

L'INGEGNERIA CIVILE

E

LE ARTI INDUSTRIALI

PERIODICO TECNICO MENSILE

Si discorre nel Giornale di tutte le opere e degli opuscoli spediti franchi alla Direzione dai loro Autori od Editori.

GEOMETRIA PRATICA

SULL'ESATTEZZA DELLE MISURAZIONI DI LUNGHEZZE
FATTE CON ASTE METRICHE,
NASTRO D'ACCIAIO, CATENA E COMPASSO AGRIMENSORIO
di FRANCESCO LORBER

PROFESSORE NELLA I. R. ACCADEMIA MONTANISTICA DI LEOBEN

(Continuazione, vedi pag. 84 e seg.).

9. Il primo lavoro pubblicato sull'esattezza delle misurazioni di lunghezze è quello di Gerling (1). Egli fece uso di aste metriche lunghe 2 Ruthen, di catene della lunghezza di 2, 3 e 5 Ruthen, e dedusse da ogni gruppo di 50 misurazioni fatte su ciascun strumento che le misurazioni colle aste metriche sono più esatte di quelle fatte colla catena; inoltre egli dice essere erroneo supporre che l'error medio sia proporzionale alla lunghezza e per ultimo dimostra che l'esattezza in generale diminuisce quando si adopera una catena più lunga.

Vorländer (2) dedusse da 986 misurazioni doppie prese da un pratico lavoro, che per le misurazioni colla catena non sarebbe applicabile la legge teoretica; doversi invece in questo caso far uso della ipotesi II.

Le misurazioni fatte da Gerling, furono sottoposte a calcolo da Winckler (3) il quale concluse che per le misurazioni colla catena la ipotesi I ha pieno valore, e che una catena della lunghezza di 4,447 Ruthen (circa 18 metri) è la più adatta per gli usi pratici.

Börsch (4) sottoponendo a calcolo 1095 misurazioni doppie fatte colle aste metriche, trovò che l'aumento dell'errore medio è proporzionale alla radice quadrata della lunghezza.

Franke (5) dedusse da 90 misurazioni fatte con differenti catene (5^m, 10^m, 20^m), su linee di 300^m, 200^m e 100^m di lunghezza, ed inoltre da 250 misurazioni doppie prese dalla pratica fatte con catena da 5 Ruthen (=20^m), non esser valevole per catene lunghe 20^m la legge teoretica, bensì la ipotesi II; essere gli errori maggiori quando si usano catene più corte, e per catene più corte la legge teoretica essere più probabile che l'ipotesi II.

Jordan (6) sottomise i lavori ora accennati ad un nuovo calcolo, e fece uso dell'ipotesi I per determinare i valori numerici di μ per le misurazioni con aste metriche e colla catena; e per riguardo alle aste si attenne ancora a 86 misurazioni doppie e 17 triple fatte con aste metriche, per le quali trovò essere valevole la ipotesi I.

Dopo questa pubblicazione cominciò una discussione (1) abbastanza viva alla quale presero parte Franke, Vorländer e Jordan.

Börsch (2) dedusse da 50 delle già accennate misurazioni di Gerling, esser valida per gli errori medii l'ipotesi I e per gli errori regolari l'ipotesi II.

Schoder (3) basandosi sull'ipotesi I, appoggiato a 132 misurazioni fatte con aste metriche ed a 72 altre fatte con nastro d'acciaio, venne a concludere che queste misurazioni pienamente dimostrano la validità dell'ipotesi I.

Wastler (4) sottopose a calcolo 845 doppie misurazioni fatte colla catena, quindi in tutto 1690, e trovò per le misurazioni colla catena esser valevole la legge teoretica.

Inoltre in occasione della Assemblea generale della Società dei geometri tedeschi tenuta a Norimberga (5) il 4 agosto 1873, furono fatte alcune misurazioni con aste metriche, nastro d'acciaio, catena e compasso agrimensorio, dalle quali però non si dedussero che risultati generali.

Queste misurazioni diedero motivo a Vorländer (6) di dimostrare, le misurazioni colla catena essere più esatte di quelle fatte colle aste metriche.

10. Dall'elenco testè riferito dei lavori finora pubblicati su questa questione (il quale del resto non deve credersi ancora del tutto completo), si vede che per lo più furono fatte oggetto di ricerche le misurazioni colle aste metriche (senza cordicella tesa), e quelle colla catena; e che ebbero poi soltanto di mira il loro error medio, e che inoltre rispetto alla legge sulle variazioni degli errori regolari non venne pubblicato che un solo lavoro, ed anche questo riguardante soltanto le misurazioni colla catena e basato su soli 50 risultati.

Senza voler entrare ora in discussione sui risultati trovati dai differenti autori, crediamo però necessario, partendo da un punto di vista affatto generale, di far alcune osservazioni sui lavori già eseguiti e sul presente lavoro.

Mentre da alcuni si considera come scopo principale la determinazione della legge alla quale le variazioni degli errori dei risultati vanno soggette, vogliono altri avere dei valori numerici coi quali si possano calcolare gli errori in pratiche misurazioni fatte sotto differenti circostanze e con strumenti diversi. In seguito a ciò gli uni riguardano soltanto come adoperabili quelle misurazioni le quali vengono fatte con estrema cura e son chiamate misurazioni di ricerca, e gli altri invece ritengono che s'abbia da tener conto soltanto delle misurazioni prese dalla vita pratica, per poter da esse ottenere quei valori numerici che debbon servir di base alla determinazione dell'esattezza delle misurazioni.

Egli è certo che se una delle due ipotesi fosse ormai generalmente adottata, ogni successivo lavoro non avrebbe altro scopo che quello di determinare per i diversi strumenti misuratori e per differenti circostanze i rispettivi va-

(1) *Archiv für Mathematik und Physik*, di GRUNERT, parte 6^a, 1843.

(2) *Zeitschrift für Mathematik und Physik*, di SCHLÖMILCH, 1^o anno, 1856.

(3) *Zeitschrift für Mathematik und Physik*, di SCHLÖMILCH, 6^o anno, 1861.

(4) *Zeitschrift für Mathematik und Physik*, di SCHLÖMILCH, 8^o anno, 1863.

(5) FRANKE, *Dreiecksnetze 4. Ordnung*, Monaco, 1871.

(6) *Zeitschrift für Vermessungswesen*, 1^o vol., 1872.

(1) *Zeitschrift für Vermessungswesen*, 1^o vol., 1872.

(2) Id. id. id., 2^o vol., 1873.

(3) Id. id. id., 2^o vol., 1873.

(4) *Zeitschrift des österr. Ingenieur und Architekten-Vereins*, 1876, II fascicolo.

(5) *Zeitschrift für Vermessungswesen*, 2^o vol., 1873.

(6) Id. id. id., 3^o vol., 1874.

lori numerici, ma d'altronde è assai da porsi in dubbio se fosse permesso adoperare alcune misurazioni tolte dalla pratica nelle quali, come qualcuno stesso confessa, spesso non si può prestare la necessaria cura ed attenzione, nelle quali le due misurazioni consecutive (in misurazioni doppie) vengono fatte da differenti persone e persino anche la stessa misurazione spesso vien fatta da persone diverse, e nelle quali infine misurando una stessa lunghezza di circa 200 o 300^m si commettono errori di quasi 1 metro, per determinare l'error medio dell'unità di misura.

Anzitutto era desiderabile di avere dati riguardanti non solo i due strumenti di misura più usati, ma anche altri strumenti non meno importanti e spesso adoperati oppure finora negletti, e di determinare la legge che regola le variazioni dei loro medii errori, era inoltre certamente interessante di poter dire qualche cosa sugli errori regolari.

Per queste ragioni abbiamo fatte delle misurazioni:

- a) Con aste metriche lungo la cordicella tesa;
- b) Con aste metriche senza cordicella;
- c) Colla catena;
- d) Col nastro d'acciaio;
- e) Col compasso agrimensorio.

Le misurazioni si sono fatte nella seguente maniera:

Si misurarono linee differenti coi singoli strumenti più volte, e ciò sopra un buon terreno (in un prato); si poté trascurare l'inclinazione rispetto all'orizzonte essendo il terreno abbastanza regolare e pochissimo inclinato. Il metodo tenuto nella misurazione non corrisponde affatto al carattere delle misurazioni di ricerca, poichè nè da parte mia nè dal mio assistente è mai stata misurata alcuna linea, essendo nostro scopo principale la sola sorveglianza dei misuratori, i quali del resto lavorando con esattezza meritavano la nostra fiducia.

In conseguenza di ciò potranno i risultati esser idonei a provare la validità dell'una o dell'altra ipotesi, ma oltre a questo, serviranno anche a dare un valor numerico per gli errori medii dell'unità di misura per differenti strumenti, dai quali errori si potrà dedurre il grado d'esattezza di una qualunque misurazione pratica.

Inoltre si potrà cercare la legge alla quale sono soggetti gli errori regolari, e determinare per le misurazioni fatte, in base alla ipotesi trovata valevole, un valore per l'errore regolare dell'unità di lunghezza.

Siccome troppo spazio sarebbe necessario a qui riprodurre tutti i risultati delle fatte misurazioni, le quali ascendono al numero di 5970, ed essendo d'altronde desiderabile avere qui alcuni dati i quali ci permettano un esame dei calcoli fatti, così nei seguenti capitoli daremo la media aritmetica delle ripetute misurazioni di una stessa lunghezza, e faremo poi uso di questi valori medii come pure di quelli degli errori medii e regolari.

CAPITOLO SECONDO. — Misurazioni fatte con aste metriche lungo una cordicella ben tesa.

II. Per queste misurazioni si adoperarono due aste di legno della lunghezza di 4^m, divise in decimetri, della casa Starke e Zammerer di Vienna; le aste sono di sezione rettangolare; misurando si pongono sempre l'una sul prolungamento dell'altra facendone ben combaciare le estremità; da ripetute comparazioni con una misura normale risultò che ambedue le aste hanno un errore di 0^m,0005 del quale si tiene conto nel calcolo.

Lungo la linea da misurare si conficcarono nel terreno dei picchetti i quali servirono a tendere una cordicella per evitare così una deviazione dalla direzione della linea retta. Due misuratori avvicinavano le aste alla cordicella in modo che queste non toccassero il suolo e ne facevano combaciare le estremità con estrema cura ed attenzione.

Siccome la determinazione della vera lunghezza delle aste è ancora un po' incerta, così i risultati sono affetti da un piccolo errore costante il quale del resto è così piccolo da non esercitare quasi nessunissima influenza sui risultati;

essendo inoltre gli errori d'un sol segno, in seguito all'avvicinamento delle spranghe alla cordicella ed alla quasi assoluta invariabilità delle spranghe, estremamente piccoli, così sui risultati non ha influenza che quel solo errore inevitabile, il quale nasce dal non trovarsi l'estremità di una spranga esattamente nel punto in cui si trova l'estremità della precedente.

Siccome le misurazioni nel modo descritto sono assai faticose, così riesce facile a spiegarsi la ragione per cui io ebbi ad impiegare altri misuratori oltre ai due soliti; e ciò ho potuto fare inquantochè coll'impiegare differenti individui non si accrescono in queste misurazioni le cause d'errore purchè abbiano tutti la necessaria cura e diligenza ed usino le dovute precauzioni.

La lettura si fece in metri e millimetri, ed in generale coll'aiuto di un metro diviso in millimetri. Con ciò ebbi il vantaggio di ridurre l'errore nella lettura di fatto ad un'estrema piccolezza, ed inoltre l'altro di esercitare i misuratori così che essi poi anche senza il metro diviso, stimavano i millimetri con sufficiente sicurezza, la qual cosa ci servì poi assai bene nelle misurazioni colle aste metriche, senza cordicella.

In tutto si misurarono 76 rette da 20^m a 284^m, ognuna di esse ripetutamente (in generale 10 volte). Ottenni cioè 950 misurazioni di questa specie.

Nella seguente tabella si trovano i valori medii delle lunghezze, inoltre gli errori medii delle singole misurazioni calcolati secondo la formola (6), ed i loro quadrati; siccome poi i risultati, come si è detto più sopra, sono quasi liberi da errori regolari, così ogni m rappresenta anche la correzione da farsi ad ogni singola misurazione per ottenere la

vera lunghezza, mentre $\frac{m}{\sqrt{n}}$ rappresenta la correzione per la media aritmetica.

I valori $\frac{m}{\sqrt{n}}$ variano fra 0^m,0004 e 0^m,0035 e quindi per la determinazione degli errori regolari delle misurazioni delle quali trattano i seguenti capitoli (e specialmente per le misurazioni colla catena, nastro d'acciaio e compasso agrimensorio) si potranno certamente riguardare come vere lunghezze delle rette le medie aritmetiche della tabella stampata nella pagina seguente.

12. Sui risultati di cotesta tabella applicheremo le due ipotesi; a meglio predisporre il materiale ed a semplificazione dei calcoli, divido i risultati delle misurazioni in gruppi formati dai risultati:

| | |
|---------|----------------|
| 1 a 9 | includivamente |
| 10 a 20 | » |
| 20 a 27 | » |
| 28 a 35 | » |
| 36 a 43 | » |
| 44 a 51 | » |
| 52 a 57 | » |
| 58 a 66 | » |
| 67 a 72 | » |
| 73 a 76 | » |

Ogni gruppo contiene un intervallo di 20 o 40^m; considerando per ognuno di questi intervalli i quadrati degli errori medii come risultati di osservazioni per sé esistenti si otterrà il quadrato dell'error medio per la media lunghezza dalle equazioni:

$$M_1^2 = \frac{m_1^2 + m_2^2 + m_3^2 + \dots + m_9^2}{9}$$

$$M_{11}^2 = \frac{m_{10}^2 + m_{11}^2 + m_{12}^2 + \dots + m_{20}^2}{11} \quad \text{ecc.,}$$

mentre le medie lunghezze si avranno dalle

$$L_1 = \frac{L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_9}{9}$$

$$L_{11} = \frac{L_{10} + L_{11} + L_{12} + \dots + L_{20}}{11} \quad \text{ecc.}$$

TABELLA I.

| N° | Lunghezza in metri | Error medio m delle singole misurazioni | m^2 |
|----|--------------------|---|------------|
| 1 | 20.119 | 0,00148 | 0,00000296 |
| 2 | 20.487 | 276 | 760 |
| 3 | 20.552 | 537 | 2889 |
| 4 | 23.829 | 187 | 350 |
| 5 | 27.638 | 224 | 500 |
| 6 | 30.778 | 219 | 480 |
| 7 | 32.138 | 245 | 600 |
| 8 | 33.017 | 130 | 170 |
| 9 | 38.076 | 158 | 250 |
| 10 | 40.222 | 528 | 2789 |
| 11 | 40.223 | 251 | 633 |
| 12 | 40.510 | 460 | 2120 |
| 13 | 41.547 | 540 | 2920 |
| 14 | 41.893 | 270 | 730 |
| 15 | 42.639 | 239 | 570 |
| 16 | 44.993 | 471 | 2250 |
| 17 | 50.250 | 275 | 755 |
| 18 | 50.304 | 258 | 667 |
| 19 | 54.524 | 342 | 1170 |
| 20 | 59.796 | 717 | 5139 |
| 21 | 60.150 | 406 | 1645 |
| 22 | 60.978 | 406 | 1650 |
| 23 | 62.174 | 245 | 600 |
| 24 | 66.655 | 356 | 1270 |
| 25 | 69.406 | 450 | 2020 |
| 26 | 69.887 | 452 | 2040 |
| 27 | 75.520 | 545 | 2970 |
| 28 | 80.215 | 460 | 2111 |
| 29 | 80.258 | 325 | 1057 |
| 30 | 80.550 | 622 | 3870 |
| 31 | 81.918 | 589 | 3470 |
| 32 | 82.333 | 259 | 670 |
| 33 | 88.040 | 381 | 1450 |
| 34 | 93.900 | 321 | 1030 |
| 35 | 99.685 | 248 | 580 |
| 36 | 100.220 | 806 | 6500 |
| 37 | 100.288 | 0,01128 | 0,00012733 |
| 38 | 100.333 | 474 | 2250 |
| 39 | 100.346 | 524 | 2742 |
| 40 | 108.551 | 312 | 970 |
| 41 | 109.086 | 308 | 950 |
| 42 | 111.935 | 340 | 1150 |
| 43 | 117.651 | 235 | 550 |
| 44 | 120.483 | 382 | 1457 |
| 45 | 120.774 | 1038 | 10768 |
| 46 | 121.817 | 568 | 3230 |
| 47 | 124.595 | 370 | 1370 |
| 48 | 125.288 | 410 | 1680 |
| 49 | 131.456 | 581 | 3370 |
| 50 | 133.313 | 249 | 620 |
| 51 | 137.951 | 418 | 1750 |
| 52 | 141.449 | 538 | 2978 |
| 53 | 142.190 | 288 | 0830 |
| 54 | 148.424 | 523 | 2738 |
| 55 | 150.129 | 560 | 3133 |
| 56 | 155.360 | 757 | 5700 |
| 57 | 159.088 | 886 | 7850 |
| 58 | 160.165 | 552 | 2706 |
| 59 | 162.561 | 471 | 2220 |
| 60 | 173.508 | 567 | 3220 |
| 61 | 175.206 | 404 | 1632 |
| 62 | 179.268 | 650 | 4220 |
| 63 | 183.662 | 560 | 3139 |
| 64 | 188.045 | 308 | 950 |
| 65 | 197.431 | 550 | 2684 |
| 66 | 198.413 | 1560 | 22350 |
| 67 | 200.222 | 481 | 1731 |
| 68 | 202.044 | 783 | 6130 |
| 69 | 202.463 | 904 | 8180 |
| 70 | 215.757 | 1171 | 13720 |
| 71 | 229.571 | 631 | 3977 |
| 72 | 238.301 | 799 | 6268 |
| 73 | 241.732 | 502 | 2520 |
| 74 | 242.831 | 844 | 7130 |
| 75 | 243.399 | 1328 | 17638 |
| 76 | 284.374 | 873 | 7627 |

Gli errori medii di M, M_1, M_2, \dots si troveranno facilmente ammettendo (come è certamente permesso) che i valori m_1, m_2, \dots meritino eguale fiducia, colla formola

$$\sqrt{\frac{(M^2 - m^2)^2}{n(n-1)}}$$

in cui n è il numero delle misurazioni comprese in un gruppo. Nella seguente tabella si trovano i valori di $L, L_1, \dots, M, M_1, \dots$ e gli errori medii ϕ da cui questi ultimi sono affetti.

