

## L'INGEGNERIA CIVILE

E

## LE ARTI INDUSTRIALI

PERIODICO TECNICO MENSILE

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

## ARCHITETTURA CIVILE

## SULLO STILE DEI NUOVI EDIFIZI PUBBLICI IN ITALIA

E DOVE DEBBASI ATTINGERE L'ISPIRAZIONE.

L'architetto Ernesto Basile, figlio del chiarissimo professore di architettura della Scuola di applicazione degli Ingegneri di Palermo, avendo preso parte al concorso pel disegno di un *Palazzo di Giustizia* in Roma, ha pubblicato ora colle stampe un'apologia del proprio progetto.

Non è qui nostro intendimento di entrare nel merito di quanto ne riguarda la pianta, perchè ciò richiederebbe anzitutto una lunga dissertazione, e l'aver visto i disegni; per altra parte, non desterebbe forse per la specialità del caso guari interesse alla pluralità dei lettori; ma giudichiamo invece utilissima cosa riportare dalla *Memoria* del Basile ciò che egli dice riguardo allo stile cui si è ispirato; imperocchè la tesi sostenuta non si limita al palazzo, ma è d'indole generale. Quando appunto in progetti per edifizii di primaria importanza, di carattere ufficiale, destinati a sorgere nella Capitale, si vedono introdurre certi cupoloni alla francese, bene giungono a proposito le voci che richiamano alla architettura italiana, ed additano dove se ne può utilmente cercare l'ispirazione.

LA DIREZIONE.

## PER IL MIO PROGETTO DEL PALAZZO DI GIUSTIZIA

E PER L'ARTE.

Non amo parlar di me, nè intrattenermi delle mie cose per infondere a forza in altri il convincimento ch'esse sian da reputare sopra le altre eccellenti; nè, molto meno, son uso nelle pubbliche esposizioni a trascinar per il collo la gente dinanzi ai miei lavori e li a magnificare le mie trovate o le mie invenzioni, sbraitando nel denigrare o malignamente criticare gli altri. Prima ancora che l'esposizione dei progetti per il palazzo di giustizia fosse aperta, lasciai Roma per andare nella mia Sicilia a rinfrancare un po' la salute dopo le fatiche ininterrottamente durate per diversi mesi; e, tornato appena da qualche giorno, mi trovo più che contento d'essere stato lontano. Nè oggi mi muoverei a scriver queste poche parole, se più che di rispondere ai miei critici non mi pungesse il desiderio di ribattere un concetto che, espresso con grande leggerezza e con aria dommatica da parecchi, io reputo con ogni più ferma convinzione esiziale e fatale per l'arte.

Ed ecco, senza andar tanto per le lunghe, d'onde si parte e come piglia forma la questione. Prima ch'io mettessi giù pure una linea del mio progetto, volli lungamente riflettere e del carattere che dovesse avere l'edifizio volli intimamente penetrarmi, onde procedere poi per avventura con maggior

sicurezza e con pieno criterio nella risoluzione del complicatissimo tema. Parve dapprima a me che, al difuori d'ogni interpretazione straniera, nel senso italiano e tradizionalmente italiano della parola, il *palazzo*, come lo richiede il programma, dovesse essere un edificio a più piani, manifestante nella schietta ingenuità del vero questi piani nel numero loro e nella loro disposizione, senza ipocrisie di forme o maschere o appiccicature. E mi sembrò pertanto naturale che non ci fosse da derivar nulla direttamente dall'arte romana antica, dove la casa a più piani non ebbe carattere di opera d'arte, nè il palazzo a diversi piani esistette; ma che convenisse ispirarsi senza titubanza alle fabbriche del nostro risorgimento, specie degli ultimi anni del decimoquinto secolo.

