

que s'il voulait se charger des frais, je lui aurais fait ce dernier envoi directement, mais ne connaissant pas ses intentions j'ai été forcé de l'adresser à M. Delessert.

Je n'ais pas le tems de t'en dire davantage, porte toi bien, embrasse toute ta famille, salue les amis et crois moi ton dévoué

BARTERO.

Al sig. avv. Luigi Colla
Torino.

(24) V. Memorie della Reale Accademia di Torino, serie 1^a, volume xxxv, pag. xii.

(25) V. il proemio al *Catalogo delle piante del Chili*, del Bartero, nel *Mercurio chileno*.

(26) Une colonne de vingt pieds de haut environ porte sur son chapiteau une sphère de bronze, et sur son socle une inscription:

CE LIEU, VISITÉ PAR M. DE LA PÉROUSE EN 1788
EST LE DERNIER D'OU IL AIT FAIT PARVENIR DE SES NOUVELLES.

Et plus bas :

MONUMENT ÉLEVÉ AU NOM DE LA FRANCE
PAR MM. DE BOUGAINVILLE ET DU CAMPEL
COMMANDANTS DE LA FRÉGATE LA THÉTIS ET DE LA CORVETTE L'ESPERANCE
MOULÉES A PORT-JACKSON EN 1825.

Sur la pierre tumulaire du P. RECEVEUR on a gravé l'inscription suivante :

HIC JACET LE RECEVEUR, EX FF. MINORIBUS, GALILAE SACERDOS,
PHYSICUS IN CIRCUMNAVIGATIONE MUNDI,
DUCES DE LA PÉROUSE, OBIT DIE 17 FEB. 1788.

V. *Voyage autour du monde*, par le Comte Beauvoir; *Australie*, 3 édit. Paris, Henri Plon, 1860; 1 vol. in-16°.

Un altro monumento fu eretto alla memoria del La Pérouse nel 1828 dal capitano Dumont d'Urville nell'isola *Vanicoro*, nell'Arcipelago che dal La Pérouse prese financo il nome.

V. *La Terra nelle sue relazioni col Cielo e coll'uomo*, ecc., di Alfio Pozzi, Milano, Agnelli, 1877, 3^a editz., pag. 981.

ARITMOMETRO DI THOMAS

Suo principio, descrizione ed uso

PER

AGOSTINO CAVALLERO

Professore di macchine a vapore e ferrovie alla Scuola d'Applicazione
per gli Ingegneri e preside del R. Istituto Tecnico.

Fra le molte ed utili macchine, delle quali per cura dell'assemblata e benemerita Provincia va continuamente arricchendosi la collezione di meccanica dell'Istituto tecnico torinese, trovasi un esemplare a 16 cifre della macchina calcolatrice inventata dal signor *Thomas* (di *Cohinac*), e da lui denominata *aritmometro*. Il grande giovamento, che da questa macchina acquistata dall'Istituto, or fa già più d'un anno, ho potuto trarre io stesso soprattutto pel calcolo di tavole numeriche, mi ha invogliato a compilare queste poche pagine aventi per oggetto di far conoscere, nel modo più chiaro per me possibile, il principio su cui fondasi la costruzione d'una macchina, si può quasi dire, perfetta nel suo genere e d'utilità incontestabile nelle lunghe calcolazioni aritmetiche, la descrizione delle sue parti più importanti e l'uso pratico della medesima.

Per quanto io mi sappia, i soli strumenti calcolatori, ai quali fino al presente, astrazione fatta dell'aritmometro di Thomas, sia toccato l'onore d'una vera diffusione, sono il pallottoliere delle scuole primarie, la tavola od abaco grafico di Lalanne, il regolo logaritmico ed

il planimetro (1). Il pallottoliere serve particolarmente per l'insegnamento del sistema di numerazione. La tavola grafica di Lalanne, che consiste in una intricatissima rete di linee variamente inclinate tra di loro, sebbene di pochissimo costo ed alta a tutte le operazioni aritmetiche (2), ciò non di meno non è grandemente in uso perchè difficile n'è la lettura e di più ogni operazione richiede la conoscenza d'una regola speciale differente da quella che si riferisce alla corrispondente operazione aritmetica. Il regolo calcolatore, inventato dal matematico inglese *Edmund Gunter* fin dall'anno 1624, può definirsi il diagramma lineare d'una tavola di logaritmi, della quale invece tiene il luogo (3). Col suo aiuto non solo si possono effettuare tutte le operazioni del-

(1) Per coloro, ai quali pigliasse vaghezza di conoscere i numerosi strumenti ideati sino ad oggi allo scopo di rendere, con operazioni meccaniche, maggiormente spedito il conteggio aritmetico e sollevare ad un tempo la mente umana dalla fatica grandissima inerente alle calcolazioni di lunga lena, strumenti intorno ai quali stimarono prezzo dell'opera l'occuparsi anche sommi matematici come *Nepier*, *Pascal*, *Leibnitz*, *Carlo Babbage* ed altri, io citerò qui alcune pubblicazioni in cui questi strumenti trovansi per lo meno in buona parte menzionati, e parecchi eszandio estesamente descritti: a) *Sur l'additionneur de M. Rohl, rapporte de Thurodon* (CHIVIA, *saivo par la nomenclature de tous les essais plus ou moins infructueux et dependant faits sur les machines à calculer* — *Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale* — Parigi, anno 1843, fascicolo di luglio a p. 415; b) *Instrumente et machines à calculer, par M. Michel Roman* — *Etudes sur l'exposition de 1867, par Eug. Lacroix* — Parigi, 1867, vol. 2° a p. 69; c) *Sull'elica calcolatoria di Fuller con cenni storici sopra gli strumenti calcolatori a divisione logaritmica*, dotissimo scritto dell'ing. Antonio Favaro già allievo della Scuola d'Applicazione per gli ingegneri di Torino ed ora professore di statica grafica alla Scuola consimile di Padova — vol. V, anno 1879, del periodico tecnico pubblicato dall'ing. Giovanni Salsani in Torino *L'ingegneria civile e le arti industriali*, a p. 138 (Torino, Camilla e Bertolo).

(2) Tali almeno sono i motivi che, dopo l'esperienza di molti anni fatta nelle scuole tecniche operate di S. Carlo in Torino, mi hanno indotto a smettere l'uso di questa tavola calcolatrice molto ingegnosa e minutamente descritta dallo stesso inventore nella pubblicazione *Abaque ou complément universel donnant à vue les résultats de tous les calculs d'arithmétique, de géométrie, de mécanique*, etc., par Léon LALANNE; 3° edit., Paris, 1863.

(3) L'importazione e diffusione di questo strumento in Italia sono dovuti all'illustre ing. QUININO SALSANI, che pubblicò sul medesimo un aureo libro intitolato *Teoria e pratica del regolo calcolatore* (Torino, 1859), e sta ora elaborandone una terza edizione.

l'aritmetica, ma si risolvono numericamente con speditezza problemi d'algebra e di trigonometria. Però l'uso di questo strumento, opportunissimo in molti casi, non è da consigliarsi per quelle operazioni, le quali esigono un risultato finale anche soltanto di una qualche approssimazione, quasi sempre il regolo essendo unicamente in grado di somministrare tre cifre, di cui una inoltre di lettura incerta. I planimetri finalmente sono pure strumenti di grande utilità ma, come suona il loro nome, limitata al calcolo delle superficie.

Le nozioni ora esposte intorno agli strumenti calcolatori più degni di menzione, non tenendo conto sempre dell'aritmometro di Thomas, bastano a dimostrare che quelli sono molto ancora lontani dal risolvere completamente il problema della calcolazione meccanica, del problema cioè che ha per oggetto di sostituire nei lunghi conteggi numerici i calcoli mentali con operazioni puramente meccaniche, le quali esigano il più breve tempo possibile, conducano a risultati d'esattezza infallibile e siano di più atte, laddove non possono giungere le ordinarie tavole dei logaritmi, a fornire questi risultati con tutta la voluta approssimazione. È inoltre mestieri che la macchina, per così fatto scopo ideata, sia d'una costruzione solida, ragionevolmente semplice, di piccole porzioni, di facile e sicuro maneggio e per ultimo di un prezzo non soverchiamente elevato.

Tale appunto fu il non poco arduo assunto che il signor Thomas intraprese prima dell'anno 1820, ed intorno a cui egli lavorò per lo spazio di 30 anni con rara tenacia il proposito e con grande abilità. Nell'anno 1820 Thomas aveva già concepito ed applicato il principio, che forma ancora oggidì il fondamento della macchina calcolatrice conosciuta sotto il di lui nome, ed otteneva in Francia per la sua invenzione un privilegio di privativa. Nell'anno successivo 1821 il matematico Francese faceva gli encomii della prima macchina costruita dal Thomas in una relazione letta alla Società d'incoraggiamento per l'industria nazionale in Parigi. In seguito Thomas attese a maggiormente migliorare l'opera sua, e rappresentata la sua macchina nel 1851 alla Società medesima, sopra una relazione molto favorevole di Benoit, ebbe in premio una medaglia d'oro (1). Cominciò allora la diffusione della

(1) Le relazioni ora citate di FRANKOUR e di BENOIT sono inserite rispettivamente nei volumi degli anni 1822 e 1851 del *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale*, Paris, 1822 e 1851. La relazione del FRANKOUR è inoltre accompagnata da una tavola di disegno contenente i più minuti particolari della prima macchina presentata dal signor Thomas.

macchina di Thomas, della quale da lungo tempo posseggono ed adoperano con grande vantaggio gli esemplari di 12, 16 e 20 cifre in Francia le principali amministrazioni pubbliche e private, le Società ferroviarie, la Scuola di ponti e strade, lo Stabilimento meccanico del Creuzot, ecc.; in Inghilterra oltre ad altri Istituti, l'Osservatorio di Cambridge, ed in Alemagna, Russia e Svizzera un buon numero di Politecnici e di Scuole d'arti e mestieri. Dal 1851, sino all'ultima Esposizione universale tenuta in Parigi nell'anno 1878, Thomas continuò sempre ad arrecare utili modificazioni al suo aritmetometro, arrestandosi alla disposizione che io tra breve passerò a descrivere, e la quale è lecito l'asserire con piena ragione che fa dello strumento in discorso la macchina calcolatrice più perfetta che al presente si conosca (1).

