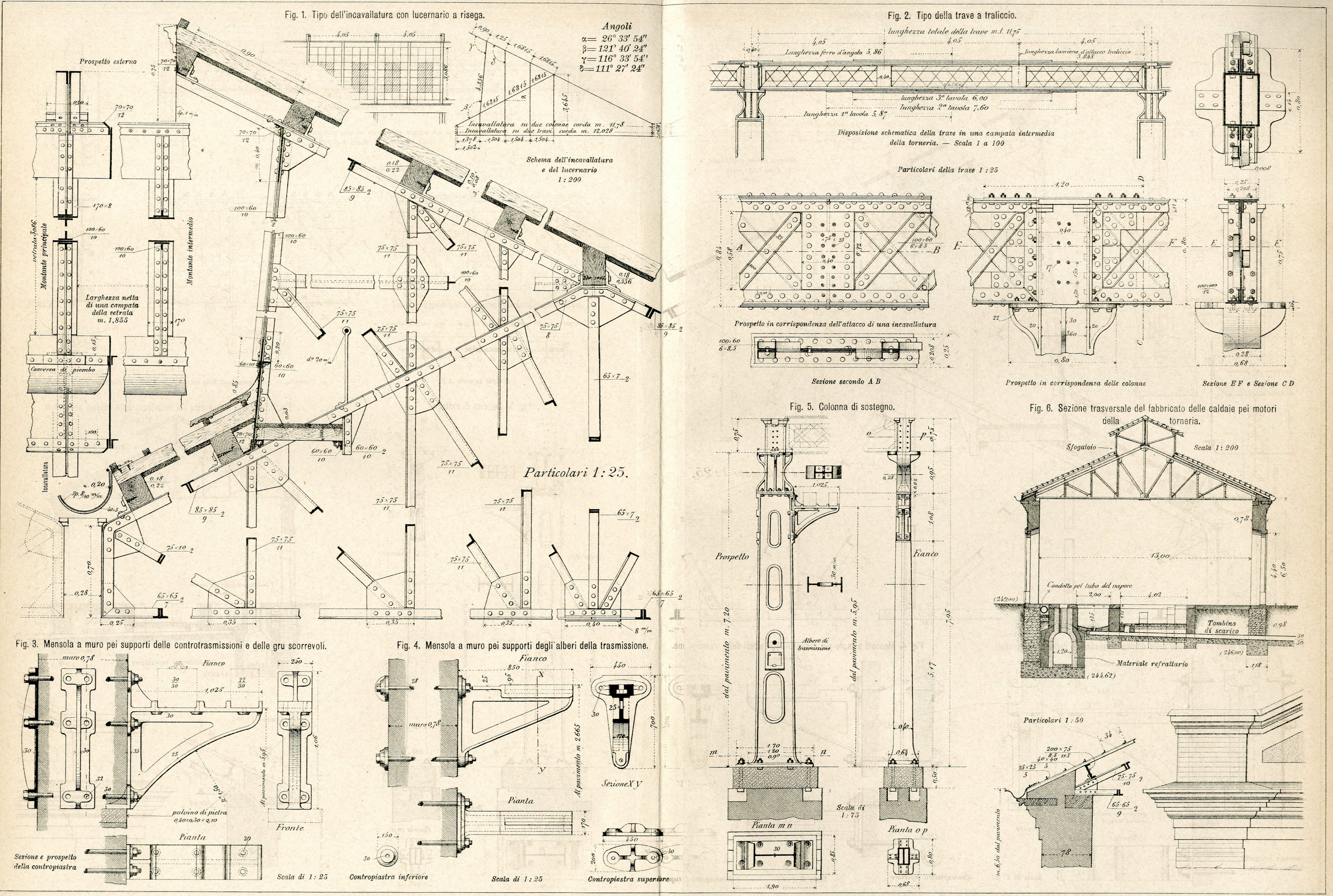
Fig. 2 e 3. Saggio dei prospetti longitudinali della torneria Fronte est A B: fronte ovest C D – Scala di 1 a 250

Fig. 4 e 5. Saggi di sezione longitudinale – Scala di 1 a 200.

Tip.-Lit. Camilla e Bertolero, editori - Torino

NUOVE OFFICINE FERROVIARIE DI TORINO (Tav. III).

Torneria generale e dipendenze.



Tip-Lit. Camilla e Bertolero, editori - Torino

NUOVE OFFICINE FERROVIARIE DI TORINO (Tav. IV).

Torneria generale – Particolari di costruzione.