La forma del palazzo, determinatasi già grado a grado nel medio evo, si riveste in quest'epoca di elementi tratti dal classico. E di questi elementi gli artisti si avvalgono componendo liberamente, cercando di adattarli a un organismo nuovo, senza nascondere questo dietro a un sipario o a una scena presa di pianta dall'antico. Quel germe che feconda di vita ogni creazione del primo periodo del nostro risorgimento risiede appunto in questo principio: che l'artista non si propone una copia fedele, nè un'imitazione pedante, ma mira solo a volgere e acconciare le forme antiche ai cambiati bisogni dei suoi tempi. Gli elementi architettonici sono ancora gli stessi: la colonna, l'arco, la volta. Ma quanta libertà e varietà di trattazione! Degli ordini non v'ha che il ricordo. I capitelli sono modellati con infinita diversità di maniera e con forme acconciamente tolte dalla natura, il cui studio, conseguenza del generale risveglio del pensiero, accentua la trasformazione. Le proporzioni dei pilastri sono quali l'artista crede più opportune e senza regola determinata o ritenuta invariabile. E il complesso è non solo originale e appropriato ai bisogni che deve soddisfare, ma ancora capace d'ulteriore svolgimento e di trattazione svariata: trattazione e svolgimento che avrebbe di certo ricevuti se l'influenza dei regolisti non ne avesse travolto e guasto il carattere, iniziando quel secondo periodo che si può chiamare a diritto classico, finito poi per degenerare nella barocca scapigliatura del settecento.

Nelle varie provincie d'Italia, così come le speciali tradizioni artificiali e le influenze delle vicine contrade e gli svolgimenti della vita civile lo comportavano, ebbe lo stile diversa impronta, se bene analoghi ne fossero gli elementi e unico lo spirito; ma in nessun luogo come in Toscana ritenne la forza e la vigoria di carattere tutta medioevale. Ond'è che appunto volendo mantenere tali doti nobilissime, che hanno imprescindibilmente da ritrovarsi in un edificio destinato all'amministrazione della giustizia, e volendo ispirarsi allo stile, non è inopportuno ripigliar quella via che tracciarono con tanto splendore di risultato gli artisti in

quella media parte d'Italia. Nulla che più si addica al palazzo della giustizia di quelle forme gravi, severe, e pur tanto semplici degli edifizî pubblici e signorili del quattrocento di Firenze, dove la massa imponente agisce con tutto il suo alto valore e la struttura, manifestata con chiarezza e con forza nel rustico bugnato, nelle nette zone dei piani e nella possente cornice di coronamento, vale a determinare in modo mirabile e con straordinaria vigoria l'impressione dell'insieme. E come oggi i bisogni non sono che in minima parte mutati e a noi servono e ampi saloni e piccole stanze, passaggi e gallerie e cortili, non v'ha, a mio parere, alcuna stranezza di criterio, nè alcuna stentata sottigliezza di ragionamento che possa addebitarsi a chi voglia trarre ispirazione da quelle fabbriche stupende per rinnovarne, con carattere tutto italiano, gli effetti e il valore. Senza dubbio non s'ha da copiare servilmente, poichè là dove alla creazione subentra la copia l'arte finisce; ma il trarre libera ispirazione non è che riallacciare il passato al presente per spingersi nella via del progresso.

Con questi intendimenti io mi misi e perdurai nel lavoro. Del risultato di questo non posso certamente essere giudice; ma il concetto artistico sento di dover difendere, oggi, che esso viene oppugnato. Poichè oggi da parecchi, con invidiabile sicurezza, come trattando di cosa compiutamente stabilita, su cui non si possa altrimenti ragionare o discutere, si viene a dire: *non si può trarre ispirazione dal quattrocento toscano per un edifizio che deve sorgere in Roma; qui non si può fare che il romano.* Alla qual proposizione non si sa per niun verso adattare il mio sentimento d'artista; poichè in realtà si vuol mettere con simile concetto sì fiero ostacolo al naturale svolgimento dell'architettura e si vuole invero rinserrarla dentro tali pastoie accademiche, ch'essa non potrebbe più per lunghissimi anni ancora riuscire a libera vita.

Del resto tale concetto, per quanto dommaticamente espresso, non regge a una pur superficiale disamina; il che appunto intendo mostrare.