TABELLA II.

| Gruppo | Media lunghezza | M^2 | Error medio in M^2 |
|--------|-----------------|------------|----------------------|
| I | m_i 27.404 | 0.00000699 | 0.00000280 |
| II | 46.082 | 1792 | 431 |
| III | 66.396 | 1742 | 277 |
| IV | 85.562 | 1780 | 439 |
| V | 106.051 | 3481 | 1485 |
| VI | 126.960 | 3031 | 1154 |
| VII | 149.440 | 3872 | 1015 |
| VIII | 179.806 | 4791 | 2217 |
| IX | 214.723 | 6668 | 1674 |
| X | 253.084 | 8729 | 3181 |

Secondo la prima ipotesi l'errore medio M della lunghezza L è:

$$M = \mu \sqrt{L} \quad \text{ossia} \quad M^2 = \mu^2 L$$

per cui si trova l'error medio dell'unità di lunghezza (1) risultante da ogni singolo gruppo:

$$\mu_1^2 = \frac{M_1^2}{L_1}$$

$$\mu_2^2 = \frac{M_2^2}{L_2}$$

$$\dots \dots \dots$$

$$\mu_x^2 = \frac{M_x^2}{L_x}$$

Siccome i valori μ_1^2, μ_2^2, \dots vengono calcolati dagli M^2 i quali sono affetti dagli errori medii ϕ , così si possono anche determinare i loro errori medii e con questi i loro pesi a fine di trovare il valor più probabile dell'error medio dell'unità di lunghezza. Si avrà perciò dall'equazione (14)

$$\mu_1^2 = \frac{M_1^2}{L_1} \pm \frac{\phi_1}{L_1}$$

$$\mu_2^2 = \frac{M_2^2}{L_2} \pm \frac{\phi_2}{L_2}$$

.....

mentre i pesi dei μ^2 si possono avere dalla equazione (9)

$$g = f^2 \frac{L_1^2}{\phi_1^2}$$

Nella seguente tabella sono registrati i valori di μ^2 quali essi derivano dalla ipotesi I, insieme alla loro differenza media dal vero, ed i loro pesi.

Il valore più probabile di μ^2 si potrà ormai avere dall'equazione

$$\mu_0^2 = \frac{[g\mu^2]}{[g]}$$

(1) V. formola (23).

e l'errore medio in μ_0^2 si otterrà dalla

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{[g(\mu_0^2 - \mu^2)]}{[g](n-1)}}$$

TABELLA III.

| Gruppo | μ^2 | Medio errore in μ^2 | g |
|--------|--------------|-------------------------|------|
| I | 0.0000002552 | 0.0000001037 | 1.8 |
| II | 3889 | 0936 | 2.3 |
| III | 2624 | 0417 | 11.3 |
| IV | 2073 | 0513 | 7.5 |
| V | 3282 | 1400 | 1.0 |
| VI | 2387 | 0909 | 2.4 |
| VII | 2591 | 0679 | 4.2 |
| VIII | 2665 | 1233 | 1.3 |
| IX | 3105 | 0780 | 3.3 |
| X | 3449 | 1257 | 1.3 |

Coll'aiuto di queste equazioni si trova

$$\mu_0^2 = 0.0000002660$$

e l'error medio

$$\varepsilon = \pm 0.0000000157$$

per cui si avrà

$$\mu_0^2 = 0.0000002660 \pm 0.0000000157$$

$$= 0.0000002660(1 \pm 0.0590)$$

cioè μ_0^2 è incerto per un $\frac{1}{17}$ del proprio valore: epperò si trova per l'esattezza di una misurazione con aste metriche fatta lungo una cordicella tesa, il valore

$$m = \pm 0.000516\sqrt{L}$$

13. Per la seconda ipotesi si pone

$$M = \mu' L \quad \text{ossia} \quad \mu'^2 = \frac{M^2}{L^2}$$

e s'ottiene per i 10 gruppi

$$\mu_1'^2 = \frac{M_1^2}{L_1^2} + \frac{\phi_1^2}{L_1^2}$$

$$\mu_2'^2 = \frac{M_n^2}{L_n^2} + \frac{\phi_2^2}{L_n^2} \text{ ecc.}$$

I pesi dei μ'^2 si trovano come innanzi dalla (9) con

$$g' = f_1^2 \frac{L^2}{\phi^2}$$

Il più probabile valore di μ'^2 , e l'errore medio in questo, debbono essere calcolati nella maniera esposta per la ipotesi I. Si ha cioè

$$\mu_0'^2 = \frac{[g' \mu'^2]}{[g']}$$

$$\varepsilon' = \sqrt{\frac{[g'(\mu_0'^2 - \mu'^2)]}{[g'](n-1)}}$$

TABELLA IV.

| Gruppo | μ'^2 | Medio errore in μ'^2 | g' |
|--------|----------------|--------------------------|------|
| I | 0.000000009308 | 0.000000003729 | 0.07 |
| II | 8439 | 2030 | 0.28 |
| III | 3952 | 0663 | 2 |
| IV | 2414 | 0595 | 3 |
| V | 3095 | 1320 | 0.6 |
| VI | 1880 | 0716 | 2 |
| VII | 1734 | 0457 | 3 |
| VIII | 1482 | 0686 | 2 |
| IX | 1446 | 0363 | 8 |
| X | 1363 | 0497 | 4 |

$$\mu_0'^2 = 0.00000001959 \pm 0.00000000327$$

$$= 0.00000001959(1 \pm 0.1670)$$

$$\mu_0' = \pm 0.00004426$$

Da ciò risulta esser l'incertezza in $\mu_0'^2$ eguale ad un 1/6 del suo valore, e siccome questa incertezza deve servirci di base per determinare la validità dell'una o dell'altra delle due ipotesi, così si vede esser in questo caso l'ipotesi I quella da adottarsi.

14. Non mi è noto che altre misurazioni siansi fatte con aste metriche lungo una cordicella tesa: nei diversi libri di geodesia ed in parecchi giornali tecnici trovansi però alcune notizie sul grado di esattezza che si può raggiungere.

Così, per esempio, Jordan (1) riferendosi a misurazioni pratiche in cui si domandava un'estrema esattezza, dice di aver fatto l'esperienza che in poco tempo si può misurare una lunghezza di 100^m coll'esattezza di 4 millimetri, esattezza che risulta per l'unità di lunghezza eguale a 0.0004.

Inoltre Jordan (2) ha trovato secondo l'ipotesi I l'errore nella unità di lunghezza eguale a 0.00036, valore dedotto da 12 misurazioni doppie di rette lunghe da 9 a 28^m.

Wastler (3) pubblica i risultati delle misurazioni di basi fatte dai suoi allievi nel corso di 17 anni e ne dà anche gli errori medii.

15. Quantunque nella determinazione di μ_0^2 e $\mu_0'^2$ i pesi si sieno stabiliti a tenore delle esigenze della teoria e della pratica, e si abbia specialmente avuto riguardo di dare a quel μ^2 il maggior peso il quale venne dato da un maggior numero di osservazioni oppure da linee di maggior lunghezza, pure è preferibile continuare il calcolo senza riguardo a questi pesi: con questo il calcolo diviene più semplice, ed inoltre (cosa principale) non si fa uso di ipotesi la cui validità non è conosciuta, ma devesi appunto cercare.

In seguito a ciò si riguardino i singoli valori di μ^2 e μ'^2 come egualmente esatti e si avrà così dalle formole (21) e (25)

$$\mu_0^2 = \frac{\mu_1^2 + \mu_2^2 + \dots + \mu_{10}^2}{10} = \frac{\frac{M_1^2}{L_1^2} + \frac{M_n^2}{L_n^2} + \dots + \frac{M_x^2}{L_x^2}}{10}$$

$$\mu_0'^2 = \frac{\mu_1'^2 + \mu_2'^2 + \dots + \mu_{10}'^2}{10} = \frac{\frac{M_1^2}{L_1^2} + \frac{M_n^2}{L_n^2} + \dots + \frac{M_x^2}{L_x^2}}{10}$$

Gli errori medii ε ed ε' in μ_0 e μ_0' divengono in seguito all'equazione (6)

(1) *Zeitschrift für Vermessungswesen*, 1 anno, 1872.
 (2) JORDAN, *Taschenbuch der praktischen Geometrie*, Stuttgart, 1873.
 (3) HARTNER, *Handbuch der niederen Geodäsie*, 3^a edizione pubblicata da Wastler. Vienna, 1876.

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{[(\mu_0'^2 - \mu^2)^2]}{n(n-1)}}$$

$$\varepsilon' = \sqrt{\frac{[(\mu_0'^2 - \mu'^2)^2]}{n(n-1)}}$$

ed i valori relativi di questi errori $\frac{\varepsilon}{\mu_0^2}$ ed $\frac{\varepsilon'}{\mu_0'^2}$ servono come prima a determinare quale delle due ipotesi è valida, il che si dirà di quella ipotesi per la quale la frazione risulterà più piccola.

Il calcolo (1) fatto secondo le ultime equazioni somministra per l'ipotesi I

$$\begin{aligned} \mu_0^2 &= 0.0000002862 \pm \varepsilon \\ &= 0.0000002862 \pm 0.000000175 \\ &= 0.0000002862(1 \pm 0.0610) \end{aligned}$$

per l'ipotesi II

$$\begin{aligned} \mu_0'^2 &= 0.00000003511 \pm \varepsilon' \\ &= 0.00000003511 \pm 0.00000000933 \\ &= 0.00000003511(1 \pm 0.2657) \end{aligned}$$

per ciò si presenta l'ipotesi I come la migliore, e si ha finalmente

$$(31) \dots m = \pm 0.000535 \sqrt{L}$$

Con questa equazione venne calcolata la seguente tabella per differenti lunghezze:

TABELLA V.

| L | m | L | m |
|-------|--------|-------|--------|
| metri | metri | metri | metri |
| 20 | 0.0024 | 160 | 0.0068 |
| 40 | 0.0034 | 180 | 0.0072 |
| 60 | 0.0041 | 200 | 0.0076 |
| 80 | 0.0048 | 220 | 0.0080 |
| 100 | 0.0054 | 240 | 0.0083 |
| 120 | 0.0059 | 260 | 0.0086 |
| 140 | 0.0063 | 280 | 0.0090 |

CAPITOLO TERZO. — Misurazioni con aste metriche senza cordicella tesa.

16. In quanto al modo di misurare ed alle aste metriche adoperate nulla vi ha di diverso da ciò che si disse nel precedente capitolo, solo in questo gruppo di misurazioni non venne tesa la cordicella e le aste posavano quindi sul suolo; la lettura delle lunghezze facevasi senza l'aiuto del metro diviso in millimetri. Le aste si ponevano ad occhio nella direzione della retta e le lunghezze si leggevano stimando i millimetri.

Gli errori che qui s'incontrano sono (non tenendo conto dei piccolissimi errori costanti) l'errore inevitabile di cui si fece cenno più addietro e l'errore regolare derivante dal non trovarsi le spranghe esattamente nella retta da misurarsi.

Nella seguente tabella sono registrati i risultati di 890 misurazioni di 65 rette e significano:

- L i medii valori aritmetici;
- m gli errori medii delle singole misurazioni;
- m² i loro quadrati;
- w le vere lunghezze;
- r i valori medii degli errori regolari delle singole misurazioni calcolati coll'aiuto dell'equazione r=w-L.

TABELLA VI.

| N | L | m | m ² | w | r |
|----|---------|--------|----------------|---------|---------|
| 1 | 20.119 | 0.0021 | 0.00000444 | 20.119 | 0.000 |
| 2 | 20.488 | 43 | 1864 | 20.487 | - 0.001 |
| 3 | 20.550 | 38 | 1471 | 20.552 | + 2 |
| 4 | 27.640 | 47 | 2189 | 27.638 | - 2 |
| 5 | 32.145 | 61 | 3750 | 32.138 | - 7 |
| 6 | 33.020 | 36 | 1300 | 33.017 | - 3 |
| 7 | 40.220 | 69 | 4771 | 40.222 | + 2 |
| 8 | 40.227 | 27 | 0733 | 40.223 | - 4 |
| 9 | 40.512 | 44 | 1950 | 40.510 | - 2 |
| 10 | 41.888 | 57 | 3245 | 41.893 | + 5 |
| 11 | 44.994 | 54 | 2911 | 44.993 | - 1 |
| 12 | 50.285 | 42 | 1750 | 50.250 | - 0.035 |
| 13 | 50.308 | 21 | 0450 | 50.304 | - 4 |
| 14 | 59.793 | 97 | 9328 | 59.796 | + 3 |
| 15 | 60.151 | 38 | 1455 | 60.150 | - 1 |
| 16 | 60.981 | 56 | 3126 | 60.978 | - 3 |
| 17 | 66.655 | 66 | 4356 | 66.655 | 0.000 |
| 18 | 69.415 | 61 | 3750 | 69.406 | - 9 |
| 19 | 69.884 | 69 | 4800 | 69.887 | + 3 |
| 20 | 75.519 | 71 | 5000 | 75.520 | + 1 |
| 21 | 80.219 | 39 | 1555 | 80.215 | - 4 |
| 22 | 80.260 | 114 | 12900 | 80.258 | - 2 |
| 23 | 80.558 | 70 | 4914 | 80.550 | - 8 |
| 24 | 88.040 | 56 | 3089 | 88.040 | 0.000 |
| 25 | 88.192 | 90 | 8050 | - | 0.000 |
| 26 | 99.685 | 128 | 16367 | 99.685 | 0.000 |
| 27 | 100.230 | 98 | 9673 | 100.220 | - 10 |
| 28 | 100.285 | 125 | 15521 | 100.288 | + 3 |
| 29 | 100.346 | 46 | 2111 | 100.333 | - 13 |
| 30 | 100.400 | 71 | 5075 | 100.346 | - 54 |
| 31 | 108.551 | 97 | 9378 | 108.551 | 0.000 |
| 32 | 109.099 | 82 | 6750 | 109.086 | - 13 |
| 33 | 111.929 | 0.0102 | 0.00010422 | 111.935 | + 6 |
| 34 | 120.510 | 63 | 3950 | 120.483 | - 27 |
| 35 | 120.780 | 168 | 28172 | 120.774 | - 6 |
| 36 | 121.846 | 51 | 2550 | 121.817 | - 29 |
| 37 | 125.278 | 141 | 20050 | 125.288 | + 10 |
| 38 | 131.463 | 76 | 5745 | 131.456 | - 7 |
| 39 | 133.309 | 195 | 37845 | 133.313 | + 4 |
| 40 | 137.979 | 94 | 8800 | 137.951 | - 28 |
| 41 | 141.464 | 86 | 7350 | 141.449 | - 15 |
| 42 | 142.189 | 131 | 17045 | 142.190 | + 1 |
| 43 | 150.182 | 63 | 3925 | 150.129 | - 53 |
| 44 | 155.340 | 91 | 8267 | 155.360 | + 20 |
| 45 | 159.119 | 84 | 7100 | 159.088 | - 31 |
| 46 | 160.198 | 73 | 5350 | 160.165 | - 33 |
| 47 | 162.558 | 149 | 22350 | 162.561 | + 3 |
| 48 | 173.517 | 155 | 24150 | 173.508 | - 9 |
| 49 | 175.208 | 195 | 37844 | 175.206 | - 2 |
| 50 | 179.290 | 94 | 8750 | 179.268 | - 22 |
| 51 | 183.686 | 80 | 6350 | 183.662 | - 24 |
| 52 | 188.084 | 105 | 11050 | 188.045 | - 39 |
| 53 | 197.474 | 65 | 4225 | 197.431 | - 43 |
| 54 | 198.381 | 115 | 13233 | 198.413 | + 32 |
| 55 | 200.284 | 110 | 12175 | 200.222 | - 62 |
| 56 | 202.079 | 102 | 11575 | 202.044 | - 35 |
| 57 | 202.463 | 165 | 26400 | 202.463 | - 0.000 |
| 58 | 215.770 | 198 | 39111 | 215.757 | - 13 |
| 59 | 229.609 | 166 | 27645 | 229.571 | - 38 |
| 60 | 238.368 | 102 | 10356 | 238.301 | - 67 |
| 61 | 241.779 | 139 | 19250 | 241.732 | - 47 |
| 62 | 242.834 | 146 | 21250 | 242.831 | - 3 |
| 63 | 243.379 | 194 | 37700 | 243.399 | + 20 |
| 64 | 243.429 | 114 | 12500 | 243.399 | - 30 |
| 65 | 284.405 | 275 | 75500 | 284.374 | - 31 |

17. Dapprima dobbiamo cercare la legge alla quale sono sottoposti gli errori regolari. A tale scopo si noterà anzitutto che con riguardo all'osservazione fatta al N. 3 si devono lasciare da parte quei valori di r la cui incertezza è eguale o maggiore di r. Però per non dar motivo a credere ch'io abbia trascurato questi valori a cagione di una parzialità per una delle due ipotesi, terrò conto di tutti gli r, e persino anche di quelli che sono positivi (questi sono pochi) quantunque si sia indotti a supporre che per questi valori nelle rispettive misurazioni una delle due spranghe abbia dato alla precedente una

(1) Coll'equazione (23) si ottiene $\mu_0^2 = 0.0000002912$.

spinta un po' troppo forte. Anche nelle misurazioni di cui parleremo più tardi terrò conto di tutti gli errori regolari.