Principio fondamentale su cui fondasi la costruzione dell'aritmetometro Thomas. — A rendere più chiara la descrizione, che tra poco esporrò dell'aritmetometro Thomas, gioverà parlare prima colla debita estensione del principio sul quale particolarmente si fonda la costruzione di questo strumento. Volendo enunciare siffatto principio con brevi parole, può dirsi che esso consiste nell'impiego di rotismi dentati composti ognuno di un numero di denti variabile a volontà. Si immagini un piccolo cilindro volatile intorno al proprio asse ed armato, sulla superficie laterale per metà circa della sua circonferenza, di 9 denti la cui lunghezza varia in modo crescente ed uniforme dall'un dente all'altro, occupando gradatamente il più corto di questi denti soltanto $\frac{1}{9}$ della lunghezza del cilindro, quello successivo $\frac{2}{9}$, il terzo $\frac{3}{9}$, e così fino all'ultimo che abbraccia l'intera lunghezza del cilindro. Questo, in una delle sue estremità, fingasi munito di un manubrio per mezzo del quale viene impresso al cilindro il moto rotatorio. Accanto allo stesso cilindro giace in direzione parallela un secondo asse di rotazione, la cui sezione trasversale ha la forma quadrata, e sul quale può farsi scorrere un rochetto dentato cilindrico di 10 denti uniformemente distribuiti su tutta la sua circonferenza. La distanza compresa tra i due assi è tale che il rochetto, trovandosi in posizione conveniente sul proprio asse, imbocca ad ogni giro del cilindro con un certo numero di denti di quest'ultimo, od anche non forma in-

(1) Nel 1849 comparve in Francia, per opera dei signori Maurel e Jayet, un'altra macchina calcolatrice sotto il nome di *Aritmometre*, la quale però siccome composta degli organi caratteristici dell'aritmetometro di Thomas e di struttura assai più complicata, sembra caduta in oblio (si veggano il *Bulletin testé cité* — anno 1849, ed anche gli *Annales des ponts et chaussées* — serie 3^a, t. VIII, anno 1854).

castro con veruno dei medesimi denti. Così supponendo che il rochetto venga collocato in corrispondenza del termine del dente del cilindro, il quale occupa i $\frac{5}{9}$ della lunghezza di questo, torna palese che per ciascuna rivoluzione del cilindro il rochetto avanzerà di 5 denti, e che al contrario esso rimarrebbe immobile ove fosse invece trasportato oltre l'ultimo nono della lunghezza del cilindro, in maniera cioè da non far presa con alcuno dei denti dello stesso cilindro.

Si concepisca dopo di ciò ancora che: 1^o il rochetto nello spostarsi lungo il suo asse porti con sé un indice scorrevole su d'acconcia scala graduata, sulla quale ad uguale distanza fra loro in un colla cifra 0, in corrispondenza dei $\frac{9}{9}$ in cui trovasti divisa la lunghezza del cilindro siano incise le altre cifre naturali 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9; 2^o all'asse di rotazione del medesimo rochetto, in una sua estremità, si trovi solidariamente applicato un disco portante le dieci cifre anzidette ripartite in modo uniforme sulla propria circonferenza; 3^o finalmente ognuna di queste cifre, mentre girano il rochetto ed il disco, passi sotto una finestrella fissa, vale a dire praticata in una parete faciente parte del sostegno di tutto il meccanismo. Con una somigliante disposizione di cose diviene manifesto che, volendo far comparire sotto la finestrella una data cifra 0, 1, 2, ecc., basterebbe collocare l'indice annesso al rochetto sopra la cifra corrispondente della scala, ed imprimere semplicemente al sistema un giro di manovella. Se per motivo d'esempio la cifra scelta è 5, il rochetto farà presa con 5 denti del cilindro, avanzerà pertanto durante il giro della manovella o del cilindro di 5 denti, e quindi la cifra 5 del disco, o quadrante, verrà a collocarsi nella finestrella.

Limitato però lo strumento ad un sol cilindro, coi rispettivi rochetto, quadrante e finestrella, sarebbe unicamente suscettivo di riprodurre i numeri d'una sola cifra. In conseguenza, volendo anche potere rappresentare in modo analogo un numero di più cifre od ordini d'unità, bisognerà aggiungere accanto al sistema precedente tanti altri sistemi identici, composti cioè ciascuno d'un cilindro, d'un rochetto, d'un quadrante e d'una finestrella, quanti sono questi ordini d'unità. Si potrà allora evidentemente semplificare la struttura dello strumento, per ciò che si riferisce al movimento di rotazione da comunicarsi ai vari cilindri, facendo cioè uso d'una sola manovella motrice la quale, ad es., per via di un albero maestro e di coppie di ruote dentate d'angolo trasmetta simultaneamente il moto a tutti questi cilindri. Pongasi, per chiarire meglio quanto precede, che i sistemi testé menzionati siano in numero di 8. Si potranno allora nelle 8 finestrelle corrispondenti inscrivere tutti

i numeri interi da 0 fino a 99.999.999, e ciò dando per ogni numero un sol giro alla manovella motrice.

Mecanismo speciale per eseguire le ritenute da un quadrante all'altro. — Inscritto un dato numero, per es. A, nelle finestrelle dello strumento, fingasi che, lasciando tal quale questo numero, gli indici annessi ai rocchetti dei vari sistemi vengano disposti in guisa da segnare un altro numero intero B, sì fatto però che la somma sua col precedente $A+B$ non richiegga alcun riporto, o ritenuta, da un ordine di unità all'altro. Allora è palese che senz'altro questa somma apparirà nelle finestrelle, sol che facciasi compiere un secondo giro pel medesimo verso alla manovella motrice. Che se invece alcune delle cifre dei due numeri A e B, corrispondenti allo stesso ordine di unità, assieme sommate, formano un totale maggiore di 9, scorgesi il bisogno di riportare la parte di questo totale eccedente il 9 all'ordine d'unità immediatamente superiore, cioè al quadrante successivo. Si comprende inoltre che simile riporto deve potersi effettuare indipendentemente dal moto del cilindro con cui forma sistema questo quadrante successivo, e di più senza dover spostare il rispettivo rocchetto dalla sua posizione attuale.

La necessità di tali ritenute dall'uno all'altro quadrante rende ragione della mancanza di denti per una parte della circonferenza di ciascun cilindro. Dopo mezzo giro questo cilindro ha già fatto avanzare il rispettivo rocchetto del voluto numero di denti, corrispondente alla cifra particolare da segnarsi sul suo quadrante. Poscia fino al termine del giro il cilindro gira a vuoto, non comunicando più cioè il movimento al rocchetto. Però quest'ultimo riceve allora il moto dal cilindro del sistema d'ordine immediatamente inferiore, nella maniera che segue. Nell'istante, in cui il quadrante di questo sistema, che deve segnare un numero maggiore di 9, viene a collocarsi colla cifra 0 successiva al 9 sotto la propria finestrella, merco d'un piccolo dente, ond'è armato lo stesso quadrante, rimane liberato dall'azione resistente di una molla un nottolino acconciamente disposto, il quale a sua volta sposta un piccolo bocciuolo solidario coll'asse di rotazione del cilindro appartenente al sistema in discorso. Questo bocciuolo così spostato forma incastro con un secondo rocchetto dentato, pure di 10 denti, applicato all'asse di rotazione del rocchetto del sistema successivo, ma in un punto fisso, e fa avanzare lo stesso rocchetto di un dente, mentre il rocchetto scorrevole montato sul medesimo asse gira a vuoto; con ciò il quadrante corrispondente a questo asse, che fino al termine del giro del rispettivo cilindro non partecipa più del moto di quest'ultimo, s'avan-

za esso pure d'una cifra, effettuando il voluto riporto. Nel tempo stesso la molla teste accennata, reagendo, ritorna il bocciuolo ed il nottolino alle posizioni loro primitive.

Rispetto al meccanismo ora descritto, avente per oggetto la registrazione delle ritenute, vuolsi ancora aggiungere un'osservazione della massima importanza. Quest'osservazione è che affine di agevolare il movimento della manovella motrice, e procacciare insieme allo strumento la debbia durata, fa mestieri sopprimere il maggior numero possibile delle resistenze passive inerenti al meccanismo, o per dir meglio bisogna procurare almeno che queste resistenze non si sviluppino tutte ad un tempo, ma l'una successivamente all'altra. Può darsi infatti che tutti i quadranti, o parte di essi, seguino la cifra 9 simultaneamente, e che in conseguenza debbansi per medesimi eseguire nello stesso istante le ritenute da un quadrante all'altro. Ciò creerebbe uno sviluppo eccessivo e contemporaneo di resistenze al movimento della manovella, con pericolo che avvenga la rottura di qualche organo dello strumento. Ad evitare quest'inconveniente Thomas pensò di disporre il meccanismo in modo che le ritenute in questione non succedano mai, anche due soltanto, nello stesso momento: la qual cosa egli ottenne, molto ingegnosamente e semplicemente, distribuendo i denti dei vari cilindri in guisa che quelli occupano porzioni diverse delle superficie laterali di questi riferiti ad un piano comune fisso di paragone, al piano cioè in cui giacciono gli assi geometrici di tutti i cilindri.

Mecanismo commutatore del verso di rotazione dei quadranti per potere eseguire le sottrazioni in luogo delle somme. — Ho già detto in quale maniera semplicissima e sicura si effettua coll'aritmometro la somma di due numeri interi qualsivogliano A e B. Si dispongono successivamente i rocchetti indicatori in modo da segnare sulle loro scale prima il numero A, e poscia il numero B. Appena inscritto il num. A, mediante un primo giro della manovella motrice, si fa comparire questo numero nelle finestrelle: in seguito segnato il numero B, un secondo giro di manovella dato nello stesso verso produce nelle finestrelle la somma $A+B$. Suppongasi ora, per fissare le idee, che B per es. sia minore di A, e debbasi invece sottrarre B da A, cioè vogliasi la differenza $A-B$ in luogo della somma dei due numeri dati. Se fosse lecito di far girare la manovella motrice in senso contrario, s'inferebbe di leggieri da quanto precede che, dopo d'avere inscritto il numero A nelle finestrelle con un primo giro di manovella, e segnato l'altro numero coi rocchetti indicatori, un secondo giro della manovella nel verso opposto farà apparire nelle finestrelle la differenza $A-B$ invece della somma $A+B$.

Senonché conviene, soprattutto per poter novare più facilmente i giri di manovella, che questa abbia sempre a rotare per lo stesso verso. Or bene Thomas ha, nella sua macchina, raggiunto eziandio quest'altro scopo, prevedendola d'un terzo meccanismo speciale, di cui giova fin d'ora indicare la parte sostanziale. I quadranti non furono, come fin qui ho detto, per maggior semplicità, da lui montati direttamente sugli assi di rotazione dei rocchetti indicatori: quelli invece ricevono il movimento da questi mercè tre piccole ruote dentate d'angolo sifattamente disponibili che, girando due di esse coll'asse di rotazione del rocchetto, epperò anche colla manovella motrice, pel medesimo verso, possano a volontà la terza ed il quadrante colla medesima solidario rotare nell'uno o nell'altro senso. Per invertire la rotazione dei quadranti, rispetto a quella della manovella motrice, s'impiega un braccio di leva opportunamente combinato con altri organi. Allora senza ulteriori spiegazioni si comprende che, continuando la manovella motrice a girare pel medesimo verso, sui quadranti rimane dei due numeri dati A e B fatta la sottrazione invece della somma. Applicherò d'ora innanzi, per brevità di parola, il nome di *commutatore* al meccanismo di cui son venuto dichiarando l'ufficio.