E, anzitutto, il romano a cui si allude può essere il romano antico, classico, quel grandioso e magnifico stile di cui stanno qui sopra tutto gli avanzi superbi. Allora, mentre che da tutte le più riposte parti d'Italia ci vengono offerti, vivi e freschi della loro ingenua semplicità, svariatissimi elementi dell'arte, confacentisi nel modo meglio desiderabile ai nostri bisogni e ai nostri costumi, ei parrebbe che tutta l'attività dell'architetto dovesse qui in Roma risolversi nel trarre così di peso dal classico antico gli ordini e appiccicarli là dove non hanno affatto ragione di stare; ei parrebbe che qui in Roma non si dovesse altrimenti concepire un edifizio pubblico odierno se non con un portico appiccicato davanti. Ma chi, avendo animo d'artista, può, anche per un istante, ostinarsi in una simigliante stranissima idea?

Poichè tutti, senza eccezione, restiamo soggiogati dalla potenza di quest'arte antica; ma l'amor per la forma, per quanto giustificato, non ci deve spingere a lasciar da parte il buon senso. E invero, questo semplicissimo organismo classico degli ordini, colla colonna ideata a sorreggere la copertura d'un ambiente alto quanto la colonna stessa e che essa all'esterno razionalmente palesa, si presta a essere direttamente imitato in tutti i nostri edifizî? Che cosa può mai significare il portico del tempio romano, col suo frontone, collocato avanti a uno dei nostri palazzi, quando dietro

all'ordine gigantesco vi sono due, tre o più piani? Con qual criterio si può dare al palazzo odierno l'aspetto del tempio pagano, così come fu ideato venti secoli addietro? E non sarebbe, a dir poco, irriverenza alzar qui un portico coll'intendimento di emular quello del Pantheon, quando dietro di esso dovesse per avventura apparire quella volgarissima maniera di fabbriche con cui i nostri speculatori vanno deturpando le belle vie nuove delle nostre città? O non è questo il segno vero dell'infinita povertà di sentimento artistico che si lamenta oggi fra noi?

Gli architetti del nostro risorgimento furono più che mai sotto il fascino dell'arte romana e con tanta maggior veemenza ne sentirono il valore in quanto che più vivo era il contrasto con tutto ciò che il medio evo aveva prodotto. Pure in quel primo, fresco e vigoroso sbocciare dell'arte nuova essi seppero degli elementi classici fare uso appropriato e davvero imitabile. Leon Battista Alberti così nella chiesa di S. Andrea a Mantova, presa di poi a tipo di tante e tante innumerevoli, poneva l'ordine corinzio nel modo più conveniente, alto da terra fino all'imposta delle volte e lo riportava con ragionevolezza all'esterno a manifestare organicamente la struttura; e all'esterno ancora metteva il frontone. Ma ei non si sarebbe nemmeno sognato di far lo stesso per un palazzo, e in quello Rucellai, a Firenze, dove non si sa che ammirar di più, se la bella proporzione delle parti coll'insieme o la infinita squisitezza di quelle, egli palesava onestamente nello spartito i varii piani adottando un ordine per ognuno dei due superiori e disegnando quella gentil forma di finestra bifora coll'architrave ininterrotto, originale e pur sentita derivazione dell'antico. E Filippo Brunelleschi e i compagni suoi e quanti seppero nella terribilità dei palazzi medicei lasciar esempio di fermezza e carattere d'arte insuperati ebbero dall'antico l'ispirazione. Ogni qual volta mi accade di passar per Tor de' Conti, là dove s'innalza e sta grandiosa la cinta del foro d'Augusto, io ripenso ai palazzi di Firenze, allo Strozzi, al Riccardi, al Pitti; poichè in quel forte bugnato digradante al sommo e in quelle tre distinte zone v'ha tutta la fibra e l'anima dell'arte fiorentina.

Perchè non possiamo noi, piuttosto che incaponire nel copiare e nel copiare malamente, da poi che novantanove su cento di quanti più strillano non hanno mai studiato un capitello romano da vicino e non hanno mai messo piede su di un ponte per trarre dal vero una sagoma; perchè, dico, non possiamo noi pigliare ad esempio gli architetti del XV secolo, che, studiando con coscienza i monumenti classici, seppero ricavarne senza servilità ed in originalissimo modo quegli elementi che si prestano a libertà e proprietà di composizione? Perchè trarre così di peso organismi interi da un'arte passata, senza darsi la fatica di pensare e di sentire? Vi fu un'epoca in cui nel settentrionè e nel mezzo d'Europa invalse un'arte, se pure arte si può chiamare quella che difetta d'ogni sentimento, informata a questo misero concetto di *copiare* i monumenti classici d'Italia e di Grecia. Così a mo' d'esempio, in Inghilterra, quando dalle mani di Inigo Jones e di Cristoforo Wren l'architettura passò in quelle meno abili di un infinito numero di dilettanti, non vi fu palazzina o casa d'una certa importanza che non fosse decorata d'un portico di stile classico, incomoda e ridicola maschera dietro cui malamente appariscono due o tre piani sovrapposti e s'elevano, a rendere più spiccata l'im-