Per riguardo a quel che si è detto nel capitolo II, tralascerò affatto l'introduzione di pesi.

Formando nuovamente dei gruppi col comprendere in un gruppo le lunghezze 20-40, 40-60, 60-80, 80-100, 100-120, 120-140, 140-160, 160-200, 200-240 e 240-280^m e col formare la media aritmetica di queste lunghezze e dei loro errori regolari, si avrà

| | L | R |
|------|---------|---------|
| I | 25.660 | -0.0018 |
| II | 46.028 | -0.0045 |
| III | 67.101 | -0.0015 |
| IV | 85.772 | -0.0028 |
| V | 104.406 | -0.0116 |
| VI | 127.309 | -0.0119 |
| VII | 149.659 | -0.0156 |
| VIII | 179.822 | -0.0152 |
| IX | 214.762 | -0.0358 |
| X | 251.162 | -0.0182 |

Da L ed R si forma secondo l'ipotesi I

$$\rho_1 = \frac{R_1}{\sqrt{L_1}} \quad \rho_2 = \frac{R_{11}}{\sqrt{L_{11}}} \dots$$

e prendendo un valor medio per l'errore regolare dell'unità di lunghezza

$$\rho_0 = \frac{\rho_1 + \rho_2 + \dots + \rho_{10}}{10}$$

col quale si può trovare l'error medio di ρ_0 , cioè

$$\psi = \sqrt{\frac{[(\rho_0 - \rho)^2]}{10(10-1)}}$$

TABELLA VII.

| | ρ | $\rho_0 - \rho$ | $(\rho_0 - \rho)^2$ |
|----|----------|-----------------|---------------------|
| 1 | -0.00043 | -0.00054 | 0.0000002916 |
| 2 | 67 | -30 | 900 |
| 3 | 18 | -79 | 6241 |
| 4 | 30 | -67 | 4489 |
| 5 | 113 | +16 | 256 |
| 6 | 106 | +9 | 81 |
| 7 | 127 | +30 | 900 |
| 8 | 113 | +16 | 256 |
| 9 | 224 | +147 | 21609 |
| 10 | 114 | +17 | 289 |

$$\rho_0 = -0.00097 \quad \psi = \pm 0.0002052$$

$$\rho_0 = -0.00097 \pm 0.0002052$$

$$= -0.00097(1 \pm 0.2115)$$

Secondo l'ipotesi II si ha:

$$\rho_1' = \frac{R_1}{L_1} \quad \rho_2' = \frac{R_{11}}{L_{11}} \dots$$

$$\rho_0' = \frac{\rho_1' + \rho_2' + \dots + \rho_{10}'}{10}$$

$$\psi' = \sqrt{\frac{[(\rho_0' - \rho')^2]}{10(10-1)}}$$

TABELLA VIII.

| | ρ' | $\rho_0' - \rho'$ | $(\rho_0' - \rho')^2$ |
|----|-----------|-------------------|-----------------------|
| 1 | -0.000070 | -0.000015 | 0.00000000225 |
| 2 | 98 | +13 | 169 |
| 3 | 22 | -63 | 3969 |
| 4 | 32 | -53 | 2809 |
| 5 | 111 | +26 | 676 |
| 6 | 93 | +8 | 64 |
| 7 | 104 | +19 | 361 |
| 8 | 85 | -0 | 0 |
| 9 | 166 | +81 | 6561 |
| 10 | 72 | -13 | 169 |

$$\rho_0' = -0.000085 \quad \psi = \pm 0.00001292$$

$$\rho_0' = -0.000085 \pm 0.00001292$$

$$= -0.000085(1 \pm 0.1520)$$

L'ipotesi II è con ciò la migliore e si deve porre

$$(32) \dots r = -0.000085L \quad (1)$$

Jordan aveva calcolato, dietro misurazioni sperimentali fatte a Norimberga, gli errori regolari dell'unità con 0'00039; questo valore è molto maggiore di quello da me trovato, il che si può spiegare in primo luogo dalle considerevoli differenze ottenute in quelle misurazioni fra le vere lunghezze ed i risultati delle misurazioni colle aste metriche a motivo della celerità usata, ed in secondo luogo per essere tali misurazioni colle aste metriche state fatte da una sola persona.

Avendo quindi il risultato L di una misurazione, si dovrà primieramente da L sottrarre 0.000085L e questo valore

$$L - 0.000085L = L(1 - 0.000085)$$

non sarà più affetto che dai soli errori inevitabili.

Per differenti lunghezze si trovano gli errori regolari nella seguente tabella:

TABELLA IX.

| L | r | L | r |
|-----------------|---------|------------------|---------|
| 20 ^m | -0.0017 | 160 ^m | -0.0136 |
| 40 | -0.0034 | 180 | -0.0153 |
| 60 | -0.0051 | 200 | -0.0170 |
| 80 | -0.0068 | 220 | -0.0185 |
| 100 | -0.0085 | 240 | -0.0204 |
| 120 | -0.0102 | 260 | -0.0221 |
| 140 | -0.0129 | 280 | -0.0258 |

18. Quantunque si debba detrarre dai risultati di misurazione dati più sopra, i valori dei loro errori regolari prima di procedere alla determinazione di μ e μ' , pure si può omettere tutto questo considerando che per lo scopo nostro è presso a poco la stessa cosa se una retta di 200^m, oppure un'altra di 199^m,983, è affetta dall'errore m .

(1) Trascurando quegli r che sono eguali o minori della loro incertezza si ottiene:

$$\rho_0 = -0.00116(1 \pm 0.2030)$$

$$\rho_0' = -0.000112(1 \pm 0.1233)$$

da cui si vede essere l'ipotesi II migliore della I.

Per questa ragione si possono senz'altro adoperare i risultati, per la formazione di L_1, L_2, \dots dai quali, come ai N. 12 e 13, si possono trovare i valori di μ^2 e μ'^2 , e, come al N. 15, quelli di μ_0^2 e $\mu_0'^2$, di ε e di ε' . Nella seguente tabella si trovano i dati necessari pel calcolo.

TABELLA X.

| | | | | | | | | | | |
|----------|----------------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| μ' | 0.000167 | 122 | 88 | 103 | 91 | 97 | 63 | 68 | 68 | 73 |
| μ'^2 | 0.000000027884 | 14831 | 8324 | 10524 | 7723 | 9441 | 3901 | 4580 | 4599 | 5271 |
| μ | 0.00085 | 83 | 75 | 95 | 90 | 110 | 76 | 91 | 99 | 115 |
| μ^2 | 0.0000007155 | 6826 | 5586 | 9067 | 8063 | 12019 | 5838 | 8236 | 9876 | 13238 |
| M^2 | 0.00001836 | 3142 | 3748 | 7812 | 8419 | 15302 | 8737 | 14811 | 21210 | 33250 |
| L | 25.660 | 46.028 | 67.101 | 86.159 | 104.406 | 127.309 | 149.659 | 179.822 | 214.762 | 251.166 |
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X |

Ipotesi I:

$$\mu_0^2 = 0.0000008590 \pm \varepsilon$$

$$\varepsilon = \pm 0.0000000795$$

$$\mu_0^2 = 0.0000008590 \pm 0.0000000795$$

$$= 0.0000008590(1 \pm 0.0926)$$

Ipotesi II:

$$\mu_0'^2 = 0.00000009708 \pm 0.000000002283$$

$$= 0.00000009708(1 \pm 0.2352)$$

Quindi si vede che l'ipotesi I è quella valida, e l'errore medio di una misurazione con aste metriche si troverà eguale ad

$$(33) \dots m = 0.000927 \sqrt{L} \quad (1)$$

Calcolando, per le lunghezze L_1, L_2, \dots i cui errori medii

(1) Prendendo semplicemente la media di μ_1, μ_2, \dots si avrà:

$$\mu_0 = 0.00092(1 \pm 0.0437)$$

mentre la media μ_1', μ_2', \dots darà:

$$\mu_0' = 0.000094(\pm 0.1006),$$

sono conosciuti dalle osservazioni, questi errori secondo la (33) ed anche per l'ipotesi II si otterrà la seguente tabella:

TABELLA XI.

| M | IPOTESI I | | IPOTESI II | |
|------|--------------------|-----------------|--------------------|------------|
| | m dato dal calcolo | differenza | m dato dal calcolo | differenza |
| I | 0.0043 | 0.0046 - 0.0003 | 0.0025 | + 0.0018 |
| II | 0.0056 | 0.0061 - 0.0006 | 0.0044 | + 0.0012 |
| III | 0.0061 | 0.0075 - 0.0014 | 0.0065 | - 0.0004 |
| IV | 0.0088 | 0.0085 + 0.0003 | 0.0083 | + 0.0005 |
| V | 0.0092 | 0.0095 - 0.0003 | 0.0102 | - 0.0007 |
| VI | 0.0124 | 0.0104 + 0.0020 | 0.0124 | 0.0000 |
| VII | 0.0094 | 0.0114 - 0.0020 | 0.0142 | - 0.0048 |
| VIII | 0.0122 | 0.0125 - 0.0003 | 0.0176 | - 0.0054 |
| IX | 0.0146 | 0.0135 + 0.0011 | 0.0214 | - 0.0068 |
| X | 0.0182 | 0.0149 + 0.0033 | 0.0247 | - 0.0065 |

Per differenti lunghezze si ottiene secondo la formola (33)

TABELLA XII.

| L | m | L | m |
|-----------------|----------------------|------------------|----------------------|
| 20 ^m | 0. ^m 0041 | 160 ^m | 0. ^m 0116 |
| 40 | 0. 0060 | 180 | 0. 0124 |
| 60 | 0. 0072 | 200 | 0. 0131 |
| 80 | 0. 0082 | 220 | 0. 0138 |
| 100 | 0. 0093 | 240 | 0. 0144 |
| 120 | 0. 0102 | 260 | 0. 0149 |
| 140 | 0. 0109 | 280 | 0. 0155 |

19. Negli scritti di cui si fece menzione più addietro si trovano i seguenti valori di μ :

| | |
|---|---------|
| Börsch, aste di 4 ^m di lunghezza | 0.00297 |
| Jordan » 3 » | 0.00412 |
| Schoder » 5 » | 0.0005 |
| » » 3 » | 0.0008 |

Le misurazioni dalle quali Börsch trasse il suo risultato sono tolte dai rilievi di Hessen e fatte da tre dei più esatti geometri in terreno montuoso e non adatto a tali ricerche; quelle di cui fece uso Jordan sono misurazioni fatte sotto la sua sorveglianza dagli studenti del Politecnico di Carlsruhe, in una pianura vicina a Carlsruhe, presso a poco in condizioni ordinarie.

Le 88 misurazioni dalle quali Schoder deduce il suo risultato sono state fatte in terreno piano, da lui stesso col l'aiuto del suo assistente (1).

Dai valori trovati da Börsch e Jordan, prese Jordan un valor medio 0.0035 come base per il calcolo degli errori medii delle misurazioni colle aste metriche.

La ragione per le quali i due primi valori di μ_0 sono tanto maggiori degli altri e di quello da me trovato sta anzitutto nelle accidentalità del terreno ed inoltre in questo che nelle misurazioni di Jordan colle aste metriche non misurava che un uomo solo (2) il che avvenne anche nelle misurazioni di Schoder, ma in quest'ultimo caso la persona non era che un semplice canneggiatore.

Le misurazioni sperimentali fatte a Norimberga non diedero, riguardo all'errore medio di misurazioni colle aste metriche, alcun risultato.

(1) Le 64 misurazioni fatte dagli studenti del R. Politecnico di Stuttgart con aste della lunghezza di 3^m diedero per μ_0 il valore 0.00103.

(2) Non so se ciò abbia avuto luogo anche nelle misurazioni di Börsch.

COSTRUZIONI INDUSTRIALI

REGOLE TEORICHE E PRATICHE PER I CAMINI DEI GENERATORI DI VAPORE

PARTE TERZA.

Stabilità dei camini.

Il signor Vittorio Krafft aveva pubblicato nelle *Annales Industrielles* del 1872 alcune considerazioni sulla resistenza che le grandi canne isolate da camino debbono presentare all'azione del vento. Cominciò da premettere che in Francia il vento non è mai capace di esercitare una pressione maggiore di 170 kg. per mq.; ciò che corrisponde già ad una velocità di più che 30 metri per minuto secondo; poi dispose una formola nella quale si paragona la pressione che un tal vento agendo in senso orizzontale può esercitare sulla sezione verticale della canna di un camino di forma quadrata o circolare, e la resistenza che questo camino è in grado di opporre tenendo conto del suo peso e del raggio della sua base inferiore.

Ecco i principali elementi del calcolo. Dicendo:

- A il lato o diametro esterno del camino alla base;
- a il lato o diametro esterno alla sommità;
- A' il lato o diametro interno alla base;
- a' il lato o diametro interno alla sommità;
- H l'altezza;
- P il peso del metro cubo della muratura.

Dappoichè nel caso attuale non è necessario di tener conto delle riseghe delle diverse zone e basta considerare il vano interno siccome il tronco di un cono o di una piramide, il peso della muratura, nel caso di un camino di forma quadrata, è dato dalla espressione

$$\frac{1}{3} PH [A^2 + a^2 + Aa - (A'^2 + a'^2 + A'a')]$$

La pressione totale che il vento può esercitare contro il camino è data dalla espressione

$$\frac{A+a}{2} \times H.170 \text{ kg.}$$

Il braccio di leva della resistenza è il raggio stesso della base, e quello della potenza è uguale all'altezza sul piano di base del centro di gravità della sezione trapezia verticale del camino, ossia è

$$H \frac{A+2a}{3(A+a)}$$

il coefficiente s di stabilità cercato da Krafft è dato dal rapporto fra il momento della resistenza e quello della potenza. Per tal modo facendo $P=1800$ kg. il signor Krafft giunge alla formola seguente per il coefficiente di stabilità dei camini con sezione quadrata

$$s = 10.588 \frac{[A^2 + a^2 + Aa - (A'^2 + a'^2 + A'a')] A}{H(A+2a)}$$

Per quelli di sezione circolare essendo la pressione del vento per una stessa velocità minore sulla sezione geometrica del camino che se la si esercitasse su di una superficie piana e valutandosi $\frac{2}{3}$ circa, la formola rimane la stessa colla sola variante del coefficiente numerico, che a vece di 10,588 diventa 12,474. La stabilità di un camino di sezione circolare risulterebbe quindi $\frac{4}{5}$ superiore circa a quella di un camino di sezione quadrata.

Il signor Krafft applicò questa formola a 16 camini esistenti, gli uni quadrati e gli altri rotondi, e trovò per coefficienti di stabilità dei valori che variano da 3,19 a 0,99; quello cui spetta quest'ultimo valore è dell'officina a gas

di Haguenau e fu costruito nel 1862; esso si trova presentemente fessurato per considerevole altezza, ma tuttavia ha sempre resistito convenevolmente. Il signor Krafft cita un esempio in cui il coefficiente è disceso a 0,73, ma quel camino finì per essere rovesciato dall'azione del vento cinque mesi dopo della sua costruzione, durante un uragano. Esso d'altronde non aveva che una rastremazione di 0,0116 per metro, e una pressione di 124 kg. per mq. avrebbe bastato per rovesciarlo.