Descrizione dell'aritmometro. — Lo svolgimento dato alla parte precedente, che risguarda il principio fondamentale di costruzione dell'aritmometro, mi dispensa dall'entrare qui in minuti particolari intorno alla sua descrizione, la quale pertanto restringerò nei brevi cenni che seguono, rimandando il lettore, che desiderasse di conoscere più largamente i vari organi costituenti la macchina di Thomas, all'estesa leggenda che chiude queste pagine. Le due tavole di disegno illustrative, che accompagnano il presente scritto, rappresentano nella fig. 1 l'aritmometro completo, in uno cioè alla cassetta entro cui trovavasi stabilmente riposto, e dalla quale soltanto venne tolto il coperchio, il tutto in proiezione orizzontale al 1/3 del vero; nella fig. 2 una porzione dello strumento del pari in proiezione orizzontale, ma in grandezza naturale e senza le due piastre sovrastanti alle due parti fisse e mobile del meccanismo interno; nella fig. 3 finalmente anche una porzione, al vero, della proiezione orizzontale della parte mobile dello strumento, vista però dal basso all'alto e supposta distaccata dal meccanismo sottostante.

Si può l'intero meccanismo dell'aritmometro, per chiarezza di discorso, intendere siccome composto di cinque distinti meccanismi parziali, cioè: 1° del sistema dei tamburi o cilindri dentati, e dei rocchetti dipendenti dai medesimi, che serve ad eseguire le somme di numeri interi le quali

non richiedono alcun riporto da un ordine d'unità all'altro; 2° d'un meccanismo speciale che, allorquando le somme da effettuarsi abbisognano di riporti o ritenute, indipendentemente dagli anzidetti cilindri opera queste ritenute; 3° d'una serie di quadranti applicati su d'una piastra mobile, allo scopo di moltiplicare fra loro due numeri interi qualunque, vale a dire anche con un moltiplicatore avente più d'una cifra; 4° d'un commutatore, o meccanismo atto a trasformare il verso del movimento degli organi, i quali debbono eseguire le volute operazioni, acciòchè l'aritmometro possa sottrarre e dividere in luogo di sommare e moltiplicare; 5° d'un'altra serie particolare di quadranti destinati alla numerazione dei giri della manovella motrice. Dirò brevi parole, e tenendo il medesimo ordine, di ciascuno di questi meccanismi parziali.

Mediante una manovella girevole intorno ad un asse verticale, e situata presso l'estremità di destra dell'aritmometro (fig. 1 e 2), s'innesta il moto rotatorio ad un albero maestro orizzontale, il quale a sua volta lo comunica ad otto cilindri parimente orizzontali ed armati di denti di varia lunghezza per metà circa della loro circonferenza. Con questi cilindri, e per quel numero di denti corrispondente alla cifra che ciascun cilindro deve riprodurre, si mettono in presa altrettanti rocchetti dentati scorrevoli lungo assi di sezione quadrata e paralleli agli assi dei cilindri medesimi. In tal modo, cioè fino a tanto che dura l'incestro dei cilindri e rocchetti ora accennati, prendono anche a girare i quadranti, che d'ora innanzi denominerò *quadranti principali o superiori*, ed i quali fanno apparire nelle finestrelle superiori dello strumento le cifre di qualsivoglia numero intero avente non più di otto cifre. I rocchetti si collocano al loro sito mercè le scale graduate da 0 a 9, che veggonsi incise nella piastra fissa dell'aritmometro lateralmente ad altrettante scanalature, in ognuna delle quali si può fare scorrere nei due versi un bottone armato d'indice. Questi bottoni, muovendosi, trascinano seco i rocchetti sovra menzionati nelle posizioni convenienti. Il numero dato rimane inscritto nelle prime otto finestrelle superiori di destra, solo che facciasi compiere un giro alla manovella motrice nel senso in cui cammina la sfera d'un orologio.

In ogni giro della manovella motrice i quadranti in questione rimangono immobili durante l'intervallo di tempo per cui i cilindri, non formando più incestro coi loro rocchetti, girano a vuoto. Or bene vennero messi a profitto questi intervalli di tempo per potere, in un secondo giro dato alla manovella, dopo del quale nelle finestrelle superiori deve apparire la somma del numero precedente con se medesimo, eseguire le ritenute da un quadrante all'altro, ossia registrare i giri interi fatti in

ciascun quadrante sul quadrante consecutivo a sinistra. Per simile oggetto, appena che uno dei quadranti segua la cifra 9 nella rispettiva finestrella, grazie ad una accorta disposizione dei denti sui vari cilindri principia l'azione a vuoto del cilindro successivo a sinistra, in altri termini questo cessa dal far muovere il proprio quadrante. In pari tempo un dente, annesso al quadrante del cilindro precedente, ha già armato uno scatto a molla, mercè cui lo stesso cilindro può comunicare invece il moto al quadrante consecutivo or ora menovato, però solamente per l'avanzamento d'una cifra, attesa che tosto la molla reagisce ed interrompe codesta comunicazione di moto. In cosiffatta maniera l'ultimo dei quadranti considerati tien conto del giro intero dato dal quadrante precedente a destra.

I quadranti sin qui menzionati trovansi disposti su d'una parte dello strumento, che dirò *pietra mobile o scorrevole*, potendosi essa fare scorrere a volontà da sinistra verso destra, e reciprocamente. Affine di comprendere l'ufficio di questa pietra, pongasi di dover sommare un dato numero intero con se medesimo più di 9 volte, vale a dire di doverlo moltiplicare per un altro numero intero avente più d'una cifra. Siccome allora il numero esprime il prodotto, che deve rimanere iscritto nelle finestrelle superiori, potrà contenere più di otto cifre, e quindi avere bisogno di occupare altre finestrelle, oltre le prime otto di destra, così vedesi in causa del numero limitato dei cilindri, la necessità di mettere in presa con questi alcuni dei quadranti corrispondenti alle nuove finestrelle. D'altro canto è da notarsi che ad esempio, dopo i primi nove giri della manovella motrice, i giri successivi non possono più alterare la cifra delle unità semplici del prodotto, vale a dire la cifra iscritta nel primo quadrante a destra, il quale perciò si potrà rendere indipendente dal primo cilindro di destra, ponendo invece in presa con questo cilindro il secondo quadrante di destra, col secondo cilindro il terzo quadrante, e via via coll'ottavo cilindro il nono quadrante. Occorrerà di liberare anche il secondo quadrante di destra dal primo cilindro, con cui quello ora trovasi in presa, e spostare in modo analogo i quadranti successivi da sinistra verso destra, allorchando i giri della manovella motrice avranno oltrepassato il numero di 99, in altre parole quando si dovrà moltiplicare il primo numero dato per la cifra delle centinaia di un moltiplicatore di tre cifre. Tale appunto è la ragione d'essere della piastra scorrevole dell'aritmometro, la quale trasportata nelle sue varie posizioni si colloca esattamente a sito, e vi si arresta in modo sicuro facendo ad ogni posizione penetrare un dente annesso interiormente alla medesima in tacche scolpite a convenevole distanza tra di loro nella

parte fissa dello strumento. Avverrà ancora relativamente alla piastra in quistione che, per poterla fare scorrere nei due sensi, è mestieri sollevarla dapprima pel suo lembo longitudinale inferiore; pel quale oggetto appunto essa è girevole intorno ad un asse orizzontale coincidente coll'altro suo lembo longitudinale solidario colla piastra stessa e che scorre entro anelli raccomandati alla parte fissa soltanto dello strumento.

Il meccanismo commutatore, del quale sostanzialmente già vennero indicati sia l'oggetto, sia il modo d'agire, ha per suo principale organo una leva, della quale nella fig. 1 a sinistra scorgesi la sommità armata di bottone. Questa leva si muove in un piano verticale entro una breve scanalatura scolpita, a somiglianza di quelle degli otto bottoni indicatori, nella piastra fissa dell'aritmometro in senso trasversale, ed alle cui estremità stanno scritte le parole *addizione-moltiplicazione e sottrazione-divisione*. Spingendo la leva contro l'una o l'altra di queste estremità, per mezzo di organi trasmettitori interni accoppiatamente disposti, e visibili sulla fig. 2, s'inverte il senso della rotazione dei quadranti superiori o principali, mentre la manovella motrice continua a girare pel medesimo verso. Fra gli organi ora accennati mi contenterò qui di segnalare soltanto le tre ruote dentate d'angolo, che servono a trasmettere il moto a ciascun quadrante, e delle quali le due girevoli intorno ad un asse comune orizzontale, che è quello stesso del rispettivo rocchetto indicatore, trovansi fra loro congiunte da un manico scorrevole lungo questo asse. La leva del commutatore, passando dall'una all'altra posizione estrema, non fa altro che spostare lungo l'anzidetto asse d'una piccola quantità le due ultime ruote: con che la ruota annessa al quadrante e la quale formava per es. incastro con quella delle due ruote sottoposte, che corrisponde al moto d'avanzamento ossia alla somma o moltiplica, viene invece ad imboccare coll'altra delle stesse ruote ed imprime al quadrante un moto di regresso necessario per operare la sottrazione o divisione.

Per ciò che riguarda l'ultimo meccanismo parziale, cioè il meccanismo novatore dei giri della manovella motrice, farò notare soltanto che il medesimo consiste in nove altri quadranti, i quali corrispondono alla finestrelle inferiori (fig. 1) e saranno perciò d'ora innanzi denominati *quadranti inferiori*. La stessa manovella comunica il moto a questi quadranti per via di un rotismo dentato visibile nella fig. 2, però sempre ad un solo quadrante per volta, il quale varia a seconda della posizione assegnata alla piastra scorrevole. Così il quadrante, che solo riceve il moto ad ogni giro di manovella giusta la disposizione ripor-

tata nella fig. 1, è il primo a destra. Trasportando la piastra mobile di una, due, tre, ecc. tacche verso destra, il moto della manovella resta comunicato invece al 2°, 3°, ecc. quadrante di destra.

Nel porre qui termine alla descrizione dell'aritmometro importa ancora che sia richiamata un'istante l'attenzione sulle due dentiere annesse tanto alla serie dei quadranti superiori, quanto a quella dei quadranti inferiori, come pure sui bottoncini che sorgono presso ciascuno dei quadranti delle due serie. Le dentiere s'adoperano per rimettere a zero tutti assieme e prontamente le due serie di quadranti, facendo girare nel debito verso i due grossi bottoni applicati alle estremità della piastra scorrevole. I bottoni minori che accompagnano ognuno dei quadranti, servono per ricondurre a zero questi quadranti separatamente, ed anche per collocarli su quell'altra cifra che si desidera. Sia le due dentiere, sia i piccoli bottoni dei primi dieci quadranti principali di destra non possono muoversi senza aver prima sollevata la piastra mobile. Entrambe le dentiere, allorché tutti i rispettivi quadranti trovansi ricondotti a zero, e solo che si rilascino i grossi bottoni leggermente, rientrano da se nelle proprie guide per opera di una molla da orologio unita all'asse di rotazione di ciascun bottone.

Modo di eseguire coll'aritmometro le principali operazioni dell'aritmetica: iscrizione di un dato numero nei quadranti principali. — Quanto son venuto sin qui esponendo è sufficiente acciò si possano compiere senza difficoltà i procedimenti da tenersi per eseguire qualsiasi operazione dell'aritmetica colla presente macchina, massime se riflessi che questi procedimenti non richiedono la conoscenza di alcuna regola speciale, seggendosi in essi sia per la natura, come per la disposizione dei calcoli, le regole comuni dell'aritmetica. La prima e fondamentale operazione da sapersi effettuare coll'aritmometro è quella che ha per oggetto l'iscrizione di un dato numero intero nei quadranti principali. Per riguardo a questa operazione possono distinguersi tre casi: 1° il più frequente ed importante in cui il numero dato non contiene più di otto cifre; 2° quello nel quale è proposto un numero avente più di otto cifre; 3° il caso in cui debbesi inscrivere un numero terminato da uno o più zeri.