proprietà del partito, le canne dei camini e i fumaiuoli. Ma noi italiani non abbiamo in realtà bisogno di rinnovare sì strane aberrazioni. Quando saremo ritornati pagani e avremo da innalzare alla giustizia un tempio, dove solo la sua immagine alberghi, lungi dalla volgare folla, allora forse sarà il caso di riprendere il portico e il frontone e il tempio tutto intero dei romani. Ora come ora, sia il palazzo quel che onestamente deve essere e non si mascheri o si camuffi da tempio romano.

Questo per quanto riguarda lo stile classico. Ma per romano si può anche intendere quello stile del risorgimento che, al cospetto della grandezza passata, fu qui dapprima più puro che in ogni altra contrada d'Italia e rivesti da una parte col Bramante e col Peruzzi un carattere di leggiadria e di grazia tutto particolare, mentre trovò poi da un'altra parte nel San Gallo e nei suoi seguaci chi lo seppe elevare, con più viva interpretazione dell'antico, a maggiore grandiosità e potenza. E, quanto al bramantesco, quale più generalmente s'intende, guardando forse alle più geniali creazioni del Bramante e non al complesso dell'opera sua, nulla in verità di più gentile e di più fine, colla placidità delle sue masse, coi suoi delicati aggetti, colla squisitezza della parca ornamentazione. Ma può un palazzo di giustizia essere grazioso, gentile, leggiadro? È idea accettabile o conveniente al caso quella di ripetere il palazzo della Cancelleria o l'altro Giraud, o, il che è ancora peggio, l'addossare a una gran parete tre ordini sovrapposti di delicati pilastri, con tre cornici, sia pur tanta (ah, vana speranza!) la perfezione dei particolari da competere cogli esempi più splendidi del Rinascimento?

Lo stile del San Gallo invece, nella sua maggiore forza, per quella sua grande libertà e larghezza di composizione, fornisce stoffa più adatta alla bisogna. Nessun dubbio invero che il San Gallo avrebbe lasciato cosa bellissima e tutta piena di carattere se avesse dovuto trattare un tema come questo odierno. Nessun dubbio ancora che si potrebbe con successo seguire le sue orme. Nulla però forza ad ammettere che questa sia la sola via per cui resti adito alla salvezza, l'unica da seguire per ineluttabile necessità. È questione tutta personale di sentimento d'arte; e a molti, come a me, può sempre parere più consono alla efficacia del risultato il propendere verso il rinascimento toscano anziché verso lo stile del San Gallo.

Per ragioni siffatte, da qualunque lato si voglia guardar la questione, quella massima ostrusiva colla quale oggi si combatte lo stile da me prescelto, non appare, soprattutto nella particolarità del caso, sostenibile. Questo stile, che oggi con falso criterio e per difetto di sentimento d'arte, non si crede degno di stare in Roma, è assai più romano di quanti altri hanno pilastri e colonnati e portici romani, messi là senza alcuna convenienza, proprietà o carattere. E qui in Roma noi non abbiamo motivo di rifiutar nulla di quanto è prettamente italiano. Quale ragione vera, intrinseca per cui si debbano escludere le forme architettoniche del quattrocento, quali invalsero in altri paesi d'Italia? E il palazzo Venezia, esempio primissimo del rifiorire dell'arte, non sta forse stupendamente qui in Roma, sebbene abbia la cornice ad archetti e a merli? Così come il movimento verso l'unità della nazione dipartendosi dagli estremi si spinse vieppiù verso il centro d'Italia e questa Italia conquistò infine a sé la sua Roma, con andamento del tutto