Uno dei camini su cui il signor Krafft portò la sua attenzione è rappresentato nella figura 17, tavola VI; esso appartiene alle officine in ferro ed acciaio di Montherhausen e fu costruito nel 1869. Ecco le sue dimensioni principali:

| | |
|-------------------------------------|---------|
| Altezza totale | m. 140. |
| Altezza sul piano di facile rottura | » 33. |
| Diametro esterno alla base | » 3,20. |
| Id. interno id. | » 1,85. |
| Id. esterno alla sommità | » 1,34. |
| Id. interno id. | » 0,90. |
| Rastremazione esterna per metro | 0,0282. |
| Coefficiente di stabilità | 2,15. |

È questo difatti un camino in buone condizioni di stabilità, siccome lo prova il valore del coefficiente di sicurezza e d'altronde si vede che la sua conicità è molto pronunciata e che il diametro interno è assai più grande alla base che alla sommità. Il signor Krafft raccomanda di non progettare mai camini nei quali il coefficiente discenda al disotto dell'unità, e raccomanda pure di non terminare i camini con capitelli troppo massicci, precauzione questa che è sovente negletta sacrificandosi la stabilità all'effetto decorativo.

I due più grandi camini dell'Inghilterra, secondo il *Builder*, sono il primo a *Glascow*, nel porto *Dundas*, nella fabbrica di prodotti chimici di *Crawford street*:

| | |
|----------------------------------|------------------------------|
| Altezza totale dalle fondazioni | . 468 piedi . . (m. 140.40). |
| Dal suolo | 454 » . . (» 136.20). |
| Diametro esterno alla base delle | |
| fondazioni | 50 » . . (» 15.00). |
| Id. id. a livello del suolo | 32 » . . (» 9.60). |
| Id. id. alla sommità | 12 » 8 pol. (» 3.80). |

Tutta la massa murale pesa più di 5000 tonnellate.

L'altro è a *Boston*, nel *Lancashire*, in uno stabilimento meccanico di *Kay street*:

Elevato dal suolo 367 piedi e 6 pollici (m. 110.25), di sezione ottagonale, misura alla base 112 piedi (m. 33.60) di perimetro, ed in sommità 44 piedi (m. 13.20). Lo spessore in basso è di m. 2.40; in alto m. 0.45. Si sono impiegati 800 mila mattoni, e 120 tonnellate di pietra da taglio.

Quando fanno d'uopo camini di così colossali dimensioni, è d'uopo discutere la convenienza di costruirli in lamiera di ferro: le officine del Creusot avevano impiantato nel 1860 un camino in muratura, destinato a raccogliere i gas caldi di ben 24 caldaie alimentate dal gas degli alti-forni e capaci di far funzionare quattro macchine soffianti, della potenza complessiva di circa 900 cavalli. Cotesto camino aveva 80 metri di altezza, comprese le fondazioni, e metri 3.10 di diametro interno alla sommità; a malgrado di così grandi dimensioni esso era divenuto insufficiente a motivo delle installazioni di nuovi apparecchi destinati alla fabbricazione dell'acciaio Bessemer, ed essendosi deciso nel 1870 di innalzare un nuovo camino, sull'avviso dell'ingegnere delle costruzioni, signor Geay, fu sostituito il ferro alla muratura: eravi già del resto un precedente, essendochè un primo camino di ferro era stato costruito nell'officina, a-vente 60 m. di altezza e m. 1.50 di diametro alla sommità; il suo peso non aveva superato le 28 tonnellate, esso era stato messo insieme sul luogo e poi sollevato in un sol pezzo. Senonchè il nuovo camino doveva avere ben maggiori dimensioni e difatti gli furono assegnati 85 metri di altezza, 7 metri di diametro alla base e m. 3.30 alla sommità; il suo peso è di 80 tonnellate. Questo camino posa su di un massiccio in muratura che si eleva di un metro

al disopra del suolo e la cui massa pesa 300 tonnellate circa. Il camino è formato con fogli di lamiera di ferro, dell'altezza di m. 1.25 e di spessore che varia da 14 a 7 millimetri dalla base alla sommità. Quattro lamiere formano la circonferenza, ad eccezione dei nove anelli in base, ciascuno dei quali è formato con otto lamiere a motivo della forma campanulata che va rapidamente allargandosi verso la base fino a metri 7 di diametro. Questa parte inferiore è protetta all'interno contro i colpi di fuoco da un rivestimento di mattoni. La messa in opera ebbe luogo senza ponti di servizio speciali, essendosi fatto servire lo stesso camino come di sostegno ad un palco circolare che innalzavasi di conserva colla costruzione. Le diverse operazioni per la messa in opera non hanno richiesto che 70 giornate di lavoro, ossia 24 ore in media per ogni anello. Questo camino non ha finora dato alcun segno di soffrire le variazioni di temperatura o il soffiare dei venti, ciò che dimostra la grande sua stabilità e la fiducia che si può avere in cotesto genere di costruzioni. Il prezzo totale della parte in ferro, compresa la messa in opera, è stato valutato lire 40000 circa.

MECCANICA APPLICATA

SOPRA ALCUNI STRUMENTI DINAMOMETRICI

acquistati recentemente dal R. Istituto Tecnico di Torino (*).

DINAMOGRAFO — MANOVELLA DINAMOGRAFICA FRENO DINAMOMETRICO THIABAUD.

(Veggasi le tav. IX e X).

La Collezione di meccanica dell'Istituto tecnico di Torino, nell'anno ultimo trascorso, venne arricchita di tre importanti strumenti dinamometrici, cioè di un dinamografo e d'una manovella dinamografica di Kraft, e di un freno dinamometrico Thiabaud a circolazione d'acqua. Per quanto io mi sappia, il dinamografo e la manovella dinamografica sono i primi strumenti di questo genere importati in Italia. Il freno Thiabaud, sebbene da parecchi anni sia uno strumento d'uso comune pei nostri Ingegneri dell'Amministrazione della tassa sul macinato, tuttavia non può dirsi ancora abbastanza conosciuto anche nel nostro paese, almeno quanto merita un perfezionamento da annoverarsi fra quelli di maggiore rilievo stati fino ad oggi arrecati al più prezioso degli strumenti di misura della meccanica applicata.

Mi è pertanto sembrato che una memoria, nella quale i tre strumenti sovramenzionati venissero minutamente descritti, e fosse di più esposta la maniera di farne uso, non dovrebbe tornare affatto discara a tutti coloro che, nella diffusione ognora crescente delle macchine agrarie mosse da animali o dall'uomo, e delle macchine motrici d'ogni natura, hanno bisogno di misurare con esattezza il lavoro meccanico consumato o prodotto da queste macchine, allo scopo di accertarne il vero valore economico ed industriale. Ad un cosiffatto compito io mi sono accinto, secondo le mie forze, tanto più volentieri perchè, in unione ad alcuni egregi colleghi professori della Scuola degli ingegneri e dello Istituto tecnico, ebbi occasione di eseguire numerosi e svariati esperimenti coi tre accennati strumenti, durante la

(*) Raccomandiamo all'attenzione degli Ingegneri i quali si occupano della parte sperimentale della meccanica applicata e dell'idraulica pratica gli strumenti che l'egregio comm. Cavallero, Preside del fiorentino Istituto tecnico di Torino, e Professore di macchine a vapore nella R. Scuola di applicazione degli Ingegneri, volle egli stesso descrivere nelle colonne di questo Periodico, con disegni stati abilmente rilevati dal vero dal sig. L. Varetto, disegnatore nell'Arsenale e Professore di disegno delle Scuole Municipali.

(Nota della Direzione).

Esposizione di macchine agrarie tenutasi nell'anno ultimo passato in Torino per cura del nostro Comizio agrario, e quindi per lunghe ripetute prove mi venne dato di riconoscere i molti pregi degli strumenti medesimi, e di apprezzare, in modo speciale, i vantaggi incontestabili del freno dinamometrico Thiabaud comparativamente a tutte le altre disposizioni conosciute di questo apparecchio.

I. — Dinamografo di Kraft.

Brevi cenni generali intorno ai dinamometri e segnatamente intorno ai dinamografi a moto dipendente o con motore cronometrico. — Comunemente vien dato il nome di *dinamometri* agli strumenti destinati alla misura del lavoro meccanico, quantità questa di natura complessa, cioè risultante dal prodotto di due fattori, uno sforzo e lo spazio descritto dal punto d'applicazione, e secondo la direzione, di questo sforzo. Nei casi, in cui l'intensità del fattore *sforzo* è continuamente variabile, si ottiene una misura abbastanza approssimata del lavoro svolto in un determinato intervallo di tempo, dividendo lo spazio totale percorso durante questo tempo in un grande numero di parti, per conseguenza piccolissime, risguardando per ognuno di questi spazi parziali siccome costante il valore dello sforzo, uguale cioè a quello che corrisponde per es. al primo punto del rispettivo spazio parziale, ed infine facendo la somma dei prodotti di ciascuno dei medesimi spazi pel corrispondente valore dello sforzo. Questa operazione equivale manifestamente a calcolare l'area di una curva riferita a due assi di coordinate ortogonali, ed avente per ascisse de' suoi vari punti le successive somme degli accennati spazi parziali contate sempre dal principio od origine degli spazi, con cui si suppone coincidere l'origine delle coordinate, e per ordinate degli stessi punti gli sforzi corrispondenti ai diversi spazi parziali e rappresentati graficamente per mezzo di lunghezze riferite ad una comune unità di misura, la quale a sua volta è la rappresentazione grafica dell'unità di sforzo. Una curva cosiffatta costituisce appunto quanto effettivamente si ricava applicando una prima classe di dinamometri, dei quali tra breve riferirò la speciale denominazione in uso.

Se non che evidentemente un dinamometro della specie or ora mentovata, vale a dire capace di registrare i valori dello sforzo corrispondenti a ciascun punto dello spazio, deve avere qualcuna delle sue parti, consistente per lo più nel nastro di carta su cui viene tracciata la curva anzidetta, animata da un movimento di medesima velocità, od almeno da un movimento a ragione costante di velocità, rispetto alla macchina alla quale lo strumento trovasi applicato. Ora siccome in molti casi ciò è, per non dire impossibile, di effettuazione difficilissima, ad es. nelle misure di trazione colle falciatrici, mietitrici, e cogli aratri privi di avantreno, così si preferisce allora di far camminare la carta del dinamometro, indipendentemente dalla macchina, imprimendo a quella un movimento uniforme per via d'un motore speciale, che per lo più è un motore cronometrico o di orologeria a molla. In tal modo però si comprende di leggieri che la curva tracciata dal dinamometro viene invece ad avere per ascisse de' suoi punti non più gli spazi, ma i valori successivi del tempo durante il quale si fa lo esperimento, e per conseguenza che l'area di questa curva non rappresenta più il lavoro sviluppato dalla macchina: donde si fa palese del pari che questo lavoro vuol essere determinato con un procedimento diverso da quello testè esposto.

Coi dinamometri che danno una curva, le cui ascisse rappresentano gli spazi, il lavoro si può eziandio, anzi si suole di preferenza, ottenere quadrando dapprima la curva, cioè determinando l'area compresa fra la curva stessa, l'asse delle ascisse e le due ordinate estreme, poscia cercandone l'ordinata media col dividere quest'area per l'ascissa totale o distanza fra le ordinate estreme, e da ultimo moltiplicando questa ordinata media, che rappresenta lo *sforzo medio* esercitato dal motore durante l'esperimento, per lo spazio totale descritto dal motore. Il motivo, per cui d'ordinario si preferisce quest'altro procedimento, si è che così l'area della curva si può calcolare nella unità di misura

che si vuole, per es. in centimetri quadrati se le ascisse e le ordinate sono valutate in centimetri; con che l'ordinata media della curva risulta pure espressa in centimetri, ed allora per avere l'accennato sforzo medio basta moltiplicare questa ordinata pel valore dello sforzo corrispondente ad una ordinata lunga un centimetro, val quanto dire, essendo per lo più una molla l'organo del dinamometro che trasmette gli sforzi dal motore e segna le ordinate della curva, moltiplicando l'ordinata media pel coefficiente di trazione, o di compressione, o di flessione della molla, in altre parole, pel peso con cui questa dev'essere tirata, pre-muta od inflessa per produrre sulla medesima un allungamento od accrescimento o saetta di un centimetro.

Venendo dopo di ciò ai dinamometri, i quali somministrano una curva avente i tempi per ascisse, è manifesto che si potrà giungere alla determinazione del lavoro operando nel seguente modo. In primo luogo si calcolerà l'area della curva. In seguito dividendo questa area per la sua ascissa totale, o distanza fra le ordinate estreme, si otterrà l'ordinata media, vale a dire la stessa ordinata del calcolo precedente. Moltiplicando poscia questa ordinata pel coefficiente della molla, si avrà lo sforzo medio, a cui finalmente terrà dietro il calcolo del lavoro moltiplicando ancora questo sforzo per lo spazio descritto dal motore durante l'intero esperimento.

Da quanto precede deriva una prima classificazione degli strumenti dinamometrici, in dinamometri cioè a moto dipendente da quello della macchina sperimentata, ed in dinamometri a motore speciale o cronometrico. Tutti questi dinamometri, i quali forniscono graficamente la cercata misura del lavoro mediante l'area di una curva, detta comunemente *diagramma*, vengono specificati colla denominazione maggiormente caratteristica e propria di *dinamografi*.

La classificazione ora stabilita è la più importante relativamente all'oggetto del presente scritto. Per questo motivo appunto, ed anche per avere occasione di ricordare ciò che significa *sforzo medio*, e come si ricavano dall'ottenuto diagramma sia questo sforzo, sia il lavoro prodotto per tutta la durata dell'esperimento, vollen trattenermi alquanto sulla origine della classificazione medesima. Al contrario ora, prima di passare a far parola del dinamografo di Kraft, mi contenterò solo di aggiungere brevissimi cenni circa altre classificazioni degli strumenti dinamometrici.

Primieramente rammenterò che si hanno dinamometri, i quali in luogo di somministrare un diagramma, di cui è mestieri determinare l'area od analiticamente, sommando cioè un certo numero di aree parziali piccolissime, ovvero meccanicamente per mezzo dei noti metodi della bilancia e del planimetro, danno immediatamente quest'area già calcolata, che è da essi indicata sopra un circolo graduato formante parte di acconcio meccanismo sostituito all'apparecchio registratore grafico. Questi dinamometri, molto utili nei casi in cui l'esperimento deve durare lungo tempo, diconsi dinamometri totalizzatori od integratori, oppure anche dinamometri a mostra od a quadrante. Coi medesimi, per ottenere la quantità di lavoro domandata, basta moltiplicare il numero fornito dallo strumento per apposito coefficiente.

Per rapporto ancora all'effetto, in cui lo strumento converte il lavoro da misurarsi, e che consiste ora nel fare equilibrio ad un peso, ora nel comprimere una molla, tal'altra volta nel torcere un albero, talora anche nello sviluppar calore per mezzo dell'attrito, od infine nel produrre fenomeni ottici, i dinamometri si distinguono pure in dinamometri a peso (come il freno dinamometrico di Prony), a molla (come i dinamografi di Morin, Kraft, Bentall, Bourdon, ecc.), a torsione (come il pandinometro di Hirn), termici (come il freno termodinamico di Berruti), e cromatici (come il dinamometro ottico di Wertheim) (*).

(*) Chi bramasse conoscere il pandinometro di Hirn ed il freno termodinamico dell'ingegnere Giacinto Berruti potrà consultare l'opuscolo dello stesso Hirn: *Le pandynometre, appareil propre à déterminer le travail mécanique produit par un moteur, ou consommé par une machine* — par M. C. A. Hirn: Paris, Dunod, 1867, e la memoria del prefato ingegnere Berruti inserita negli *Atti della R. Accademia delle*

A seconda poi del lavoro meccanico, che si vuol misurare, cioè secondochè questo lavoro è disponibile sull'albero del volante di un motore idraulico, o termico, ovvero è quello svolto nel cilindro di una macchina a pressione di acqua od a vapore, od ancora trattasi del lavoro sviluppato nella trazione dei veicoli sulle strade ferrate ed ordinarie, degli aratri e di altre macchine agrarie, o del lavoro infine consumato da una macchina operatrice a rotazione, fa d'uopo ricorrere a dinamometri fondati sugli stessi principii sovra enumerati, ma aventi disposizioni differenti, e conosciuti per lo più sotto i nomi di freni dinamometrici, di indicatori di pressione, di dinamometri di trazione e di dinamometri a rotazione. A quest'ultima classe dei dinamometri a rotazione appartiene la manovella dinamografica, della quale è mio proposito far speciale menzione nel seguito del presente scritto.

Dovendo in questo scritto parlare anche, in modo particolare, del freno dinamometrico di Thiabaud, gioverà citare ancora qui un'ultima classificazione dei dinamometri, secondo che cioè essi sono atti a registrare unicamente il lavoro sviluppato dal motore in un determinato istante, ovvero lo registrano in maniera continua per un dato intervallo di tempo. I primi, fra cui vanno compresi il dinamometro ordinario di Regnier per la semplice misura degli sforzi di trazione e di compressione, i freni dinamometrici e l'indicatore delle pressioni, diconsi dinamometri a registrazione istantanea; i secondi all'incontro denominansi dinamometri a registrazione continua, od anche a moto continuo. Nel fare però questa distinzione, per rapporto ai freni dinamometrici ed agli indicatori di pressione, io intendo di alludere unicamente alle loro disposizioni più in uso, giacchè queste due specie di strumenti dinamometrici potrebbero anche venire muniti d'apparecchio registratore a moto continuo, come ne porgono l'esempio per gli indicatori le disposizioni note sotto i nomi di indicatori a moto continuo di Morin, di Schaeffer e di altri.