Sia dato, per cagione d'esempio, il numero 87534672 da inscrivere nelle otto prime finestrelle superiori a destra (fig. 1). Partendo da sinistra, si collocheranno successivamente i bottoni indicatori in corrispondenza delle cifre 8, 7, 5, 3, 4, 6, 7 e 2. Poscia disposta la leva del commutatore contro l'estremità che si riferisce alla somma, essendo tutti i quadranti principali a zero, si darà alla manovella motrice un

giro. Dopo di questo si vedrà apparire senz'altro nelle prime otto finestrelle di destra il numero proposto 87534672.

Abbiassi in secondo luogo da inscrivere 999999999999999 che è il massimo numero di 16 cifre. È chiaro che la parte formata dalle prime otto cifre di destra può venire tutta assieme riprodotta nelle prime otto finestrelle superiori di destra secondo il modo ora indicato. Si riempiranno poscia le otto altre finestrelle di sinistra colle cifre rimanenti per mezzo dei bottoncini annessi alle finestrelle medesime, avvertendo soltanto, per le due prime di esse a destra, di tenere sollevata la piastra scorrevole. Nell'esemplare, che è disegnato nelle unite tavole e corrisponde alla seconda delle quattro grandezze per le più assegnate dall'inventore al suo aritmometro, non si può riprodurre un numero maggiore di quello scelto nel presente caso.

Rammentando infine ciò che dianzi si disse intorno all'ufficio della piastra scorrevole, è ovvio il riconoscere che i numeri aventi in tutto più di otto cifre, delle quali però quelle in più di otto siano altrettanti zeri ed insieme le ultime cifre a destra del numero, si possono più spediteamente inscrivere col procedimento indicato pel primo caso. Così supposto dato il numero 5786430000 di dieci cifre, essendo tutti i quadranti superiori a zero, si transporterà la piastra mobile di 2 tacche, in modo da liberare dal meccanismo motore i due primi di questi quadranti a destra. Poscia, inserito coi bottoni indicatori nelle loro otto scanalature il numero di sole otto 57864300, un semplice giro di manovella basterà a far comparire d'un tratto nelle prime dieci finestrelle superiori a destra il numero dato 5786430000.

Addizione di numeri interi e decimali. — Ogni giro della manovella motrice riproducendo nelle finestrelle superiori il numero inscritto nelle scanalature, e l'aritmometro operando da se le ritenute dall'uno all'altro ordine di unità, divien manifesto che: 1° se questo numero si conserva lo stesso, dopo 2, 3, 4 ecc. giri di manovella si avranno successivamente nelle dette finestrelle il doppio, il triplo, il quadruplo dello stesso numero; 2° se poi ad ogni giro della manovella cangiassi il numero rappresentato dai bottoni indicatori, il numero finale risultante dopo l'ultimo giro nelle finestrelle sarà la somma di tutti i numeri successivamente inscritti nelle scanalature. Il procedimento pertanto da osservarsi per sommare mediante l'aritmometro quanti si vogliono numeri interi si ridurrà alle operazioni seguenti:

- a) Rimettere tutti i quadranti principali e bottoni indicatori a zero;
- b) Disporre il commutatore per la somma;
- c) Inscrivere successivamente i numeri da sommarsi nelle scan-

lature, e dare un giro di manovella dopo ognuna di queste iscrizioni.

Il medesimo procedimento si potrà palesemente estendere alla somma dei numeri decimali, coll'unica avvertenza di ridurli tutti dapprima allo stesso denominatore. Così siano da sommarsi i numeri 23,41; 218,815; 3574,0242; 968,7. Questi numeri ridotti ad avere un egual numero di cifre decimali diventano 23,4100; 218,8150; 3574,0242; 968,7000: e però considerati allora come numeri interi, facendo cioè astrazione dalle virgole, verranno successivamente iscritti nelle scanalature, dando dopo ciascuna iscrizione un giro di manovella. Apparirà così nelle finestrelle superiori il numero intero 47849492, dal quale separate verso destra con una virgola le prime quattro cifre decimali, si ricava pel totale dei quattro numeri decimali dati 4784,9492. Questa separazione delle cifre decimali potrà eziandio farsi dal principio della operazione per mezzo degli spilli d'avorio, di cui l'aritmometro è provvisto, e dei piccoli fori scolpiti appunto per simile uopo tra le finestrelle superiori, come tra quelle inferiori, infiggendo uno spillo nel quarto foro, a destra, di quelli compresi fra le finestrelle superiori.

Soluzione e sua prova. — È già noto l'ufficio del commutatore, vale a dire che basta spingere la leva di comando di questo meccanismo contro l'estremità della rispettiva scanalatura indicata colle parole sottrazione-divisione acciò un giro della manovella moltiplice, in luogo di operare una somma, sottragga invece il numero espresso nelle scanalature corrispondenti ai cilindri da quello che trovasi riportato nelle finestrelle superiori. La macchina compie da per sé gli impresiti da farsi fra i vari ordini di unità. Ecco in conseguenza il procedimento che dovrà seguirsi per sottrarre un numero intero o decimale da un altro, avvertendo soltanto, pel caso dei numeri decimali, di ridurre primieramente il minuendo ed il sottraendo ad avere lo stesso numero di cifre decimali:

- a) Rimettere i quadranti principali e bottoni a zero, e disporre il commutatore per lo somma;
- b) Rappresentare il minuendo per mezzo dei bottoni indicatori e riprodurlo con un giro di manovella nelle finestrelle superiori;
- c) Trasportare il commutatore al luogo corrispondente alla sottrazione;
- d) Inscrivere il sottraendo nelle scanalature e dare un secondo giro di manovella, dopo del quale si otterrà l'apparizione del resto cercato nelle finestrelle.

Ritornato il commutatore al punto primitivo, è chiaro che un terzo

giro di manovella farà riapparire il minuendo nelle finestrelle, offrendo così un mezzo semplicissimo di eseguire la prova della fatta sottrazione.

Moltiplicazione: fino a quali numeri può spingersi in questa operazione l'uso dell'aritmometro. — La moltiplicazione di un numero intero qualunque per un altro numero intero d'una sola cifra si eseguisce, dopo d'aver inserito il moltiplicando nelle finestrelle superiori, dando alla manovella tanti giri, quante sono le unità del moltiplicatore. Se poi quest'ultimo contiene più d'una cifra, qualmente venne già indicato parlando dell'uso della piastra scorrevole, bisognerà operare come segue:

- a) Rimettere i quadranti principali, i bottoni indicatori ed anche i quadranti inferiori a zero;
 - b) Collocare il commutatore al luogo della moltiplicazione;
 - c) Inscrivere il moltiplicando nelle scanalature;
 - d) Dare tanti giri alla manovella, quante unità si contengono nella prima cifra della del moltiplicatore. Nelle finestrelle superiori apparirà il primo prodotto parziale, e nella prima finestra inferiore a destra rimarrà inserita la cifra considerata del moltiplicatore;
 - e) Trasportare d'una faccia verso destra la piastra scorrevole e dare alla manovella tanti giri quante sono le unità della cifra delle decine del moltiplicatore. Questa cifra si troverà riprodotta nella seconda finestra superiore, e nelle finestrelle inferiori si avrà la somma dei due primi prodotti parziali. E così si continuerà fino a completo esaurimento del moltiplicatore, il quale alla fine deve trovarsi interamente riprodotto nelle finestrelle superiori.
- Poi numeri decimali si procede come pei numeri interi, separando soltanto alla fine verso destra tante cifre decimali, quante sono complessivamente quelle di tutti i fattori. Anche la moltiplicazione di più di due numeri fra loro si opera rapidamente coll'aiuto dell'aritmometro, seguendo un processo analogo a quello qui sopra dichiarato dapprima pei due primi fattori, poscia pel prodotto risultante ed il terzo fattore, e via via.

È cosa poi molto facile il riconoscere fino a qual punto è possibile spingere nella moltiplicazione dei numeri l'uso dell'aritmometro. Perciò basta l'osservare dall'un canto che il prodotto finale, dovendo risultare inserito nelle 16 finestrelle superiori, questo prodotto non potrà mai avere più di 16 cifre. D'altra parte il numero delle cifre di un prodotto di numeri interi è uguale alla somma dei numeri delle cifre dei vari fattori, ovvero a questa somma diminuita di uno. Da tutto questo conseguiva chiaramente che coll'aritmometro a 16 finestrelle superiori,

qual'è appunto quello disegnato nelle due annesse tavole, si potranno al più moltiplicare fra loro un numero di 8 cifre per un altro pure di 8 cifre, ed anche un numero di 9 cifre per un altro di 7, dovendosi alle due precedenti considerazioni aggiungere ancora quest'altra, cioè che il numero delle cifre del moltiplicatore non può superare quello dei cilindri, i quali nell'aritmometro a 16 finestrelle superiori sono otto. Sarà possibile moltiplicare eziandio tra di loro numeri di 9 e 10 cifre rispettivamente per numeri di 8 e 7 cifre, ma solo nei casi in cui il prodotto non contenga più di 16 cifre. Il numero adunque delle finestrelle superiori costituisce un elemento caratteristico della potenza, per così dire, dell'aritmometro, le cui diverse grandezze si potranno adunque distinguere fra loro mercè la semplice indicazione del numero di queste finestrelle (1).

Divisione; prova di questa operazione; maniera di trovare quante cifre decimali si vogliono del quoziente, quando questo non è un numero intero.

— La divisione di un numero intero per un altro, come si pratica in aritmetica, consiste in una serie di successive sottrazioni del divisore dal dividendo spinte fino ad avere un resto uguale a zero, ovvero minore del divisore. Da questa considerazione, e da quanto si è qui addietro esposto intorno alla sottrazione emerge palesemente il procedimento da seguirsi nella divisione dei numeri interi. Lo stesso procedimento si potrà estendere ai numeri decimali, dopo solo d'aver eguagliato il numero delle cifre decimali nel dividendo e nel divisore, ed anche considerando questi come numeri interi e separando alla fine nel quoziente il voluto numero di cifre decimali. Ecco dapprima il procedimento in discorso:

a) Rimettere i quadranti superiori ed inferiori, come pure i bottoni indicatori a zero;

b) Disporre il commutatore per fare la somma;

c) Inscrivere prima il dividendo nelle finestrelle superiori, e poscia il divisore nelle scanalature, partendo da destra;

d) Trasportare il commutatore al luogo della divisione;

e) Trasportare la piastra scorrevole verso destra di tante tacche, finché la prima o seconda cifra a sinistra del dividendo si trovi sulla prima cifra, pure di sinistra del divisore, secondo che la prima cifra del dividendo è maggiore o minore della prima cifra del divisore, e dare alla manovella il numero di giri necessario acciò la prima, o le

due prime cifre considerate del dividendo siano ridotte ad una sola cifra minore della prima cifra del divisore (1). Avuta l'avvertenza di rimettere nuovamente a zero tutti i quadranti inferiori, in uno di questi apparirà la prima cifra del quoziente.

f) Far tornar indietro d'una tacca la piastra scorrevole ed operare in modo analogo al precedente: ciò che darà nel quadrante inferiore successivo di destra la seconda cifra del quoziente. Nel caso in cui la prima cifra a sinistra del nuovo dividendo fosse minore di quella corrispondente del divisore, la seconda cifra del quoziente sarebbe zero, e bisognerebbe far rientrare d'un'altra tacca la piastra scorrevole. L'operazione poi si proseguirà in tale maniera fino a che nelle finestrelle superiori s'abbia zero, od un numero minore del divisore. Questo numero è il resto finale della divisione, mentre il quoziente cercato si vedrà inscritto nelle finestrelle inferiori.