Descrizione del dinamografo di Kraft. — Questo strumento (*), costruito da E. Kraft e figlio di Vienna, è il noto dinamometro a molla elittica di Regnier, poc'anzi menzionato, coll'aggiunzione però molto ingegnosa di un meccanismo registratore grafico a motore indipendente o cronometrico. Quindi esso appartiene al novero dei dinamografi a molla ed a moto continuo, i quali registrano i valori dello sforzo corrispondenti ad ogni istante dell'intervallo di tempo, per cui dura l'esperimento: così che col medesimo, come tra breve indicherò, si può eziandio ottenere lo sforzo medio esercitato, mentre il dinamometro di Regnier è soltanto capace di somministrare lo sforzo massimo. Lo strumento in discorso trovasi rappresentato per mezzo della sua elevazione principale nella fig. 1 della tavola IX. Nelle figure 2-6 di questa tavola sono disegnati varii particolari riferentisi ad alcuni pezzi accessori necessari per le diverse applicazioni dello strumento, ed alla forma ed al calcolo dei diagrammi da esso somministrati.

Incomincerò dalla descrizione della fig. 1, il ché è quanto dire dello strumento. Una molla elittica d'acciaio A trovasi, in una delle estremità del suo asse minore, congiunta al vertice inferiore della piastra d'ottone F avente a un dipresso la forma di un settore circolare. A questa piastra sono anche raccomandate tutte le altre parti dello strumento, epperò gli aghi indicatori degli sforzi ed il meccanismo per la

Scienze di Torino, vol. VII, 1871 72, a pag. 485 e seg. Intorno a tutti gli altri dinamometri qui sovra menzionati, compreso il dinamometro ottico di Wertheim, io pure ho già da varii anni pubblicato minuti ragguagli nel *Corso di letture tecniche normali sulle macchine motrici professato presso il R. Museo Industriale in Torino* — Torino, 1867 (vedi le letture 1^a e 2^a riferentisi alla dinamometria). Sopra ogni altra poi deve qui citarsi un'opera classica che tratta a lungo il medesimo argomento dei principali strumenti dinamometrici, di alcuni dei quali anzi l'autore dell'opera è l'inventore, voglio dire l'opera dell'illustre generale Arturo Morin, intitolata: *Leçons de mécanique pratique. Notions fondamentales de mécanique*, 3^e édit., Paris, 1860, a pag. 34 e seg.

(*) Il quale vuoi ideato dal barone Adamo Burgh, e venne già adoperato, in Germania e nell'Impero Austriaco, in occasione di parecchi Concorsi agricoli.

registrazione grafica di questi sforzi con motore cronometrico. In *b* sulla medesima piastra F sorge il pernio di rotazione di una leva angolare, della quale uno dei bracci B snodato in *r* va ad unirsi, parimente a snodo, con una piccola staffa *a* fissata per mezzo d'una vite di pressione sull'altra estremità dell'asse minore della molla A. L'altro braccio C della leva, che invece è rigido in tutta la sua lunghezza, porta presso il suo estremo libero, e nel senso longitudinale, scolpita una breve feritoia, entro la quale sta prigioniero un cilindretto *d* annesso al braccio D portante gli indici *f* e *g* dello strumento, in un col meccanismo registratore, e girevole sulla piastra F intorno al centro *e*. Dopo ciò è manifesto che, rendendo l'elisse della molla più schiacciato sia col tirare questa per la estremità dell'asse maggiore, come quando debbonsi misurare sforzi di trazione, sia comprimendo la molla sulle estremità dell'asse minore, come avviene per la misura degli sforzi di compressione, il vertice *a* della molla si avvicina al vertice opposto, la leva angolare BC prende a girare d'una certa quantità, e col suo braccio C costringe il porta-aghi a spostarsi, camminando questi verso dritta sulla graduazione circolare G di una quantità proporzionale all'intensità dello sforzo esercitato. A questo punto torna in acconcio di far notare che tale graduazione è duplice, ossia che due sono in essa gli archi graduati, dei quali l'uno di raggio maggiore si riferisce agli sforzi di trazione, e l'altro invece agli sforzi di compressione. Osservando la numerazione di questi archi si riconosce facilmente che per i primi sforzi la portata dello strumento sale fino a 900 chilogrammi, mentre per quelli di compressione va soltanto fino ai 100 chilogrammi. Relativamente alla leva angolare più volte mezionata, farò notare ancora che la molla *i*, applicata al braccio C di questa leva, ha unicamente l'ufficio di mantenere a sito una piccola chiave, la quale si toglie allorchando si vuole liberare il cilindretto *d*, e quindi il braccio D, dalla sua unione colla leva medesima per smontare il meccanismo registratore.

Esaminiamo ora in modo speciale, attesa la sua grande importanza, la disposizione data dal costruttore allo stesso meccanismo registratore. La porzione della piastra F abbracciata dalla graduazione G è alquanto rilevata sulla faccia anteriore di questa piastra, alla quale faccia inoltre trovasi sovrapposta come una piastra di rinforzo E di forma consimile e di dimensioni tali da lasciare fra essa e la graduazione G una zona, entro cui viene adagiata la lista di carta I (fig. 5) convenientemente ritagliata e destinata a ricevere il diagramma, vale a dire la curva degli sforzi, ai quali è sottoposta la molla A durante l'esperimento. Questa lista di carta si ritaglia mercè d'apposita sagoma metallica compresa tra i pezzi accessori del dinamografo. Nell'eseguire questa operazione si praticano ad un tempo nella lista di carta quattro fori circolari, due *s*, *s'* di diametro alquanto maggiore degli altri due *t*, *t'*. Preparata così la lista di carta, si colloca a suo luogo entro la zona testè accennata, togliendo prima le due viti *h*, *h'*, e con queste viti eziandio due laminette metalliche movibili formanti come i bordi laterali della zona, e poscia applicando sulla zona la carta in maniera che i due fori più piccoli risultino infilati sopra due piccole punte *k*, *k'* sporgenti sulla piastra F. In questo modo la carta rimane senz'altro disposta al suo luogo; e più non devesi se non fissarvela, ciò che si fa rimettendo le due laminette, portanti fori analoghi a quelli della carta, in guisa che i fori minori coincidano colle due punte *k*, *k'*. Finalmente ancora si ricollocheranno al loro sito le due viti *h*, *h'*, dopo d'aver fatto girare attorno alle punte le due laminette tanto da ottenere l'esatta sovrapposizione dei fori di maggior diametro delle stesse laminette e della carta.

Ho già avvertito che il meccanismo motore, il quale consiste in un motore d'orologeria a molla, è interamente raccomandato al braccio D in un colla matita pel tracciamento del diagramma. Il movimento d'orologeria si monta per mezzo d'una chiavetta ordinaria applicata all'asse *o*, a cui va annesso un arresto conosciuto sotto il nome di croce di Malta. L'asse medesimo *o*, fra le due cartelle da cui è tenuto in sesto il movimento d'orologeria, ha la forma di un piccolo subbio, al quale va via avvolgendosi un cor-

doncino di seta, che a sua volta obbliga a scorrere con moto uniforme il carretto *c*, portante la matita, dalla circonferenza verso il centro *e* in apposita feritoia praticata nel braccio D. La matita da una piccola molla a spira è costretta a stare appoggiata leggermente sulla carta, così che il suo moto radiale combinato con quello circolare, comune a tutti i punti del braccio D, genera la formazione di diagrammi somiglianti a quelli indicati con $\alpha\beta\gamma$ nella fig. 5. La matita è semplicemente metallica, cioè d'ottone, e la carta chimicamente preparata, ossia del genere di quella conosciuta sotto la denominazione di carta metallica. In principio dell'esperimento il carretto *c* si fa venire fin presso all'estremità libera del braccio D; al quale oggetto serve un uncinello unito al cursore medesimo.

Importa che lo strumento imparnda a segnare il diagramma partendo da un determinato istante. Prima di questo istante il movimento d'orologeria deve stare in riposo, vale a dire bisogna che il carretto *c* rimanga immobile nella sua feritoia. Giunto il medesimo istante, che lo sperimentatore osserva sopra un orologio a secondi, fa mestieri che tosto il carretto cominci a muoversi lungo il braccio D. Per quest'uopo si ricorre ad un'altra piccola leva *ll* di cui l'un braccio è foggiato a semicircolo, e l'altro è rettilineo. Questa leva è girevole intorno all'asse *m*; di più essa è armata d'un piccolo dente *n* all'estremità del braccio ricurvo. Il braccio rettilineo alla sua estremità trovasi unicamente ripiegato ad angolo retto. Dalla parte inoltre, in cui sta questo braccio rettilineo, si ha pure un piccolo regolatore ad ali del movimento d'orologeria, girevole attorno ad un asse perpendicolare all'asse *m* della leva in discorso. Finchè, caricato il piccolo motore, si permette a questo regolatore di girare, il motore funziona, il carretto *c* si muove e resta tracciato sulla carta il diagramma. Volendo però arrestare il tracciamento del diagramma, basta impedire all'anzidetto regolatore di girare. La quale cosa appunto si ottiene spostando la leva *ll* in modo da cacciare fra le ali del regolatore la estremità acconciamente ripiegata del braccio rettilineo della leva medesima. Allora la matita non farà che segnare continuamente lo stesso arco di circolo.

Durante l'esperimento il dinamografo, la cui costruzione è di natura molto delicata, vuol essere mantenuto al riparo dalla polvere, per es., se viene applicato a misure di trazione di carri, aratri, ecc. Quindi il medesimo si suole rinchiudere in acconcia scatola, al cui coperchio trovasi applicato un piccolo braccio di manovella girevole in un piano parallelo al piano di movimento del braccio D, ed al quale internamente alla scatola va annessa in direzione parallela e conspirante una molla. Due arresti concedono a questa molla di oscillare nei due sensi soltanto per una limitata ampiezza. Spostata la molla medesima in un verso va ad urtare il dente *n* della leva *ll* su d'un fianco, e fa girare questa leva nello stesso verso, mentre nel medesimo tempo la molla s'inflette, e passa dall'altra parte del dente, perchè la leva pure è suscettiva soltanto d'una corsa limitata. Dopo di ciò la molla è in pronto per agire nel verso contrario. Affine di meglio preservare da ogni guasto il movimento d'orologeria, al disopra del braccio D ed a conveniente distanza trovasi un'ultima piastra identica alla E, a cui è congiunta per via delle viti *p* e *q*. Il coperchio or ora mentovato della scatola del dinamografo porta una finestra munita di lastra di vetro, per poter riconoscere se l'apparecchio registratore funziona, senza dover aprire la scatola.

Pezzi accessori e modo di far la tara del dinamografo.

— Ad eccezione della sagoma metallica per ritagliare la carta, e della quale ho già disopra fatto parola, tutti quanti questi pezzi accessori sono disegnati nelle figure 2_a e 2_b, 3_a e 3_b, 4_a e 4_b, e 6. I pezzi rappresentati nelle figure 2_a, 2_b e 3_a, 3_b, consistenti l'uno in una staffa K armata di un'asta H, che è foggjata a guisa di sega, e l'altro in un gancio L munito di una grucciona M, servono a misurare col dinamografo gli sforzi di trazione che un uomo è capace di esercitare colle mani. Colloca la staffa K sul suolo, in modo da risultare l'asta H diretta secondo la verticale, l'uomo vi monta sopra coi due piedi rispettivamente sulle due braccia della staffa. Impugnata quindi colle due mani

la grucciona M, dopo d'averli sospeso al gancio sottostante L il dinamografo per una delle estremità dell'asse maggiore della molla A (fig. 4), si attacca questa molla per l'estremità opposta ad uno degli uncini dell'asta H, e si tira il tutto verso l'alto con sforzi la cui intensità si può leggere sul quadrante graduato G dello strumento. È ovvia la disposizione che si dovrebbe dare allo strumento per misurare gli sforzi di trazione, che un uomo può esercitare colle mani in direzioni diverse dalla precedente. L'impiego eziandio dei ganci doppi riportati nelle figure 4_a e 4_b, soprattutto nelle misure di trazione dei carri, degli aratri e di altre macchine agrarie, è troppo facile ad immaginarsi per richiedere una spiegazione.

La determinazione dei numeri da apporsi alle due scale graduate dello strumento, ovvero la verifica di quelli già esistenti, costituisce l'operazione detta tara del dinamografo. Or bene è manifesto che questa operazione si potrà eseguire molto agevolmente sospendendo lo strumento ad un punto fisso per una delle estremità dell'asse maggiore della molla, e poscia applicando all'altra estremità dei pesi corrispondenti ai varii numeri della graduazione, la quale si riferisce agli sforzi di trazione. Per l'altra graduazione, relativa agli sforzi di compressione, bisognerà invece fermare solidamente lo strumento, dopo d'averlo capo volto, in un piano verticale, lasciando però alla molla ogni libertà d'azione; in seguito basterà gravare la molla stessa di pesi conosciuti nel vertice coincidente coll'estremità superiore del suo asse minore. In ogni caso, fra l'una applicazione e l'altra dei pesi si avrà l'avvertenza di lasciar trascorrere un conveniente intervallo di tempo, affine di dare alla molla agio ad assumere il debito grado di tensione.

Rimane ancora a dirsi una parola dell'ultimo pezzo accessorio, che è riprodotto nella fig. 6. Rispetto a questo pezzo osserverò primieramente che nei diagrammi ricavati col presente dinamografo a motore cronometrico, il quale cioè in luogo dei due fattori diretti del lavoro meccanico *sforzo e spazio* somministra invece lo sforzo ed il tempo, i valori dello sforzo vogliono essere misurati angolarmente sulle graduazioni G, e quelli del tempo linearmente sopra raggi degli stessi archi graduati, vale a dire sopra raggi diretti al centro *e* di rotazione degli aghi indicatori (fig. 1). Emerge da ciò che, essendo dato uno dei diagrammi in discorso come N ad esempio (fig. 5), per avere gli sforzi corrispondenti ad ogni istante dell'intervallo di tempo trascorso nell'esperimento, fa d'uopo tracciare sulla carta contenente il diagramma dei raggi convergenti tutti al predetto centro *e*. Prolungando allora questi raggi fino all'incontro della graduazione G, ben inteso dopo d'aver rimesso la lista di carta al suo luogo sul dinamografo, si otterrà in tale incontro l'indicazione dello sforzo relativo a ciascun raggio, e quindi al punto in cui questo raggio interseca la curva del diagramma. Or bene, cosiffatti raggi ponno assai comodamente tracciarsi colla specie di squadretta rappresentata nella fig. 6, ed il cui profilo curvilineo esterno *uv* non è altro se non una porzione dell'arco maggiore della lista di carta I (fig. 5), ed il profilo rettilineo *uv* è un raggio del medesimo arco. Dato pertanto un punto della curva del diagramma, si avrà il raggio relativo a questo punto collocando la squadretta in discorso sul diagramma in modo che *uv* combacii coll'arco esterno della lista di carta ed *uv* passi pel dato punto.

Maniera di usare il dinamografo. — Per viemmeglio fissare il pensiero suppongasì di voler applicare il dinamografo, che son venuto fin qui descrivendo, alla misura dello sforzo medio prima, e poscia del lavoro totale di trazione, per es. di un aratro. Per fare il calcolo di queste due quantità lo sperimentatore dovrà procacciarsi: 1° il diagramma degli sforzi esercitati dagli animali durante l'esperimento; 2° la lunghezza totale della strada percorsa, oltre ad notare la durata dell'esperimento sopra di un orologio a secondi.

Si stabilirà adunque sul terreno un allineamento rettilineo con paline o picchetti, fra i quali se ne segneranno due in modo speciale, quelli cioè che corrispondono alle due estremità del tratto di strada per cui si vuole istituire l'esperimento; e si procederà alla misura della lunghezza

di questo tratto. Poscia allestito il dinamografo colla carta destinata a ricevere il diagramma, come si è spiegato qui addietro, e collocatolo al suo luogo frammezzo all'aratro ed agli animali, si faranno muovere questi ultimi lungo l'accennato allineamento, partendo da un punto situato prima dell'origine del tratto di strada da sperimentarsi, onde gli animali abbiano campo a prendere un andamento normale. Giunto che sia lo strumento dirimpetto al primo dei picchetti portanti un segno particolare, si porrà in azione il movimento d'orologeria, spostando convenientemente la leva di comando annessa al coperchio della scatola contenente il dinamografo. Si ripeterà la stessa manovra, però in senso inverso, allorchè il dinamografo passerà dinanzi al secondo picchetto segnato in modo speciale. Nel medesimo istante sarà compiuta la descrizione del diagramma degli sforzi. Quanto poi alla durata dell'esperimento, è manifesto che essa si potrà facilmente ottenere, osservando il tempo su d'un orologio a secondi negli istanti in cui il dinamografo passa dinanzi ai due picchetti individuati in maniera particolare.