Esempio. — Debba dividere 5309251 per 8257. Inscriviti il primo di questi numeri nelle finestrelle superiori e l'altro nelle scanalature, si trasporti verso destra la piastra mobile tanto che la seconda cifra 3 del dividendo venga sulla prima cifra 8 del divisore. Disposto allora il commutatore per la divisione, si daranno, dopo d'aver rimesso a zero tutte le finestrelle inferiori, 6 giri di manovella. Le prime due cifre del dividendo trovandosi così ridotte a 3, cifra minore della prima cifra 8 del divisore, si concluderà che 6 è la prima cifra del quoziente. In seguito si farà rientrare di una tacca la piastra scorrevole: con che la seconda cifra 5 del primo resto 355051 inscritto nelle finestrelle superiori verrà a trovarsi sulla prima cifra 8 del divisore. Si daranno dopo di ciò 4 giri di manovella, e si dirà che 4 è la seconda cifra del quoziente, atteso che le due prime cifre 35 dell'attuale dividendo trovansi ridotte a 2 cifra minore di 8, ed il dividendo stesso al resto 2477. Trasportata infine d'un'altra tacca all'indietro la piastra mobile, in modo da far corrispondere la seconda cifra 4 dell'ultimo resto ottenuto nelle finestrelle superiori alla prima cifra 8 del divisore, e con 3 giri di manovella avendosi tutte le stesse finestrelle ridotte a zero, si terrà 3 come la terza ed ultima cifra del quoziente, il quale sarà dunque 643 esattamente e si troverà inscritto nelle finestrelle inferiori.

La prova della divisione si farà moltiplicando il divisore, tuttora inserito nelle scanalature, per il quoziente, lasciando tal quale il resto

(1) Le grandezze fino ad oggi adottate dal Thomas sono in numero di quattro e corrispondono ai numeri 10, 12, 16 e 20 delle finestrelle in discorso.

(1) O meglio, più generalmente parlando, acciò la parte a sinistra del dividendo, che abitualmente si separa per ottenere la prima cifra del quoziente, diventi un numero minore del divisore.

finale nelle finestrelle superiori, ove questo non sia zero. Si collocherà pertanto, riprendendo l'esempio che precede, il commutatore alla moltiplica e si daranno 3 giri di manovella. Trasportata d'una tacca verso destra la piastra scorrevole si daranno altri 4 giri di manovella. Spostata ancora d'una tacca la piastra scorrevole pel medesimo verso, con 6 ultimi giri di manovella si otterrà nelle finestrelle superiori un prodotto 5309251 uguale al dividendo.

Allorquando il quoziente non è un numero intero, per avere un dato numero di cifre decimali basterà aggiungere al dato dividendo tanti zeri quante sono queste cifre decimali, ed eseguire la divisione come precedentemente, separando poscia nel quoziente intero così ottenuto le volute cifre decimali. Ad esempio volendosi il quoziente di 8517 per 12649 esatto fino al mezzo millesimo, il che torna a dire, volendosi ridurre la frazione ordinaria $\frac{8517}{12649}$ in decimale con errore minore di mezzo millesimo, si dovrà dividere 85170000 per 12649. Si troverà 6733 per quoziente intero con un resto finale 1283: epperò si concluderà che 0,673 è il quoziente domandato.

Estrazione della radice quadrata. — La formazione delle potenze per mezzo dell'aritmetometro non offrendo difficoltà, farò subito passaggio all'estrazione della radice quadrata dai numeri interi. Se invece venisse dato un numero decimale, oppure la radice cercata non fosse un numero intero, fin d'ora si può osservare che si dovrà procedere come pei numeri interi, solo che prima bisognerà nel primo caso rendere pari il numero delle cifre decimali, e nel secondo aggiungere al dato numero tante copie di zeri, quante sono le cifre decimali che si desiderano della radice. Ciò premesso, ecco senz'altro il procedimento da tenersi per l'estrazione della radice quadrata da un numero intero:

a) Si divida il numero dato in membri di due cifre, partendo da destra. Il primo membro a sinistra potrà anche avere una sola cifra; b) Essendo tutti i quadranti e bottoni a zero, il commutatore al luogo della somma, s'inscriverà il numero dato nelle finestrelle superiori; e siccome il numero delle cifre della radice è uguale a quello dei membri poc'anzi accennati, si fisseranno tante scanalature, quante debbono essere queste cifre, partendo da destra. Siano queste scanalature, considerate successivamente da sinistra andando verso destra, designate con S_1, S_2, S_3, S_4 , ecc. Dopo di ciò si trasporteranno il commutatore al luogo della divisione, e la piastra mobile verso destra tanto che la prima cifra a sinistra del numero dato, ovvero la seconda se il primo membro a sinistra è di due cifre, venga sopra la scanalatura S_1 .

c) Si cercheranno, a mente come in aritmetica, il massimo quadrato contenuto nell'anzidetto primo membro di sinistra e quindi la sua radice. Si avrà così la prima cifra della radice domandata che s'indicherà col bottone della scanalatura S_1 . Allora si daranno alla manovella tanti giri, quante sono le unità di questa cifra, la quale si vedrà comparire in una delle finestrelle inferiori, mentre in quelle superiori il primo membro a sinistra si troverà diminuito del quadrato della prima cifra della radice.

d) Si trasporterà poscia la piastra scorrevole verso sinistra di una tacca. Col bottone della scanalatura S_2 , occorrendo, anche con quello della scanalatura consecutiva a sinistra, s'indicherà il doppio della prima cifra già ottenuta della radice. Ove le cifre delle finestrelle superiori, che corrispondono a questo doppio, formassero un numero minore del doppio stesso, è chiaro che in tal caso la seconda cifra della radice sarebbe zero, e si dovrebbe far rientrare d'una seconda tacca la piastra scorrevole. Dopo tutto ciò si dividerà il numero costituito dalle cifre ora menzionate delle finestrelle superiori pel doppio sottoposto della prima cifra trovata della radice; ed il quoziente, che non potrà oltrepassare 9, sarà la seconda cifra della radice cercata. Si daranno pertanto alla manovella tanti giri che bastino, mai però più di 9, cessando soltanto quando nelle finestrelle superiori in luogo delle cifre corrispondenti al doppio della radice trovata si abbia un numero minore di questo doppio. Il numero dei giri così compiuti di manovella, che rappresenta la seconda cifra della radice, si vedrà nel frattempo apparire in un'altra delle finestrelle inferiori.

e) S'indicherà il doppio della parte avuta della radice per mezzo dei bottoni delle scanalature S_3, S_4 , e all'occorrenza eziandio, come già fu avvertito, col bottone della prima scanalatura posta a sinistra di queste. Si farà scorrere la piastra mobile d'una nuova tacca verso sinistra, e si continuerà in tal modo l'operazione fino a che siasi terminato di considerare tutti i membri del numero dato. Nelle finestrelle inferiori si troverà inscritta l'intera radice, ed in quelle superiori apparirà il resto finale pel caso in cui il numero dato non sia un quadrato perfetto; donde segue un mezzo assai spedito di eseguire la prova della fatta operazione. Ritornato il commutatore al luogo della moltiplicazione, ed inserita, partendo da destra, la radice ottenuta nelle scanalature S_1, S_2, S_3 , ecc., si moltiplicherà questa radice per se stessa, lasciando nelle finestrelle superiori tal quale il resto risultante dalla estrazione della radice. Si avrà la prova dell'esattezza di ogni operazione compiutasi vedendo riapparire alla fine in queste finestrelle il numero dato.

Esempio. — Sia dato il numero decimale 5 035 061 463,982 204 la cui radice quadrata non si può col mezzo delle tavole ordinarie dei logaritmi calcolare esattamente nemmeno per la parte intera.

Il numero delle cifre decimali essendo già pari, si farà subito la scomposizione del numero in membri binari, cosicchè l'operazione proposta riducesi ad estrarre la radice quadrata da un numero intero di 16 cifre, la quale radice consta di 8 cifre, di cui le tre prime di destra si ricorderà alla fine che sono cifre decimali. Ecco l'indicazione di questa radice colla scomposizione in membri binari:

$$\sqrt{50.35.06.14.63.98.22.04}$$

Si dovranno considerare tutte otto le scanalature, le quali dunque, partendo da sinistra, denoterò con $S_1, S_2, S_3, \dots, S_8$. Si inscriverà il numero posto sotto il radicale nelle finestrelle superiori facendo uso, anche per tutte le cifre, dei bottoncini annessi a queste finestrelle. Si collocherà il commutatore al luogo della divisione, e la piastra mobile verrà fatta scorrere verso destra tanto che la seconda cifra a sinistra 0 del numero dato si trovi sopra la scanalatura S_1 . Il massimo quadrato contenuto in 50 essendo 49, risulterà per prima cifra della radice cercata 7 che si segnerà col bottone di questa scanalatura. Dai allora 7 giri di manovella, per sottrarre il quadrato 49 dal primo membro 50, verrà 1 in luogo di questo membro nelle finestrelle superiori, e la prima cifra 7 della radice apparirà nella seconda finestrella inferiore a sinistra.

Il doppio della cifra ottenuta essendo 14 si segnerà questo doppio coi bottoni della scanalatura S_1 e della successiva a destra S_2 , non essendovene più altra a sinistra. Per questo stesso motivo invece di due tacche, come dovrebbe fare attesochè, la cifra 1 rimasta del primo membro in un colla prima 3 del membro successivo 35 formando il numero 13 minore del doppio 14 della radice già trovata, la seconda cifra della radice è zero, si trasporterà la piastra mobile d'una sola tacca verso sinistra. Il doppio così della parte ottenuta essendo 140, si inscriverà questo numero 140 nelle scanalature S_1, S_2, S_3 , e, qualmente si pratica in aritmetica, si dividerà il numero formato da 135 e dalla prima cifra 0 del membro seguente 06, vale a dire il numero 1350 pel doppio 140 della radice trovata; per la quale divisione il dividendo ed il divisore sono già al loro sito, cioè colla seconda cifra 3 del dividendo sulla prima cifra 1 del divisore. Sebbene il 140 nel 1350 stia più di 9 volte, tuttavia ogni cifra della radice non potendo superare 9 si concluderà

che la seconda cifra della radice è 9. Indico i bottoni delle quattro scanalature S_1, S_2, S_3, S_4 si indicherà il numero 1406 e si daranno 9 giri di manovella: ciò che farà apparire nelle finestrelle inferiori, la terza cifra 9 or ora ottenuta dalla radice (1), e nelle finestrelle superiori al luogo del numero 13509 il resto 825.