Calcolo dei diagrammi ottenuti col dinamografo. — Se durante un esperimento col dinamografo lo sforzo si mantenesse costante, risulta chiaramente dalle cose fin qui esposte che il diagramma ridurrebbe ad un tratto di linea retta convergente al centro di rotazione del braccio portatore dei due aghi. Che se al contrario, come d'ordinario accade, lo sforzo varia in modo continuo, ora crescendo, ed ora diminuendo d'intensità, è pure palese che si avrà per diagramma una linea sinuosa, ossia passante ora a dritta, ed ora a sinistra del raggio corrispondente allo sforzo medio. Finalmente si comprenderà altresì che, ove le oscillazioni dello sforzo rispetto al medesimo raggio siano molto rapide, come ad es. avviene nella trazione degli aratri e delle macchine agrarie, per le quali la resistenza da vincersi variando quasi ad ogni istante in modo notevole in più ed in meno, gli animali trovansi pressochè costretti ad agire per successive strappate, il diagramma deve finire con diventare un'area chiusa situata parte al di qua e parte al di là del raggio rappresentante lo sforzo medio. Tali appunto sono i diagrammi che coll'attuale dinamografo di Kraft, vennero ricavati sopra una macchina seminatrice, e dei quali sono riportati tre esempi α , β e γ nella fig. 5: ond'è che io per considerare il caso più complesso possibile del calcolo che ora ho in animo di esporre, mi varrò, esagerando unicamente le dimensioni per motivo di chiarezza, del diagramma N contenuto nella stessa fig. 5.

Dirò *t* il tempo trascorso durante l'esperimento, valutato in minuti secondi, ed *l* la lunghezza di tutta la strada descritta dalla macchina, cui il dinamografo venne applicato. Per mezzo della squadretta, della quale si è fatto cenno precedentemente, si principierà dal condurre un raggio *xy*. Poscia, segnato su questo raggio il centro comune ai due archi della lista di carta si traccieranno due archi concentrici e tangenti al diagramma, i quali verranno ad incontrare il raggio *xy* in 0 e 7. Si dividerà in seguito ancora la lunghezza 07 in un numero bastantemente grande e pari $2n$ di parti eguali, e per ciascun punto di divisione si segneranno altrettanti nuovi archi di circolo concentrici ai precedenti e prolungati tanto da intersecare la curva del diagramma dalle due parti. Finalmente dividerannosi le porzioni di ciascuno di questi archi, comprese nel diagramma, in due parti uguali, e nel modo precedentemente indicato si troveranno i numeri della graduazione corrispondenti ai raggi passanti per gli ottenuti punti di mezzo degli stessi archi, inclusi i due archi estremi di cui supporrò di qualche estensione il contatto colla curva del diagramma. Denoterò codesti numeri, i quali rappresentano i valori medii dello sforzo alla fine degli intervalli di tempo

$$\frac{t}{2n}, \frac{2t}{2n}, \frac{3t}{2n}, \frac{4t}{2n}, \frac{5t}{2n}, \dots, \frac{(2n-1)t}{2n}, t,$$

rispettivamente con

$$h_1, h_2, h_3, h_4, h_5, \dots, h_{2n-1}, h_{2n}.$$

Dopo di ciò, siccome secondo la nota regola, o formola

di quadratura, di Simpson l'area della curva, che in coordinate ortogonali abbia per ascisse i tempi ora accennati e per ordinate gli sforzi corrispondenti, risulta espressa da

$$\frac{1}{3} \frac{t}{2n} \left\{ (h_1 + h_{2n}) + 2(h_3 + h_5 + \dots + h_{2n-1}) + 4(h_2 + h_4 + \dots + h_{2n-2}) \right\},$$

così è chiaro che si avrà per l'espressione dell'ordinata media, val quanto dire dello sforzo medio durante l'intero esperimento, sforzo che indicherò con h_m ,

$$h_m = \frac{1}{6n} \left\{ (h_1 + h_{2n}) + 2(h_3 + h_5 + \dots + h_{2n-1}) + 4(h_2 + h_4 + \dots + h_{2n-2}) \right\}.$$

Ottenuto il valore dello sforzo medio h_m , si potranno senza difficoltà determinare i valori del lavoro totale di trazione consumato nell'esperimento, ed il lavoro medio per unità di tempo, cioè per ogni minuto secondo, essendo questi due lavori rispettivamente espressi da lh_m e $\frac{lh_m}{t}$.

Esempi di diagrammi ricavati effettivamente col dinamografo di Kraft. — Il dinamografo posseduto dall'Istituto tecnico di Torino, che porta il numero di fabbrica 142, fu effettivamente applicato a numerose macchine falciatrici, mietitrici e seminatrici ed a macchine trebbiatrici mosse con maneggio, in occasione dell'Esposizione di macchine agrarie tenutesi nel decorso anno 1876 in Torino (*). Di queste applicazioni trovansi riprodotti tre esempi di diagrammi α , β , γ della fig. 5, tav. IX, i quali sono disegnati alla metà del vero e vennero desunti da una seminatrice Smith a dieci file e semplice, cioè senza distributore del concime. Unicamente a titolo di saggio sono inoltre riportate nel quadro qui appresso alcune delle cifre relative a questi tre esperimenti, stati istituiti seminando del grano turco sopra un terreno previamente arato ed erpicato. Rispetto a queste cifre noterò soltanto che quelle esperimenti i valori minimo, massimo e medio dello sforzo di trazione della seminatrice, mossa da una coppia di bovi, furono ricavate dai tre diagrammi come venne a sufficienza dichiarato antecedentemente. Pel calcolo dello sforzo medio la durata di ciascun esperimento fu divisa in 6 parti uguali, vale a dire si è fatto $2n=6$.

| Num. d'ord. degli esperimenti | 1° | 2° | 3° |
|----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | A vuoto coi vomeri sollevati | In azione coi vomeri abbassati | In azione coi vomeri abbassati |
| Diagrammi ottenuti | α | β | γ |
| Lung. tot. della strada percorsa | m. 90 | m. 73 | m. 73 |
| Durata dell'esperimento | 1'.30" | 1'.20" | 1'.20" |
| Valor min. dello sforzo di traz. | kg. 48 | kg. 115 | kg. 115 |
| Valor massimo id. | » 120 | » 205 | » 212 |
| Valor medio id. calcolato | » 93 | » 170 | » 174 |

Per rapporto al terzo diagramma γ farò ancora osservare che, in principio ed alla fine dell'esperimento, si provò ad impiantare nel terreno i vomeri, o coltri seminatori, esercitando sulla loro leva di comando tutta la pressione di cui un uomo è capace, e trovossi così pel valore massimo assoluto dello sforzo di trazione kg. 318.

Avvertenze intorno all'uso del dinamografo ed al calcolo dei diagrammi. — Quanto son venuto fin qui esponendo sembrami bastante per far conoscere i pregi di questo strumento, ed i vantaggi che se ne possono trarre soprattutto per un più retto apprezzamento comparativo di molte macchine agrarie, il cui uso si va ogni dì più diffondendo anche nel nostro paese. Affinchè però i risultati dal medesimo forniti si possano sempre accettare con bastevole fiducia, è indispensabile di non dimenticare mai due cautele da

aversi nelle sue applicazioni. La prima di queste cautele si riferisce alla natura delle sue scale di graduazione le quali per non essere scale di parti uguali, stantechè la resistenza della molla elittica cresce bensì col crescere dell'intensità degli sforzi, ma non con semplice legge di proporzionalità, esigono speciale attenzione nello stimare ad occhio le frazioni di grado. L'altra cautela del pari importante, e da praticarsi massime quando lo strumento ha già subito molte applicazioni e sotto sforzi di qualche considerazione, consiste nel verificarne la tara o le due scale ora menzionate.

La necessità di valutare ad occhio le frazioni di grado manifestamente non può a meno di rendere incerta la massima parte delle letture fatte su questo strumento. Un simile inconveniente è maggiore per la scala degli sforzi di trazione, la quale dal costruttore venne solamente graduata di 100 in 100 chilogrammi. È adunque evidente che, acciò possa valere il prezzo dell'opera la calcolazione dello sforzo medio fatta colla regola di Simpson, o con altra regola analoga, sarà mestieri l'aggiungere alcune suddivisioni ai gradi, quali semplicemente sogliono questi numerarsi dal costruttore. In caso contrario il dinamografo in discorso non può essere considerato se non come uno strumento di mediocre approssimazione, utilissimo ciò nondimeno in molte circostanze, nelle quali però, senza fare molte letture e ricorrere a lunghi calcoli non suscettibili di condurre a risultati di grande esattezza, per dedurre il valore dello sforzo medio basterà limitarsi, per es., a prendere semplicemente la media aritmetica dei due sforzi minimo e massimo indicati dal diagramma.

In altro numero dirò della Manovella dinamografica e del Freno dinamometrico.

Prof. A. CAVALLERO.

RIVISTA DI CHIMICA APPLICATA

SU TALUNE CAUSE DI DETERIORAMENTO DELLE CALDAIE A VAPORE.

Nell'ultimo numero di questa rivista abbiamo accennato agli inconvenienti cui possono dare origine le acque grasse impiegate nell'alimentazione delle caldaie a vapore. L'importanza dell'argomento c'impone di ritornare sulla questione per accennare a talune circostanze finora poco conosciute, e che hanno per effetto la formazione di un deposito, che impedisce all'acqua di bagnare le pareti. Accenniamo ad alcuni fatti, esposti in un articolo del *Bulletin de l'Association parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur*.

Nel 1864 due gruppi, di tre caldaie ciascuno, venivano stabiliti in una officina metallurgica di Silesia per il servizio alternativo di due macchine soffianti di 150 cavalli. L'acqua d'alimentazione era somministrata da due bacini, ove si raccoglieva parimenti l'acqua calda di condensazione. Messe al posto le macchine e incominciato il fuoco, si ebbero a verificare, dopo poche settimane, delle fughe considerevoli, che andarono sempre crescendo e, finalmente, le caldaie non potendo più tener l'acqua, si dovette sospendere il lavoro. Gravi avarie si riscontrarono nell'interno, le quali indicavano che in taluni punti la lamiera aveva subito un forte sopra-riscaldamento.

Nell'interno della caldaia si osservava una polvere grigia, chiara, in parte sotto forma secca sulle pareti, e in parte allo stato di melma sul fondo. Ma non si riesci a spiegare la cagione di questo sovrariscaldarsi della lamiera. La sua buona qualità era fuor di dubbio; poichè la sua resistenza si trovò di 36-40 Cg. per mmq. Si cercò di modificare in tre caldaie le dimensioni della graticola e dei condotti del fumo. Le altre tre caldaie furono completamente rinnovate. Ma nè le une nè le altre diedero buoni risultati. Dopo pochi giorni d'azione, durante i quali il riscaldamento fu condotto colla massima cura, facendo le più scrupolose osservazioni, delle nuove fughe si manifestarono in modo da

(*) Si veggia la relazione di questa Esposizione pubblicata sotto il titolo: *Comizio agrario del Circondario di Torino — Esposizione di macchine agrarie tenuta in Torino nell'anno 1876* — Torino, 1876. — Veggasi pure il 1° articolo già pubblicato su questo argomento a pag. 92 e seguenti di questo periodico.

obbligare nuovamente a sospendere il lavoro. Le stesse avarie nell'interno delle caldaie senza che si riuscisse a sorprendere la cagione.

Finalmente una circostanza speciale portò alla scoperta del male. Una delle caldaie, dopo pochi giorni ch'era stata accesa, fece sentire un rumore sordo e poco dopo una detonazione accompagnata da un violento sussulto, come se fosse sul punto di fare esplosione. Si spense immediatamente il fuoco, e si congetturò che l'acqua non doveva bagnare le pareti della caldaia, quantunque questa si fosse mantenuta sempre al suo livello normale. Si pensò allora, che per l'interposizione di qualche sostanza grassa, le pareti non si trovassero bagnate dall'acqua. Diffatti, analizzate le acque d'alimentazione, si trovò che contenevano piccola quantità di materia grassa, proveniente dall'acqua di condensazione. Le pareti poi della caldaia si trovarono tappezzate di uno strato sottilissimo di un deposito formato da una polvere grassa al tatto e leggera, che non era bagnata neanche dall'acqua bollente sulla quale galleggiava. Seccata a 170° e trattata con acido cloridrico si sciolse per la massima parte con effervescenza. L'analisi ha dato i risultati seguenti:

| | |
|--|-------|
| Ossido di ferro e allumina | 4,54 |
| Calce | 35,90 |
| Magnesia | 8,43 |
| Materia grassa e sostanza organica | 5,44 |
| Materie minerali insolubili | 11,56 |
| Acido carbonico e acqua | 34,43 |

100,00

Era evidente adunque che un sapone calcare erasi formato nell'interno della caldaia sotto forma di velo sottilissimo, che ne ricopriva le pareti, ed impediva all'acqua di bagnarle.

In tali circostanze l'acqua scorrendo sulla lamiera senza bagnarla si trovava mantenuta in gran parte allo stato sferoidale, perciò la lamiera poteva scaldarsi considerevolmente senz'altro il calore venisse trasmesso all'acqua che la ricopriva senza toccarla. Questo stato si manteneva finchè la temperatura della lamiera era tale da bruciare il sapone calcare che la ricopriva. In quell'istante la lamiera venendo a scoprirsi veniva bagnata dall'acqua, il che produceva una piccola esplosione ed un istantaneo raffreddamento sulle parti metalliche. Ecco la causa del rapido logorarsi delle lamiere in tali casi.

Rimesse in azione le caldaie dopo averle lavate ben bene con liscivia di soda, alimentandole colla stessa acqua a cui erasi aggiunto del carbonato sodico per saponificare i grassi, nessun inconveniente si ebbe più a verificare. Avendo cessato dal mandare le acque di condensazione nelle vasche di alimentazione, si poté cessare pure l'aggiunta del carbonato sodico, e le cose procedettero in seguito con piena soddisfazione.

Rimane adunque dimostrato che un miscuglio di acque calcari e di acque contenenti anche piccole quantità di materia grassa, può dare origine a dei gravi inconvenienti nelle caldaie. Tuttavia le circostanze della formazione di questo sapone calcare che, come velo sottile, si distende su tutte le pareti impedendo il contatto dell'acqua, non sono ancora bene conosciute. Si conoscono dei casi, in cui delle caldaie furono alimentate con acque molto più grasse e molto più calcari di quelle dell'officina di Silesia, senz'altro abbiano dato origine a guasti nelle lamiere. L'analisi chimica d'altronde, della polvere grassa che formava questo velo sulle pareti non ci permette di concludere sulla proporzione necessaria, perchè questo sapone calcare si venga a formare in quel dato modo. Comunque sia però, possiamo fin d'ora concludere, che le acque grasse e calcari impiegate all'alimentazione delle caldaie, possono, in date circostanze, dare origine alla formazione di un sapone calcare, che ricopre a guisa di velo sottile la lamiera, e ne impedisce all'acqua il contatto e così potendo avvenire il sovriscaldamento della lamiera, la caldaia è messa in poco tempo fuori di servizio. L'aggiunta di piccola quantità di

carbonato sodico è sempre da consigliarsi tutte le volte che occorre far uso delle acque di condensazione, o di acque altrimenti grasse, per alimentare le caldaie.

NUOVO MODO DI FABBRICAZIONE DEL CARBONATO POTASSICO.

Siccome le ceneri dei vegetali non sono sufficienti per provvedere al consumo attuale di carbonato potassico, si ricorse ad altre sorgenti, e specialmente alla trasformazione del solfato potassico (sia quello del carbone di melassa, sia quello proveniente dal cloruro potassico di Stassfurt) in carbonato potassico. Il metodo di Leblanc si può applicare anche per la potassa, quantunque per la potassa si presentino difficoltà molto maggiori, che non per la soda. Col processo a cui ora accenneremo, si trasforma prima il solfato in solfuro e questo poi in carbonato. Se ad una soluzione di 1 equivalente di solfato potassico sciolto nell'acqua alla temperatura dell'ebollizione si aggiunge poco a poco la soluzione di 1 equivalente di solfuro di bario si ottiene 1 equivalente di solfuro potassico e il solfato baritico si precipita. Se ora la soluzione del solfuro si adopera in luogo dell'acqua per sciogliere nuovo solfato, che poi si tratta allo stesso modo, questa si andrà sempre più arricchendo di solfuro potassico. Una corrente di acido carbonico che si faccia ora gorgogliare nel solfuro potassico, produce formazione di carbonato potassico.

In quanto alla preparazione in grande del solfuro potassico, si sa che i processi ordinari sono lunghi e costosi, sia che si operi la riduzione del solfato per mezzo del carbone, sia che si tratti una soluzione di potassa caustica con l'idrogeno solforato. Il primo metodo dà difficilmente dei prodotti puri per l'azione corrosiva che il solfuro potassico fuso esercita su i mattoni del forno; il 2° è troppo lungo ed oneroso industrialmente. Il signor Vincent fondandosi sulla facilità di trasformazione del solfato baritico in solfuro per mezzo del carbone direttamente sulla suola di un forno a riverbero, raggiunge lo scopo trattando il solfato potassico con solfuro baritico. Col solfuro potassico così ottenuto il signor Vincent fabbrica inoltre il solfo-carbonato potassico, agitando in vaso chiuso secondo il metodo indicato da Dumas, ed alla temperatura di circa 50° un miscuglio di solfuro potassico e di solfuro di carbone.