Si farà nel seguito nuovamente il doppio della parte fin qui avuta della radice $2 \times 709 = 1418$, che s'indicherà mediante i bottoni delle quattro scanalature S_1, S_2, S_3, S_4 . Accanto al resto testè citato 825 si considererà il membro seguente 14, e si disporrà ogni cosa in modo da poter dividere 8251 per 1418. Si farà scorrere cioè la piastra mobile d'una tacca all'indietro: con che si verrà ad avere la prima cifra 8 del dividendo sulla cifra 1 del divisore. Siccome poi 1418 sta 5 volte in 8291, così si inscriverà il numero 14185 nelle prime cinque scanalature a sinistra e si daranno 5 giri di manovella. Apparirà la nuova cifra 5 della radice voluta nelle finestrelle inferiori, e così si proseguirà fino ad avere considerati tutti gli altri membri del numero proposto. La radice risultante essendo 70958302, e tre dovendo essere le cifre decimali della chiesta radice, verrà finalmente per questa il numero decimale 70958,302.

Altro procedimento per estrarre la radice quadrata. — Non reputo superfluo il riferire qui succintamente un altro procedimento (2), per estrarre la radice quadrata da un numero intero, fondato sopra una proprietà della progressione aritmetica $1. 3. 5. 7. 9. \dots$, sulla proprietà cioè che la somma di tutti i termini considerati di questa progressione è uguale al quadrato del numero degli stessi termini, e di più l'ultimo termine accresciuto di 1 unità uguaglia il numero di tutti i termini della progressione. Da questa proprietà derivasi il seguente procedimento per estrarre la radice quadrata da un numero intero, e che io mi

(1) Se, stante il grande numero di cifre della radice cercata, superiore al numero 8 delle scanalature dell'aritmometro disegnato nelle annesse tavole e così scelto a bello studio per trattare subito uno degli esempi più complicati, non si fosse dovuto far mentrare d'una sola tacca, invece di due, la piastra scorrevole, le cifre 7, 0, 9 fin qui ottenute della radice si troverebbero tutte e tre inscritte nelle finestrelle inferiori, mentre nel presente caso concreto in queste finestrelle manca la cifra di mezzo 0, che bisognerà aver l'avvertenza di inserire nella radice al termine dell'operazione.

(2) Vedi l'opuscolo *Instruction pour se servir de l'arithmomètre, machine à calculer, inventée par M. THOMAS (de Colmar)*, Paris 1873, in cui a pag. 23 e seg. trovasi riportato in disteso questo procedimento.

restringerò ad esporre su d'un esempio. Si domandi la radice quadrata del numero 378225. Inscritto questo numero nelle finestrelle superiori, osservando che la sua radice ha tre cifre, si considerino le tre prime scanalature di destra, le quali si designeranno con S_1 , S_2 , S_3 andando da sinistra verso destra. Si trasporti, collocato il commutatore al luogo della divisione, la piastra mobile verso destra fino al punto in cui la 2^a cifra 7 del primo membro corrisponda alla scanalatura S_1 . Si sottraggano dopo di ciò dal primo membro a sinistra 37 successivamente i termini 1, 3, 5, 7....., dell'anzidetta progressione per mezzo di altrettanti giri di manovella, inscrivendo prima questi numeri 1, 3, 5, 7..... nella scanalatura S_2 ed in quella immediatamente consecutiva a sinistra, fino a tanto che il numero sovrastante 37 sia ridotto ad un altro minore dell'ultimo termine sottratto. Si troverà che bisogna sottrarre i primi sei termini 1, 3, 5, 6, 7, 9, 11: donde ricavasi che 6 è la prima cifra della radice domandata, la quale rimarrà ad un tempo riprodotta in una delle finestrelle anteriori.

Nelle finestrelle superiori in luogo del 1^o membro considerato 27 si avrà il resto 1, che unito agli altri membri forma il numero 18225. Questo numero contiene ancora il doppio prodotto $(600 \times 2) = 1200$ della parte 600 già ottenuta della radice per la parte rimanente, più il quadrato di quest'ultima parte. Bisognerebbe pertanto, onde ottenere la parte restante della radice, togliere successivamente dal numero 1200 i termini della progressione

$$= (1200 + 1) \cdot (1200 + 3) \cdot (1200 + 5) \dots$$

Se non che si può procedere più speditamente, cercando della stessa parte ancora incognita della radice, che è un numero di 2 cifre, una sola cifra alla volta, vale a dire prima la cifra delle decine. In altre parole conviene meglio considerare primieramente il numero 182 formato dal detto resto 1 e dal solo secondo membro 82 del numero dato. A questa maniera invece della progressione precedente si dovrà prendere la seguente

$$= (120 + 1) \cdot (120 + 3) \cdot (120 + 5) \dots$$

i cui termini andranno successivamente sottratti in 182. Si transporterà adunque la piastra scorrevole d'una tacca verso sinistra, per segno che il numero 18225 ora contenuto nelle finestrelle posteriori venga a risultare colla sua prima cifra 1, sulla prima cifra anche 1 del nu-

mero 120 inscritto nelle scanalature S_2 , S_3 e la precedente a sinistra. Siccome un solo giro di manovella da 182 — $(120 + 1) = 61$ numero minore di $(120 + 1)$, così si concluderà che 1 è la seconda cifra cercata della radice, la quale cifra si vedrà a un tempo apparsa in un'altra delle finestrelle anteriori.

Ragionando alla stessa maniera s'inscriverà in seguito nelle scanalature S_2 , S_3 ed in quella precedente a sinistra il doppio $2 \times 610 = 1220$ della parte trovata 610 della radice; e fatta rientrare la piastra scorrevole d'una nuova tacca, acciò il numero 6125 rimasto nelle finestrelle posteriori vada a collocarsi colla sua prima cifra 6 sulla cifra 1 del numero 1220 inscritto nelle scanalature, con successivi giri della manovella si sottrarranno i primi 5 termini della progressione

$$= (1220 + 1) \cdot (1220 + 3) \cdot (1220 + 5) \cdot (1220 + 7) \dots$$

dopo del che, tutti i quadranti principali trovandosi ridotti a zero, s'inscriverà che 5 è l'ultima cifra della radice quadrata del numero proposto 378225, ossia che questo è un quadrato perfetto avente per radice 615, la quale vedrassi contemporaneamente riprodotta nelle finestrelle anteriori.

Estrazione della radice cubica, formazione delle tavole dei quadrati e dei cubi dei numeri naturali, convenienti, in alcuni casi, dell'opera simultanea di due calcolatori. — Il procedimento per estrarre la radice cubica da un numero intero coll'aritmetometro essendo del tutto conforme alla regola che comunemente s'adopera in aritmetica, io mi dispenserò qui dal farne parola. Unicamente osserverò che, siccome l'operazione in discorso richiede di tratto in tratto la registrazione di alcuni numeri a parte sulla carta, ed anche l'esecuzione di parecchi calcoli, i quali torra più comodo l'effettuare senza l'aiuto dell'aritmetometro, così conviene meglio per l'estrazione della radice cubica l'opera simultanea di due persone, l'una incaricata unicamente delle operazioni meccaniche da eseguirsi col mezzo dell'aritmetometro, e l'altra delle registrazioni e dei piccoli calcoli da farsi a parte sulla carta. In tal modo l'estrazione non solo della radice cubica, ma quella delle radici 4^a, 5^a, ecc., si possono coll'aritmetometro eseguire abbastanza comodamente e rapidamente.

Altri esempi di casi, in cui per l'uso dell'aritmetometro torna molto vantaggiosa l'opera simultanea di due calcolatori, sono la formazione delle tavole dei quadrati e dei cubi dei numeri naturali 1, 2, 3, 4, 5, ecc. Un calcolatore maneggia lo strumento, mentre l'altro registra man mano i risultati, eseguisce i calcoli minori nella maniera ordinaria e dirige insieme tutta l'operazione. In entrambi questi casi conviene, prima di quella richiesta, compilare una tavola ausiliaria delle

differenze che passano tra l'un quadrato e l'altro, e fra l'un cubo e l'altro dei numeri 1, 2, 3, 4, ... Indicando con a un numero intero qualunque, la differenza fra i quadrati del numero intero, che lo segue immediatamente, e dello stesso numero a è espressa da

$$(a+1)^2 - a^2 = 2a + 1;$$

e si ha per la differenza analoga di due cubi consecutivi dei numeri naturali

$$(a+1)^3 - a^3 = 3a^2 + 3a + 3a(a+1).$$

In conseguenza, l'uno dei calcolatori dettando successivamente i numeri naturali, l'altro mediante l'aritmetometro potrà subito ottenere i valori di $2a$ e $3a$, i quali saranno registrati dal primo calcolatore. Quest'ultimo avrà solo ad accrescere di 1 unità i valori di $2a$, affine di ricavare la prima tabella ausiliaria relativa alle differenze dei quadrati. Allora, siccome nelle finestrelle superiori trovansi già il quadrato del numero precedente, così è chiaro che, inseriti sotto dettatura nella scanalatura i successivi valori di $(2a+1)$, un semplice giro di manovella fornirà i quadrati dei numeri susseguenti. La stessa cosa deve dirsi dei cubi, allorché pure col mezzo dell'aritmetometro siasi trovati i valori di $3a$ ($a+1$) riferentisi alla seconda delle citate tabelle ausiliarie.

Uso promiscuo dell'aritmetometro e delle tabelle dei logaritmi, e delle tabelle delle linee trigonometriche naturali. — In moltissimi casi riesce utilissimo l'impiego promiscuo dell'aritmetometro e delle due specie di tavole ora menzionate. Si offrono questi casi allorché si ha bisogno di applicare i numeri a formule logaritmiche ed esponenziali, ovvero a funzioni contenenti qualcuna delle linee trigonometriche. Tali per modo d'esempio sono le due formule seguenti:

$$\log. p = a - \frac{b}{\tau} - \frac{c}{\tau^2},$$

oppure

$$v = \frac{m}{p^n}.$$

proposte dal prof. Rankine per calcolare rispettivamente la pressione p in atm. del vapor d'acqua saturo ad una data temperatura assoluta τ , ed il volume specifico v in mc. dello stesso vapore che corrisponde ad una nota pressione p pure in atmosfere. Le quantità a , b , c , m , n ,

sono altrettante costanti, le quali hanno i valori qui appresso riportati:

$$a = 4,8538919; \quad b = 1484,3033008; \quad c = 2203156,266521;$$

ed

$$m = 1,570433; \quad n = \frac{16}{17}.$$

Egli è evidente che la calcolazione numerica di queste formule viene meno laboriosa, e di più può effettuarsi con tutta l'esattezza desiderabile, facendo uso insieme dell'aritmetometro e dei logaritmi. Così per la prima di tali formule, il cui logaritmo è decimale, converrà determinare i valori di τ^2 , $\frac{b}{\tau}$ e $\frac{c}{\tau^2}$ col mezzo dell'aritmetometro e quindi quello di p ricorrendo alle tavole comuni dei logaritmi. Per la seconda formula, ottenuto il valore di $\log. p$ colle tavole stesse, i calcoli rimanenti si potranno eseguire con speditezza ed esattezza maggiori impiegando l'aritmetometro. Del pari quest'altra formula frequentissima della meccanica applicata

$$Q = \frac{\text{sen} \alpha \pm \text{f} \cos \alpha}{\cos \beta \pm \text{f} \sin \beta},$$

in cui rappresentano α e β due angoli, Q l'intensità d'una forza ed f un coefficiente, con grande vantaggio si potrà calcolare numericamente cercando i valori di $\text{sen} \alpha$, $\cos \alpha$, $\text{sen} \beta$, $\cos \beta$ nelle tabelle delle linee trigonometriche naturali, e poscia effettuando ogni operazione coll'aiuto dell'aritmetometro.