Un'officina fu impiantata in Francia per applicare questo processo specialmente per la preparazione dei solfo-carbonati su grande scala, nell'intento di combattere la terribile *filosera* della vite.

In tal modo si potranno somministrare i solfo-carbonati a L. 50 il quintale, e si spera che il prezzo diminuirà d'assai, quando l'officina potrà provvedere di per sé alla preparazione del solfuro di carbone di cui abbisogna.

IL SOLFURO DI CARBONE PER IL TRATTAMENTO DEI MINERALI DI ZOLFO.

Il solfuro di carbone va acquistando una sempre maggiore importanza industriale. L'azione solvente che esercita sul fosforo, sui grassi, sulle resine, sul zolfo gli valsero numerose applicazioni; anche perchè la facilità con cui può essere fabbricato ne ha fatto ribassare d'assai il prezzo primitivo.

In Italia il solfuro di carbone ha davanti a sé un avvenire. Già parecchie fabbriche esistono in Toscana, nell'Umbria, nelle Puglie, le quali lo adoperano per l'estrazione delle ultime tracce di olio contenute nelle sanze o meglio buccie delle olive, che sono i residui della fabbricazione degli olii cosiddetti lavati.

Ora apprendiamo dalla relazione sul servizio minerario per il 4° semestre del 1876, pubblicata per cura del Ministero d'Agricoltura, Industria e Commercio, che una nuova applicazione si è tentata del solfuro di carbone per l'estrazione del zolfo dai suoi minerali. Veramente questo metodo d'estrazione non è nuovo, e già altra volta venne tentato in Italia (a Bagnoli presso Napoli per quanto riferisce Knapp nella sua *Chimica tecnologica*). Ne' suoi punti essenziali il trattamento dei mi-

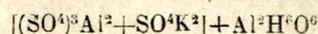
nerali di zolfo non diversifica gran fatto dal trattamento dei residui oleosi. Occorre anche qui una vasca o pozzo di deposito del solfuro; una pompa per sollevarlo, delle caldaie o vasche od estrattori, in cui si trattano le terre solfuree; una caldaia per l'evaporazione del solfuro e per la fusione del solfo deposto, e finalmente un getto di vapore onde eliminare le ultime tracce di solvente rimasto trattenuto nel minerale. Senonchè, per lo zolfo, tali operazioni, facili a regolarsi nel trattamento dei corpi grassi, vengono a complicarsi per la circostanza, che, onde facilitare l'azione solvente del solfuro, gli estrattori debbono essere muniti di camicia di vapore, donde fughe più facili, spese e pericoli maggiori; dalla costruzione dei tubi e specialmente dei rubinetti per il passaggio del liquido saturo, ecc. Un'altra circostanza viene a limitare l'uso del solfuro di carbone, e questa è la necessità di avere minerali di solfo facilmente friabili, perchè trattandosi di rocce dure e compatte la riduzione in piccoli pezzi del minerale esigerebbe una spesa, che la natura del minerale difficilmente comporta.

Contro tali e fors' anche altre difficoltà dovrebbe avere urtato l'officina pel trattamento dei minerali di solfo col solfuro di carbone impiantata a Talacchio sulle sponde del fiume Foglia nella provincia di Pesaro. A parte le difficoltà tecniche che non sono insuperabili, pare l'ostacolo maggiore consistesse nella gran quantità di vapore occorrente sia per la pompa, sia per riscaldare gli estrattori, sia finalmente per ottenere la distillazione del solfuro e la fusione del solfo. Senonchè per quanto riguarda il riscaldamento degli estrattori ci pare che se ne potrebbe forse fare a meno, considerando, che, secondo il Cossa, il solfuro di carbone a 0° è capace di sciogliere circa il 24% di zolfo, ed a 15° (temperatura ordinaria) il 37%. Stando adunque a questi risultati sperimentali, ed ammesso pure che in pratica non si possano avere soluzioni completamente sature, si vede tuttavia che l'impiego delle camicie di vapore non è assolutamente indispensabile; per conseguenza, mentre ammettiamo, come dice la suddetta relazione, che i minerali di zolfo non comportino trattamenti complicati e costosi, tuttavia, crediamo per fermo, che relativamente all'uso del solfuro di carbone nell'industria del zolfo, l'esperienza non abbia ancora pronunciata la sua ultima parola.

LA FABBRICAZIONE DELL'ALLUME ALLA TOLFA PRESSO CIVITAVECCHIA.

Dalla relazione che abbiamo sott'occhio sul servizio minerario per il 2° semestre 1876 desumiamo alcune importanti notizie intorno all'industria dell'allume in Italia. Per contratto 22 settembre 1873 il Demanio cedeva alla Società finanziaria di Parigi la proprietà delle miniere di allumi dei Monti della Tolfa in un cogli annessi stabilimenti, fondi rustici e caseggiati. Questa Società introdusse radicali modificazioni nell'antico sistema di fabbricazione, sistema che trovandosi descritto in tutti i libri di chimica, è inutile che qui esponiamo. Preoccupata la detta Società delle grandi perdite di idrato di allumina che si verificavano, nonchè della lunga durata delle operazioni, pensò di rimediarsi polverizzando anzitutto il minerale con frangitoli americani a mascelle, mossi dal vapore, e sottoponendolo successivamente al trattamento nei forni ed alla lisciviazione con aggiunta di acido solforico e di sali potassici, aggiunta che ha per iscopo di trattenere lo idrato d'allumina, che prima si perdeva e trasformarlo in allume. Un grandioso stabilimento, munito di camere di piombo per la fabbricazione dell'acido solforico venne eretto a tal fine in Civitavecchia con ingente spesa. Quantunque nel 1876 non si sia usciti dallo stadio degli esperimenti, pure la produzione giornaliera (da una a due tonnellate) fu superiore a quella che si aveva in media negli ultimi anni dell'amministrazione governativa. Quando lo stabilimento di Civitavecchia sia in pieno esercizio, dice la relazione, la produzione dello allume aumenterà ancora considerevolmente sino ad uguagliare, se non a sorpassare, quella delle migliori annate dei secoli scorsi; ma il precisarne fin d'ora il probabile quantitativo sarebbe prematuro, trattandosi di sperimentare metodi ed apparecchi, che non ebbero ancora la sanzione della pratica.

Sono ancora degne di nota le analisi citate nella suddetta relazione di N° 5 campioni di allumite, dei Monti della Tolfa, analisi eseguite nel laboratorio della Scuola d'applicazione di Torino. Queste analisi non concordano colla composizione che generalmente si attribuisce all'allumite, per l'assenza della potassa (in un solo dei campioni si è trovato il 3,6%, di potassa, tutti gli altri non ne contenevano). Il che ci dimostra che sulla vera composizione dell'allumite che viene generalmente considerata come una combinazione di allume ordinario anidro e di allumina idratata, secondo la formola



è lecito nutrire dei dubbi.

Fabrizio, giugno 1877.

Ing. CARLO MORBELLI.

BIBLIOGRAFIA

I.

Studi petrografici sul Lazio, per GIOVANNI STRÜVER (parte prima). Dal vol. I, serie 3ª delle Memorie della R. Accademia dei Lincei. Roma, 1877.

L'uso del microscopio nelle ricerche petrografiche ha fatto fare grandi progressi a questa importante parte della geologia: molte idee erronee sulla composizione mineralogica delle rocce furono modificate; parecchi minerali, che si credevano limitati ad alcuni pochi luoghi, si svelarono come elementi essenziali di numerose rocce sparse in tutte le parti della terra; la struttura microscopica dei minerali costituenti le rocce, e il modo in cui sono associati gli uni agli altri, gettarono molta luce sulla origine delle rocce stesse. E questi già importanti risultati aumenteranno di certo, quando saranno più perfezionati i metodi di indagare la natura degli oggetti visibili al microscopio nelle sottili sezioni che si sogliono fare delle rocce stesse per renderle sufficientemente trasparenti e atte alle osservazioni microscopiche.

I naturalisti che in questi ultimi 15 anni si dedicarono allo studio della micromineralogia e microgeologia, rivolsero a preferenza la loro attenzione alle rocce vulcaniche moderne, poichè queste, a motivo della loro minore età geologica, hanno generalmente subito l'influenza modificatrice dell'acqua e degli altri agenti tellurici assai meno delle rocce cristalline più antiche. Gran numero di regioni vulcaniche fornirono il materiale per siffatti studi, ma tanto più deve sorprendere la scarsezza di ricerche microscopiche riguardanti le rocce dei due più estesi distretti vulcanici d'Italia, vuolsi dire della Sardegna e di quell'ampio tratto di paese coperto di prodotti vulcanici, che dalla frontiera toscana si estende, sul versante tireno degli Apenнинi, fino quasi al confine napoletano. Eppure esistono in Sardegna, oltre ai crateri basaltici spenti, vaste regioni occupate da veri basalti e da trachiti che mostrano quasi tutta la lunga serie di varietà, dalle più ricche di silice alle più basiche, dalle più cristalline alle vitree, la cui esistenza fu constatata in Ungheria ed in altre contrade trachitiche. Né meno svariata è la serie delle rocce vulcaniche che si trovano nel secondo distretto accennato. Ciò non ostante, ove tolgansi i lavori del *vom Rath* (1866 e 1868) e alcune notizie date da altri sulla costituzione delle lave di Capo di Bove e Vallerano presso Roma, poco o nulla erasi fatto finora per la microgeologia di così vasta ed importante regione.

Il dottore Strüver, professore ordinario di mineralogia alla Università di Roma, saggiamente pensò di riempire anche questa lacuna, e vi si accinse con animo deliberato, con quell'amore e quella cura che sono la prerogativa di pochi.

Questo scritto contiene osservazioni microscopiche su alcune rocce erratiche del Tavolato, e sulla lava volgarmente detta *sperone*.

Le lave erratiche, racchiuse dai tufi vulcanici del Tavolato, differiscono dalle lave laziali in posto, indubbiamente colate dai monti Albani, per il feldspato, il quale fa parte essenziale della composizione mineralogica delle prime, mentre pare che manchi nelle ultime. Lo Strüver ha trovato che una delle due rocce erratiche descritte si avvicina a certe rocce dei dintorni del lago di Laach e del Kaisersthal in Germania, mentre un'altra è più analoga a molte lave del Vesuvio e a quelle di Pofi presso Frosinone.

Quanto allo *sperone*, dimostra il prof. Strüver, come esso non possa considerarsi come una roccia di composizione mineralogica costante ed essenzialmente diversa da quella delle lave ordinarie del Lazio. Infatti, numerose sezioni sottili, fatte sopra varietà di sperone provenienti da una decina di località del Lazio, dimostrano che le medesime variazioni, le quali si osservano nella costituzione mineralogica della lava grigia ordinaria, si ripetono nello sperone, il quale differisce da essa per la colorazione gialla del pirosseno, e, non sempre però, per la presenza del granato. La composizione mineralogica dello sperone, non che la sua giacitura, fanno credere che esso altro non sia che la lava ordinaria laziale modificata, forse dall'azione dell'acido cloridrico, ipotesi altra volta messa innanzi dal prof. Ponzi.

II.

Studi sui minerali del Lazio per GIOVANNI STRÜVER. — Parte seconda. — (Dalle memorie della R. Accademia dei Lincei, vol. 1, della serie 3^a).

Il chiarissimo autore prosegue in questa seconda parte quello studio importantissimo sui minerali del Lazio di cui abbiamo già lungamente parlato presentando ai lettori la parte prima a pag. 128 nel vol. II di questo Periodico. E dappoi che lo Strüver aveva allora tra le altre cose dimostrato che i geminati a penetrazione, descritti da von Rath come spettanti alla *sodalite*, non erano tali; così è che prende in questa seconda parte a studiare appunto i cristalli di vera *sodalite*, la quale non manca nel Lazio, sebbene vi si trovi rarissima; essa d'altronde non differisce menomamente per il suo aspetto da quella incolore o leggermente grigiastra del M. Somma; ma è assai difficile distinguerla in ogni singolo caso, dalla haunynite, senza ricorrere almeno al cannello ed a qualche reazione per via umida.

Dopo la *sodalite* viene lo studio cristallografico dei seguenti altri silicati anidri:

La *nefelite*, uno dei minerali più frequenti e da lungo tempo conosciuti sotto diversi nomi, che lo Strüver trovò nel Lazio cristallizzata in 8 forme semplici, e colle misure angolari, dimostrò quanto sia l'accordo colla nefelite del M. Somma.

L'*anortite*, scoperta nel Lazio, a quanto pare dallo Spada, e che vi è assai rara, trovandosi soltanto in alcuni massi erratici composti essenzialmente di anortite e pirosseno verde, in aggregati che non differiscono punto dagli analoghi del M. Somma.

Il *sanidino*, che nessuno ancora aveva studiato dal lato cristallografico, e che è siffattamente raro negli aggregati minerali erratici del Lazio che fra migliaia di massi erratici visti sul posto e raccolti, lo Strüver non poté rinvenire che un solo composto essenzialmente di sanidino; lo Strüver trovò ben 8 forme semplici di cristallizzazione, e moltissime combinazioni; ma le costanti variano notevolmente da un individuo all'altro, siccome pure risulta dalle numerose misure del vom Rath, per il sanidino del lago di Laach e quello del Vesuvio.

Il paragone di tutte queste misure, segnatamente per vedere se il sanidino del Lazio si avvicinasse più per la forma cristallina alla varietà del Vesuvio od a quella di Laach fu certo un lavoro paziente e penosissimo dell'autore, dappoi che anche ricorrendo ai minimi quadrati, sarebbero trovate inammissibili differenze tra esperienze e calcoli. Ma d'altronde le facce permettevano misure esattissime; epperò lo Strüver sarebbe disposto a cercare la causa di così singolare fenomeno nella associazione di due feldspati diversi secondo la teoria di Tschermak, per il che occorrerebbero molte altre misure, molti calcoli, e analisi quantitative assai esatte.

La *titanite*, per colorazione e forma cristallina perfettamente analoga alla così detta *semelina* del lago di Laach e del M. Somma.

L'*idocrasio* la cui esistenza nel Lazio era da molto tempo indicata, ma di cui avevansi scarse e troppo incomplete notizie sulle sue forme cristalline, mentre lo Strüver ci fa vedere come

i cristalli del Lazio non la cedano punto né in bellezza, né in ricchezza di forme ai cristalli della medesima sostanza che in analoghe condizioni di giacitura si rinvennero di gran lunga più abbondanti al M. Somma.

Abbiamo voluto estenderci un tantino su così prezioso lavoro perchè veggano i lettori quanta importanza abbia lo studio della cristallografia nella mineralogia; essa è di un aiuto superiore a quello stesso dell'analisi chimica.

III.

Manuale dell'Ingegnere Civile e Industriale, per G. Colombo, Professore di Meccanica e Costruzione di macchine nel R. Istituto tecnico superiore di Milano. — U. Hoepli, editore. — Prezzo L. 5,50.

Il manuale è *tascabile* nel più rigoroso significato della parola ed anziché un manuale potrebbe dirsi il *vade-mecum* dell'Ingegnere Industriale essendosi condensato in 260 paginette una infinità di dati sperimentali, o di risultati di calcoli fatti.

Il senso pratico ed il valore del prof. Colombo sono abbastanza noti in Italia, perchè basti il nome dell'autore a raccomandare il librettino, e punto non occorrono parole d'encomio ad invogliare i lettori. Lungi pertanto dall'arrogarci di dare un giudizio, nel presentare quest'opera ai nostri abbonati, pensiamo invece non poterlo fare meglio che colle stesse parole di prefazione del chiarissimo autore:

« Mi parve che in Italia si mancasse di un manuale di ingegneria succinto e tascabile, del genere di quelli che in Inghilterra, in Francia e soprattutto in Germania annualmente si pubblicano. Io ho tentato di riempire questa lacuna.

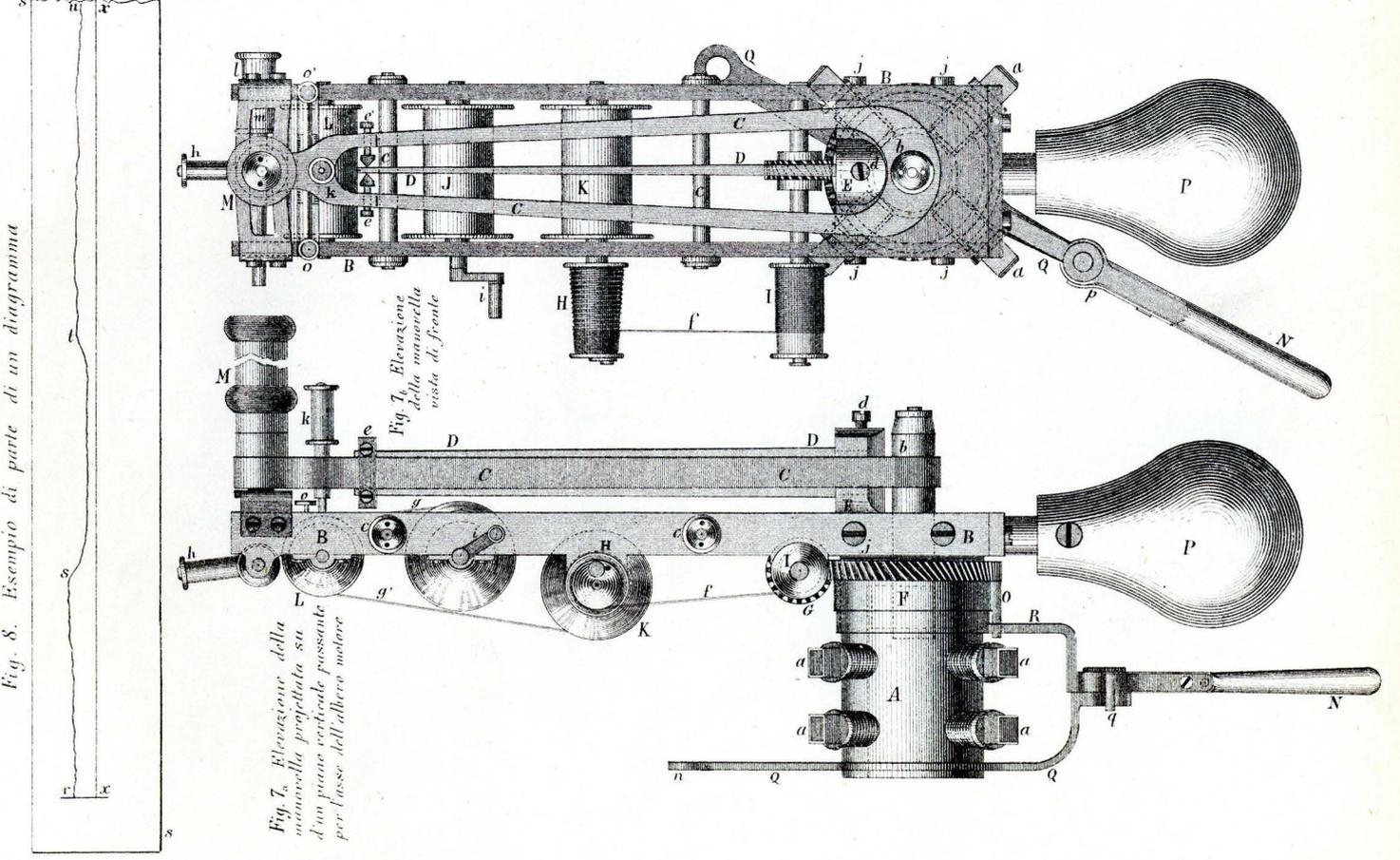
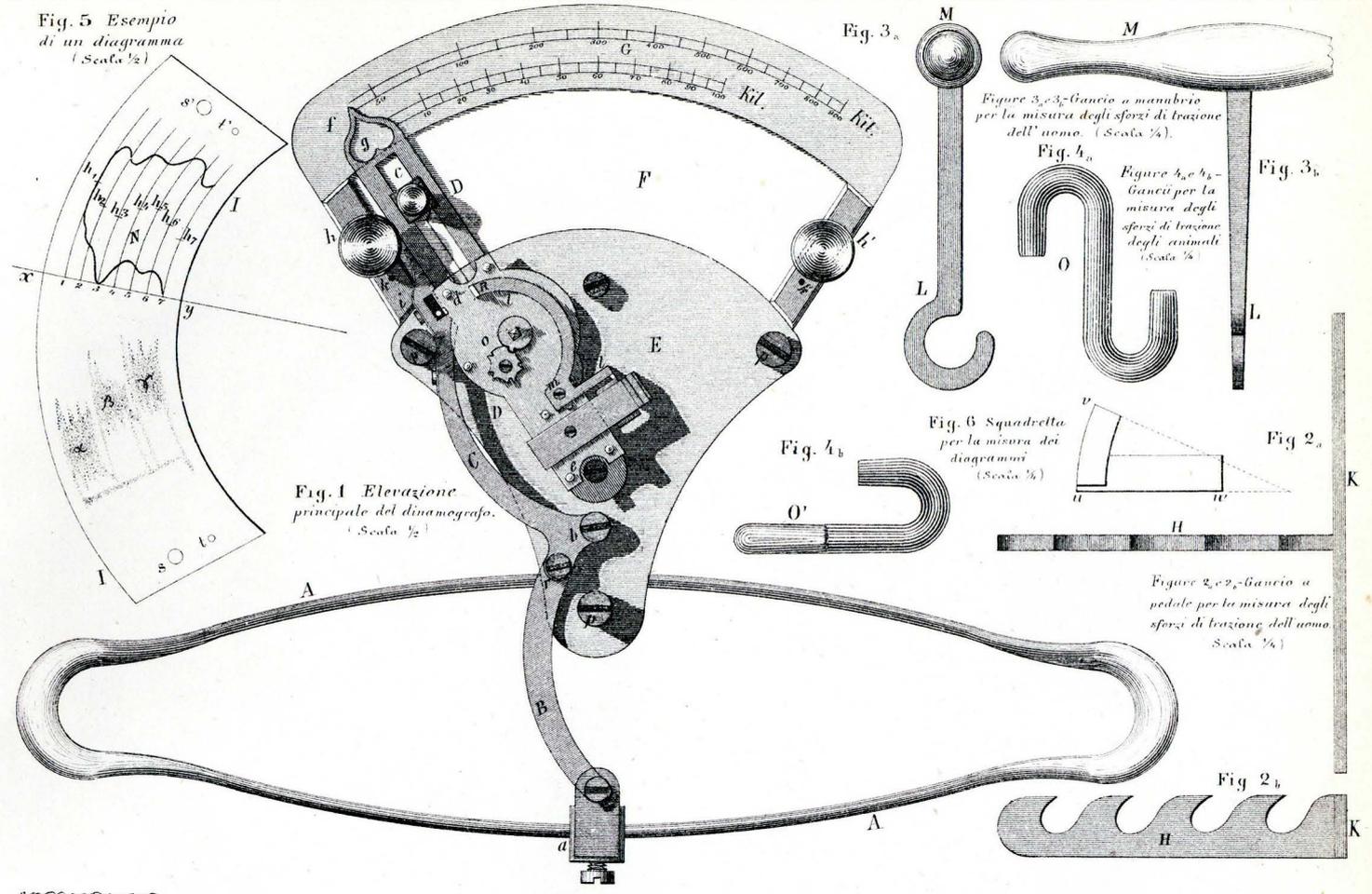
« Questo libro si indirizza ai soli ingegneri; perciò non è un trattato, ma bensì un manuale pratico quasi interamente composto di numeri e di tabelle, redatto in stile pressochè telegrafico, onde condensare in un piccolo volume la più gran quantità possibile dei dati che si richiedono nelle operazioni ordinarie di un ingegnere.

« Per parecchie materie, che più si allontanavano dall'indole dei miei studi, ho voluto sentir l'avviso di egregi amici e colleghi specialmente in esse versati. Io li ringrazio della loro cortese collaborazione. Altri argomenti, che avrebbero da soli richiesto un manuale, furono ommessi del tutto, come le industrie metallurgiche, ovvero semplicemente accennati, come l'ingegneria agricola e tutto quanto si riferisce alla costruzione e all'esercizio delle ferrovie. Questi argomenti vi potrebbero prender posto un giorno, quando si avesse a scindere il manuale in due volumi, l'uno riservato alla ingegneria civile, l'altro alla parte meccanica e industriale.

« Il manuale che presento ai miei colleghi non è né una semplice compilazione, né un'imitazione di manuali forestieri. Alcuni argomenti nella parte meccanica sono svolti con metodi che credo originali; parimenti molti dei dati riferiti in questa e nella parte industriale sono desunti dalla mia esperienza personale piuttosto che da altre pubblicazioni consimili. Adonta di ciò, non mi dissimulo di aver fatto un lavoro estremamente modesto; né io mi sarei accinto alla grave fatica che esso nondimeno mi ha costato se non mi avesse sostenuto la speranza di far cosa utile agli ingegneri miei colleghi. Se l'accoglieranno con favore, ne sarò ampiamente compensato ».

Altre pubblicazioni gentilmente inviate dai loro autori, e di cui terremo in seguito parola:

1. Sulle alterazioni cui possono andar soggette le acque lungo i tubi di piombo, per B. *Debenedictis*, maggiore del genio.
2. Relazione della Commissione del Collegio degli Ingegneri in Milano sul progetto di ferrovie ad aria compressa dell'ingegnere *Luciano Quaranta*.
3. Sulla locomotiva ad aria compressa. Alcune considerazioni di *Saverio Guidi*, Ingegnere.
4. Nuovo ospedale per la città di Porto Maurizio. Progetto dell'Ing. A. *Cortese*.
5. Conferenze sopra alcune materie prime impiegate nella costruzione militare, loro usi e collaudazione, dedicate al personale tecnico dell'Arma di Artiglieria da *Gallone Guglielmo*, capitano d'artiglieria.
6. Sulle ruote a cassette. Alcuni studi dell'Ing. *Giovanni Cuppari*.
7. Manuali Hoepli. — Fisica (*Balfour Stewart, Cantoni*). — Geografia fisica (*Geikie, Stoppani*). — Geologia (*Id. Id.*). — Botanica (*Hooker, Pedicino*).
8. *Angelo Cogo*. Teoria fisica dei fiumi.



Tip. Lit. G. Milta e Bertolero Torino

Disegnato Medico-Idraulico

L. Varetto dis. A. Novati inc.

DINAMOGRAFO E MANOVELLA DINAMOGRAFICA

Costrutti nell'officina Kraft di Vienna

Fig. 5. Sezione sulla linea 7-8.

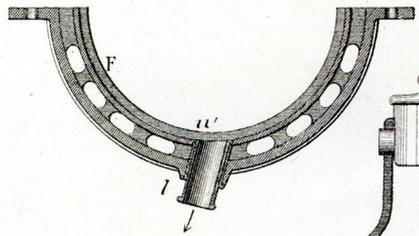


Fig. 4. Sezioni sulle linee 3-4 e 5-6.

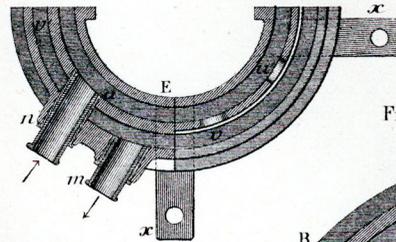


Fig. 6. Sezione sulla linea 9-10.

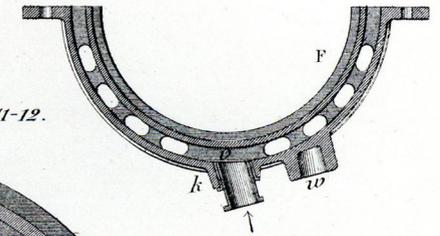


Fig. 7. Sezione sulla linea 11-12.

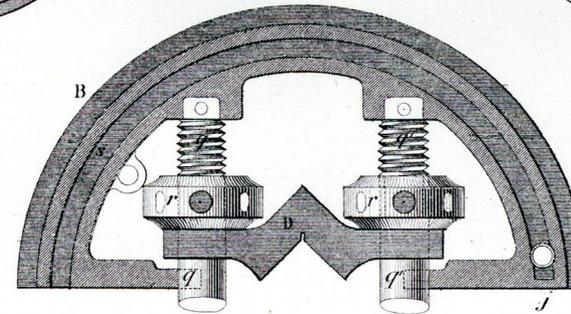


Fig. 1. Elevazione principale del freno posto in opera.

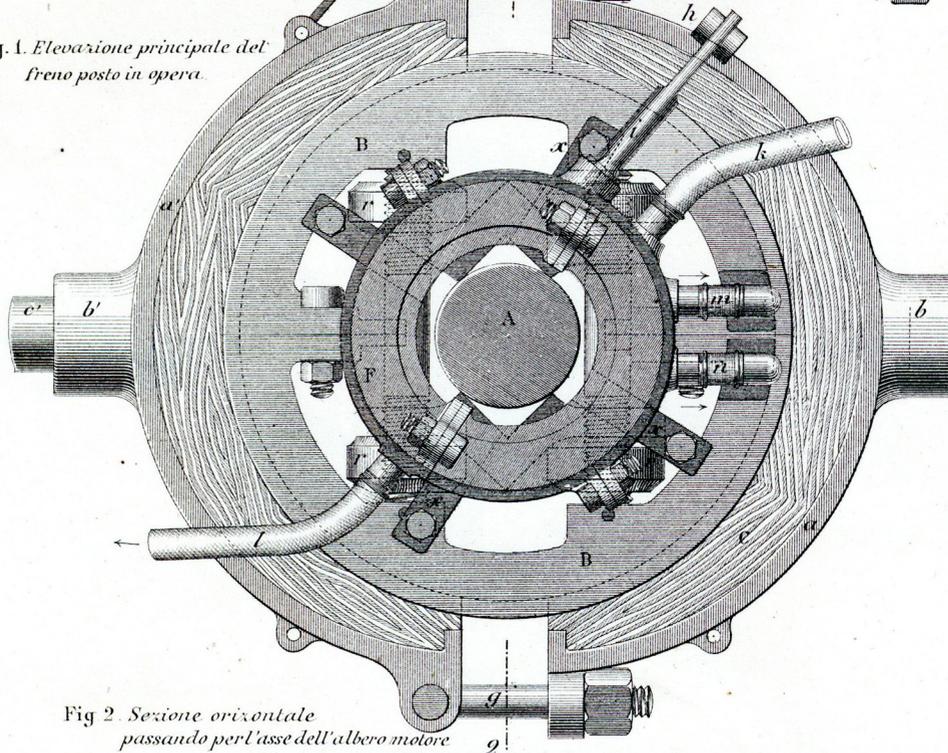


Fig. 2. Sezione orizzontale passando per l'asse dell'albero motore

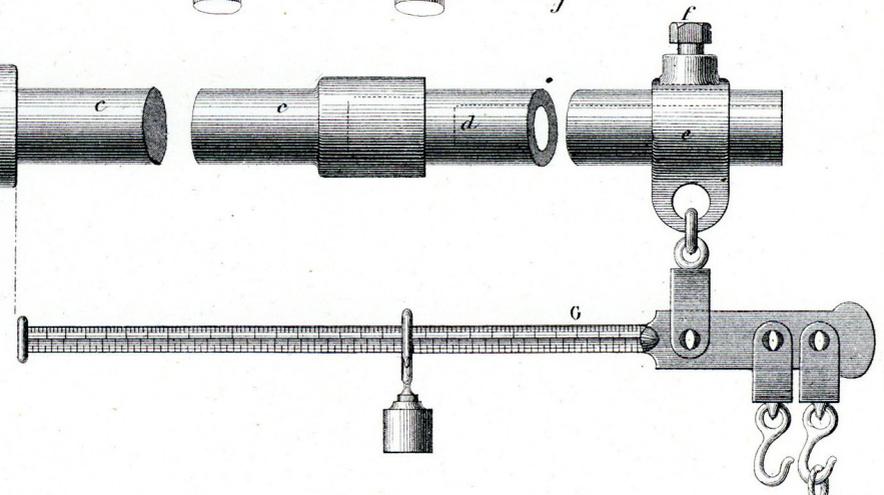
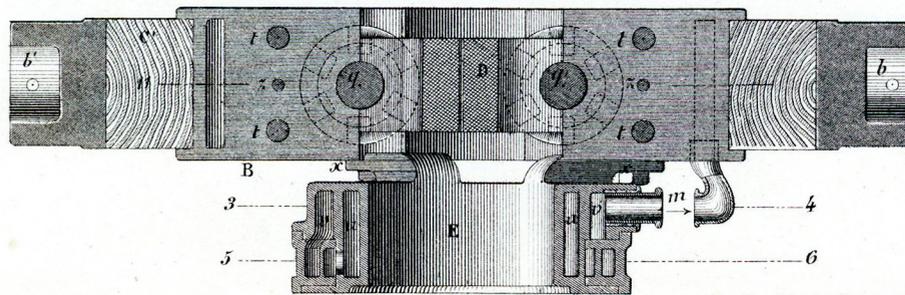
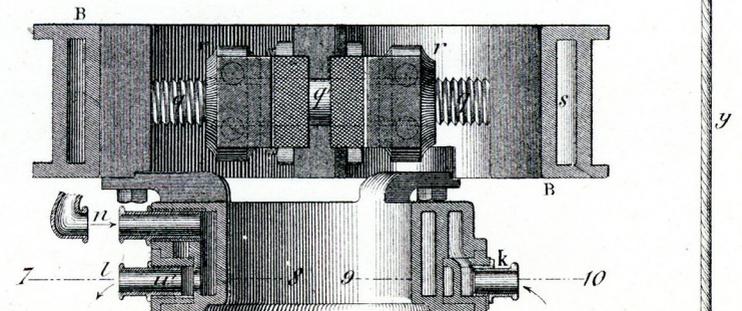


Fig. 3. Sezione sulla linea 1-2



Scala di 1a5 per tutte le figure