A questo punto, sembrandomi d'avere esposto intorno alla macchina calcolatrice di Thomas quanto basta per mettere in evidenza i pregi singolari di essa e farne comprendere l'uso per ogni genere di calcolo numerico, porrò fine al mio umile scritto con alcune considerazioni dirette specialmente a promuovere l'introduzione fra noi di così fatto strumento. In primo luogo voisi notare a quest'uopo che, per lunghe prove a cui l'aritmetometro di Thomas venne assoggettato, è posta fuori d'ogni dubbio la sua solidità ad onta che lo strumento offra l'apparenza di una macchina molto complessa e delicata. Soprattutto poi furono ampiamente dimostrate la rapidità, somma ed il grado supremo d'infallibilità, con cui mercé questo strumento si eseguiscano la massima parte delle più faticose e lunghe operazioni aritmetiche. In 20 secondi si moltiplicano col suo mezzo fra loro due numeri di 8 cifre ciascuno,

in 24 secondi si divide un numero di 16 cifre per un altro di 8, ed in poco più d'un minuto primo si riesce ad estrarre la radice quadrata da un numero di 16 cifre, facendo inoltre di questa e dell'operazione precedente le prove (1). Per tali titoli preziosissimi di merito, a cui debbonsi aggiungere ancora il prezzo relativamente non forte (300 lire in oro a Parigi), la possibilità di farlo riparare in caso di guasti anche da un orologiaio, il suo piccolo volume (per la massima grandezza cm. $55 \times 16 \times 7$), il maneggio agevolissimo per ogni persona, infine la sua facile manutenzione che richiede solo di tempo in tempo qualche goccia d'olio da orologio, io oso sperare che la macchina di Thomas, utilissima agli astronomi, matematici, ingegneri, finanzieri, ecc., per ogni sorta di calcoli numerici, segnalatamente di lunga lena e con grande quantità di cifre, possa anche diffondersi nella nostra penisola: al quale intento se avranno potuto, sia pur solo in tenue parte, contribuire queste modeste pagine, io mi reputerò sommamente lieto d'averle scritte e rese di pubblica ragione.

(1) Oltre le pubblicazioni già citate in questo scritto sull'aritmometro di Thomas veggansi ancora a questo proposito le due seguenti: 1° *Dictionnaire de mathématique appliquée* par H. SOUVART, Paris, 1867; 2° una memoria dell'ing. ЛЕВОНОВ inserita negli *Annales des ponts et chaussées*, serie 3^e, t. VIII; Paris, 1854.

Leggenda delle figure illustrative del presente scritto.

Figura 1. — Aritimetro unito alla cassetta, in cui si trova stabilmente riposto, e visto in proiezione orizzontale (ad 1/3 del vero).

Figura 2. — Proiezione orizzontale di una porzione dell'aritmometro senza la piastra scorrevole (in grandezza naturale).

Figura 3. — Proiezione orizzontale della piastra scorrevole vista dal basso all'alto (in grandezza naturale).

AA piastra mobile, o scorrevole, la quale porta due serie di finestrelle, le une C delle superiori in numero di 16, in cui appaiono le cifre dei numeri sui quali devonsi operare, e le altre D in numero di otto, denominate finestrelle inferiori, in cui vengono registrati i giri compiuti dalla manovella motrice. Il massimo numero inscrivibile nelle finestrelle superiori è 9 999 999 999 999 999.

BB piastra fissa, la quale cioè copre superiormente pressochè tutta la parte fissa dell'aritmometro, a cui la piastra stessa trovasi fermata per mezzo delle due viti g' e g'' . Alla piastra mobile va congiunto in modo invariabile, nel senso longitudinale, un asse cilindrico Q (fig. 2 e 3), il quale trovasi infilato in due occhi α solidari colla piastra fissa BB allorchando lo strumento è montato, vale a dire le due piastre non sono separate l'una dall'altra come scorgesi nelle figure 2 e 3. L'asse ora menzionato, mentre è invariabilmente unito colla piastra mobile AA entro tre orecchielle β , può invece rotare intorno a sè medesimo nei due occhi α : la qual cosa permette appunto di sollevare la stessa piastra AA per il lembo prospiciente la piastra fissa BB, facendola girare intorno all'anzidetto asse. Così sollevata la piastra mobile può ancora farsi scorrere da sinistra verso destra e reciprocamente.

E bottoni muniti lateralmente di aghi j , in numero di otto, i quali possono farsi scorrere nel senso trasversale in altrettante scanalature α scolpite nella piastra BB. Gli aghi j camminano lungo otto scale graduate, su cui sono cioè ad eguali distanze fra loro incise le dieci cifre naturali 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, ed indicano sulle scale mede-

sime tutti i numeri interi da 0 a 99 999 999 che vogliono riprodurre nelle finestrelle superiori C della piastra mobile, ovvero sommare coi numeri già inseriti in queste finestrelle, od ancora sottrarre da questi numeri.

F manovella motrice armata nell'estremo libero d'una impugnatura e girevole, in un solo verso a somiglianza d'una sfera da orologio, intorno ad un asse verticale coincidente coll'altro estremo *z*. Sotto questa manovella trovansi infisso nella piastra BB un piccolo dente *h* tagliato superiormente in isbieco. Un dente consimile, vale a dire segato anche in isbieco, è annesso alla manovella ad una distanza dall'asse di rotazione *z* uguale a quella del dente *h*: così che la manovella in ogni sua rivoluzione, dovendo spingere il primo di questi denti come su d'un piano inclinato al suo passaggio sul dente *h*, risente un leggiero ostacolo che è segno del termine della rivoluzione.

G leva di comando del meccanismo commutatore del verso secondo cui girano i quadranti principali o corrispondenti alle finestrelle superiori *c* della piastra mobile. Questa leva è girevole entro la scanalatura *f* intorno ad un asse orizzontale coincidente colla sua estremità inferiore e raccomandato ad una delle spranghette *J*, che servono a collegare tra di loro le due cartelle o pareti verticali *KK, KK'* comprendenti le parti del meccanismo sottoposte alla piastra fissa BB. La stessa leva *G*, per via del tirante *L* e d'un braccio *M* produce la rotazione, nell'uno o nell'altro senso, dell'asse orizzontale *l* e quindi, mercé le due asticciuole che annettono il medesimo asse colla piastra *UU*, genera lo spostamento di questa piastra nel senso trasversale della macchina. Secondo che la leva *G* e la piastra *UU* vengono collocate nell'una o nell'altra delle loro posizioni estreme, facendo sempre girare la manovella motrice *F* per lo stesso senso, i quadranti principali dell'aritmometro prendono a rotare nel senso che corrisponde al loro avanzamento, oppure nel senso contrario, in altri termini la macchina rimane disposta in guisa da potere eseguire le somme e le moltiplicazioni, ovvero le sottrazioni e le divisioni. Tutto ciò spiega il perchè sulla piastra fissa BB, presso le due estremità della scanalatura *f*, vennero incise le parole addizione-moltiplicazione e sottrazione-divisione.

I e *H* bottoni girevoli intorno ad assi verticali, che servono a rimettere speditamente a zero i quadranti delle finestrelle inferiori *D* e superiori *c*. Questi due bottoni si fanno girare rispettivamente colle mani destra e sinistra, ed entrambi verso la parte centrale dello strumento relativamente al lembo inferiore della piastra mobile, avendo ognora l'avvertenza di tenere nel frattempo sollevata questa piastra: in tal modo

si costringono a spostarsi nel senso longitudinale due dentiere *ZZ* e *ZZ'*, l'una da sinistra verso destra e l'altra nel senso contrario. Le due dentiere a loro volta producono la rotazione di rocchetti speciali dentati, che sono annessi agli assi tanto dei quadranti *X* delle finestrelle inferiori, quanto di quelli *Y* corrispondenti alle finestrelle superiori, i quali quadranti essendo liberi dal meccanismo motore dello strumento, perchè la piastra *AA* è sollevata, prendono essi pure a girare fino a tanto che la cifra 0 non venga per tutti a collocarsi sotto la propria finestrella. Giunto così ciascun quadrante a zero, rimane immobile, attesa che i rocchetti colle due dentiere portano solo 9 denti o, per dir meglio, sono privi del dente che corrisponde allo zero del relativo quadrante, e però cessa l'incastro fra dentiera e rocchetto appena che lo zero apparisce nella finestrella, ossia il rocchetto presenta alla dentiera il triplo vano corrispondente al dente soppresso. Si possono scorgere alcuni di siffatti vani sulla fig. 3, in cui trovansi rappresentati i rocchetti in quistione; per quadranti *X* delle finestrelle inferiori. Una volta ricondotti stano i quadranti delle finestrelle superiori, stano quelli delle finestrelle inferiori a zero, basta rilasciare alquanto i bottoni *H* ed *I*: che una molla da orologio unita al loro asse di rotazione tosto li obbliga a girare nel verso contrario, e fa rientrare le due dentiere fino alle posizioni loro primitive. Sulla medesima fig. 3 è disegnato il tamburo *x* contenente la molla del bottone di destra *I* per le finestrelle inferiori. Le due dentiere scorrono entro accenti rilegni *ψ* e *ψ'*. Di più esse nella loro corsa attiva, come nell'altra del ritorno a vuoto, rimangono leggermente spostate nel senso trasversale, in guisa da avvicinarsi ai rispettivi rocchetti, ovvero da allontanarsene: tutto ciò s'ottiene per via di scanalature, qualmente vedesi per rilegni *ψ*, oppure foggiano una posizione del lembo inferiore della dentiera a piano inclinato e costringendo questo piano a passare su d'apposita copia infissa nella piastra *AA*. Thomas ricorse a quest'ultimo partito per la dentiera delle finestrelle superiori *ZZ'*.

KK' terza cartella o parete longitudinale del castello contenente le parti del meccanismo sottoposte alle due piastre fissa e mobile dell'aritmometro: essa è di altezza un po' minore di quella delle altre due cartelle già state nominate *KK* e *KK'*, alla seconda delle quali trovansi congiunta per mezzo di spranghette trasversali similmente a quanto già si disse delle due cartelle maggiori.

N albero maestro di trasmissione del moto della manovella motrice all'intero meccanismo. Dall'asse di rotazione della manovella il moto è comunicato per mezzo d'una prima coppia di ruote dentate d'angolo ϕ e

μ all'albero N, il quale lo trasmette ai cilindri P mediante altre coppie di ruote dentate angolari k, k' .

O ruota di forza, alla quale va unito un molotino che non figura sul disegno: questa ruota impedisce il moto regressivo della manovella motrice F (fig. 1) e quindi dell'intero meccanismo.

P cilindri orizzontali, in numero di otto, l'un l'altro paralleli, volubili intorno ai loro assi ed armati sulla superficie laterale, per una mezza circonferenza circa, di nove denti δ ciascuno di lunghezza variabile. Partendo dall'estremità degli stessi cilindri, posta dalla parte dell'albero di trasmissione del moto N, il primo dente abbraccia tutta la lunghezza del cilindro, il dente successivo soltanto $\frac{s}{\delta}$ e così fino all'ultimo che ne occupa $\frac{1}{\delta}$.

Q assi di rotazione parimente orizzontali e disposti parallelamente ai cilindri P, che ricevono il moto da questi cilindri per comunicarlo ai quadranti principali Y (fig. 3) dell'aritmometro. A quest'uopo sui medesimi assi, che sono di sezione trasversale quadrata, trovansi montati i rocchetti cilindrici dentati n scorrevoli lungo il rispettivo asse in uno ai colletti m . Secondochè ognuno dei rocchetti n viene spinto partendo dall'albero N, ad $\frac{1}{\delta}, \frac{2}{\delta}, \frac{3}{\delta}, \dots, \frac{9}{\delta}$ della lunghezza del cilindri P, per ciascun giro di questi avanza di 1, 2, 3, ..., 9 denti. Lo spostamento degli stessi rocchetti lungo gli assi Q si ottiene facendo scorrere (fig. 1) i bottoni E nelle scanalature a , i quali trasportati rimpetto alle cifre 0, 1, 2, 3, ..., 9 delle scale scolpite sulla piastra fissa BB parallelamente a queste scanalature trascinano seco un braccio, che si collega ai colletti m , e quindi anche i rocchetti n .

R ed S altri assi orizzontali di rotazione paralleli e successivi ai precedenti Q, che ricevono in modo continuo il moto dell'albero maestro N e lo trasmettono agli assi R', S' allorquando i riporti dei giri dall'uno all'altro dei quadranti principali Y debbono estendersi al nono ed al decimo di questi quadranti, cioè ai due quadranti consecutivi a quelli corrispondenti agli otto cilindri P.

T e W disco-girevole coll'asse S e braccio orizzontale annesso alla leva G (fig. 2) del meccanismo commutatore del verso secondo cui prendono a rotare i quadranti principali. Il disco T è, sopra una porzione del suo contorno, privo d'un segmento; esso, ad ogni volta che (fig. 1) la manovella motrice ha terminato la sua rivoluzione, viene a collocarsi colla porzione mancante dinanzi al braccio W, il quale potendo allora passare dall'uno all'altro fianco del disco permette di spostare la leva di comando del commutatore, cioè di trasportarla nell'altra estremità della sua scanalatura f. In conseguenza è da averirsi che il

commutatore non si può smuovere dalla sua attuale posizione, se la manovella F non viene dapprima spinta fin contro il suo dente d'arresto h .

X quadranti novatori dei giri di manovella e corrispondenti alle finestrelle inferiori della piastra mobile (fig. 1): essi sono in numero di nove, e ricevono separatamente il movimento di rotazione intorno al proprio asse, almeno quando la piastra mobile AA non trovasi sollevata dalla manovella, per via d'un sistema di ruote dentate, delle quali l'ultima è lo stesso quadrante armato appunto perciò di 10 denti sulla sua circonferenza. Affinchè ciascun quadrante possa numerare da 0 fino a 9 i giri della manovella fa mestieri che esso sia collocato colla cavità corrispondente τ praticata inferiormente nella piastra mobile, sopra la ruota dentata cilindrica ω (fig. 2) giacente in un piano verticale, mentre il quadrante giace in un piano orizzontale. Così ponendo il primo quadrante di destra in presa colla ruota ora mentovata ω si possono contare i giri di manovella fino a 10; trasportandovi sopra il secondo quadrante col fare scorrere verso destra la piastra mobile si novano gli stessi giri nuovamente da 0 sito a 10, e lo stesso dicasi via via per tutti gli altri quadranti. Questi successivi riporti della piastra mobile e dei quadranti in parola sono necessari per passare dalle cifre di un ordine di unità a quelli di altri ordini.

Y quadranti principali o corrispondenti alle finestrelle superiori dell'aritmometro c (fig. 1 e 3), i quali, se la piastra mobile trovasi al suo sito abituale, sono orizzontali. I medesimi sono in numero di sedici, e corrispondono gli otto primi verso destra agli assi Q, ed i due consecutivi agli assi R' ed S'. L'asse di rotazione verticale di ciascun quadrante porta, oltre la piccola ruota dentata cilindrica che ha relazione colla dentiera Z'Z', e che venne già nominata qui addietro, una ruota dentata d'angolo che a seconda della posizione assegnata alla piastra U U del commutatore fa incastro coll'una o coll'altra delle ruote consimili sottostanti p, p' montate sugli assi Q, R', S': in tal modo il quadrante piglia a girare pel verso conveniente. La disposizione data alle due ruote p, p' per vari sistemi è molto semplice, trovandosi esse solidarie con un piccolo tubo che la piastra U U fa scorrere avanti e indietro sugli assi testè mentovati Q ed R', S'.

b (fig. 1) bottoncini, i quali, dopo d'aver sollevata la piastra mobile, servono a rimettere separatamente ciascuno dei quadranti principali ad una cifra quale si voglia. Ognuno di questi bottoncini ha comune col rispettivo quadrante Y l'asse di rotazione. Affinchè poi, manovrando gli stessi bottoncini, il quadrante concepisca un moto intermitente, ed

ogni sua cifra s'arresi un istante sotto la relativa finestrella C , il contorno del quadrante offre la forma ondulata ed incontra, per così dire, allo scatto di ciascuna cifra un leggero ostacolo al suo movimento per l'opera (fig. 2) di una molla γ la quale colla sua estremità libera foggiata ad arpione penetra nei vani del contorno medesimo.

c (fig. 1) bottoncini consumiti ed analogamente disposti ai precedenti, che del pari s'impiegano per rimettere i quadranti delle finestrelle inferiori P allo zero, od a qualsiasi altra cifra. Venne già spiegato come, per via dei bottoni speciali H ed I , tanto i quadranti principali Y , quanto questi X possono tutti assieme e più prontamente condursi allo zero (fig. 1 e 2).

d ed e (fig. 1) piccoli fori praticati nella piastra mobili tra le finestrelle superiori ed inferiori, nei quali s'indolge un piccolo spillo d'avorio allo scopo di separare nei numeri iscritti nelle due serie di finestrelle le cifre decimali da quelle intere.

o piccole ruote dentate cilindriche montate solidariamente sugli assi Q ed R' , S' , le quali hanno per ufficio di produrre il movimento di questi assi allorché la macchina deve operare dei riporti o ritenute da uno all'altro dei quadranti Y . Ecco in quale guisa ciò avviene. Si ponga che uno di questi quadranti sia in procinto di passare dalla cifra 9 a 0, in altri termini che debbasi riportare 1 al quadrante successivo a sinistra, cioè farlo avanzare di un dente o cifra indipendentemente dal moto impressogli per opera del rispettivo cilindro P . In tal frattempo è dunque necessario primieramente che questo cilindro lasci immobile il rochetto n , e l'asse di rotazione Q del nuovo quadrante possa invece ricevere il moto dall'altro rochetto o . Già è noto che il cilindro P per la mezza circonferenza, lungo la quale non trovansi armato di denti, girerà a vuoto, non imprimendo appunto per sua parte alcun moto al rispettivo rochetto n ed asse Q . Gli è mentre il cilindro P opera a vuoto che il suo quadrante Y , se sia per passare dalla cifra 9 a 0 sotto la relativa finestrella, viene col dente e ad incontrare il nottolino z (fig. 2 e 3) mantenuto al suo luogo attuale per l'azione di una molla w . Sforzata così questa molla, l'asticciola orizzontale $q q$ corrispondente rimane spostata parallelamente a se medesima e verso i cilindri P , facendo imboccare il bocciuolo o dritto t colla ruota dentata o dell'asse Q , ovvero restano avanzati di un dente o di una cifra, operando la voluta ritenuta, ossia registrando una decina di giri del quadrante precedente. Il manico congiunto all'asticciola $q q$ mercé d'apposito braccio, scorrevole in uno al dritto t lungo l'asse del vicino cilindro P a destra, è verso

la cartella intermedia $K K'$ foggiate a guisa di superficie elicoidale, r , così che, appena quando l'asse Q torna a ricevere il moto dal relativo cilindro P , essendo dalla molla w spinto il manico contro il dente ρ , tosto il manico stesso col dito l , e l'asticciola $q q$ col nottolino z fanno ritorno alle loro posizioni di prima.

s ed u (fig. 2) ruote dentate a stelle e bocciuoli, montati quelle solidariamente sugli assi Q, R, R', S' e questi sugli assi dei cilindri P e sugli assi R, S , lungo i quali gli stessi bocciuoli sono scorrevoli unitamente alle dita l . Allorché questi ultimi vengono spostati in modo da imboccare nei vani delle ruote dentate o , i bocciuoli u si portano d'impetto alle ruote s agevolando la rotazione degli assi Q, R, R', S' necessaria per operare i riporti dall'uno all'altro dei quadranti Y , e contribuendo insieme ad evitare ogni deviazione delle asticciole $q q$ durante il loro spostamento.

v tacche (fig. 2) scolpite nella cartella intermedia $K K'$ in numero di nove, nelle quali s'incestra il dente Δ , di cui è munita inferiormente la piastra $A A$ (fig. 2 e 3), affine di arrestare questa piastra in determinati punti dal suo scorrimento longitudinale. Mercè queste tacche ed il dente Δ la piastra stessa $A A$ può in modo sicuro collocarsi longitudinalmente in nove diverse posizioni, per ognuna delle quali dieci dei quadranti principali Y fanno presa cogli assi più volte menzionati Q, R' ed S' ed uno dei quadranti X forma incastro colla ruota dentata ω .

ax ed ax' guide della piastra $U U$ del commutatore.

y, y copiglie che collegano la stessa piastra coll'asse u appartenente pure al commutatore, e del quale già si è fatta parola più sopra.

π, ξ assi orizzontali di rotazione, λ, σ, θ ruote dentate cilindriche e ξ dito solidario coll'asse del primo cilindro P di destra, per mezzo dei quali il movimento della manovella motrice viene trasmesso al quadrante X che fa incastro colla ruota dentata ω . Ad ogni giro della manovella motrice, il cilindro ora nominato P compie anche una rivoluzione: con che il dito ξ costringe successivamente le ruote dentate $\sigma, \theta, \lambda, \omega$, epperò l'anzidetto quadrante X ad avanzare di un dente, e trovasi registrato nella finestrella sovrapposta a questo quadrante il giro dato dalla manovella.

Fig. 1 - ARITMETTRO DI THOMAS (di cui sopra)
potenziale orizzontale della dimostrazione — al 1/3 del vero