inverso dell'antico, quando Roma, grado a grado, fece sua tutta la penisola; così possono e anzi debbono quelle tradizioni architettoniche di ogni parte d'Italia che, in rispondenza alla nostra civiltà, sono meglio in grado di essere assimilate, e però le quattrocentistiche, trovar oggi nella capitale del regno convenevole campo d'azione. In questo lavoro d'assimilazione per cui, senza immobilizzarsi in un tipo unico, si potrà con libertà trarre da tutto il nostro infinito tesoro artistico, a questo solo si dovrà essenzialmente badare: che ogni elemento abbia in sé fondamento e carattere italiano. Lungi da noi ogni pensiero di imitare quanto oggi si fa in qualche altro paese; di riprodurre anche alla lontana o di trarre ogni benchè lontanissima ispirazione, a mo' d'esempio, da quello strano palazzo di giustizia di Bruxelles, dove i pregi della pianta, per quanto per avventura grandi, non possono rialzare d'un grado il valore della farraginoso ornamentazione, miserando pervertimento d'ogni gusto. Ma nel campo dell'arte nostra si conceda senza irragionevoli restrizioni ogni libertà e non si combatta chi codesta libertà adopera a far cosa propria ed onesta.

Roma, novembre 1884.

ERNESTO BASILE.

## COSTRUZIONI FERROVIARIE

### STRADA FERRATA

DA CLERMONT-FERRAND A TULLE  
CON DIRAMAZIONE PER VENDES (FRANCIA)

#### Ponte sulla Dordogna

al picchetto 104 — 14<sup>m</sup>,00 (Chil. 32 + 774,50)  
della diramazione.

Vedasi la Tavola XIV

Il ponte sulla Dordogna, benchè non sia uno dei manufatti più grandiosi della linea, tuttavia per la sua posizione speciale richiese uno studio molto accurato, inquantochè il fiume in quella località piega bruscamente quasi ad angolo retto, e la linea vi arriva seguendo il *thalweg* del medesimo per un lunghissimo tratto; al di là del fiume poi s'incontra la strada nazionale N. 122 da Clermont a Tolosa, e subito dopo la stazione di Bort, la cui posizione è determinata in modo invariabile, poichè fuori di quel sito non si potrebbe metterla altrove. Il terreno dove viene la stazione è piano, e la sua altitudine determina pure quella del ponte, in modo che l'altezza del medesimo sulle massime piene è piccola assai.

Il fiume nel suo andamento primitivo era contenuto dalle linee punteggiate *abc* da una parte, e *defg* dall'altra (fig. 1, tav. XIV), che rappresentano le sue sponde e sono di natura rocciosa: fu raddrizzato alquanto, assegnandogli l'andamento che si vede nella fig. 1, ed ora si trova molto incassato.

Il complesso di tutte le circostanze sopra menzionate rese alquanto difficile lo studio del manufatto; nel progetto di massima del 1869, appunto per la poca altezza di cui si disponeva, si prevede un unico arco metallico, all'intento di non diminuire la sezione libera. Nello studio definitivo si abbandonò l'idea di un ponte in ferro, anche perchè in quell'epoca in Francia non si era tanto favorevoli alle costruzioni metalliche, e si studiò un progetto con 3 archi di 12 metri di luce ciascuno; questo progetto fu nuovamente

modificato in due modi: nel primo, riducendo gli archi a due e dando loro una corda di m. 18 ciascuno; nel secondo pure con due archi di 17 metri di luce ciascuno.

L'esame comparativo dei tre ultimi progetti suesposti, tenendo per base i prezzi stabiliti dal preventivo dell'Ing. Ferrand, può riassumersi nel quadro seguente:

INDICAZIONE dei PROGETTI	Lun- ghezza del ponte	Super- ficie libera per lo scolo delle acque	Super- ficie della mura- tura in ele- vazione	Cubo totale delle mu- rature in generale	Costo del manufatto a lire 83,57 il m <sup>3</sup> di muratura	Su- perficie di fonda- zione sotto le magre	Pro- fondità sup- posta delle fondaz. sotto le magre	Costo del m <sup>3</sup> di fonda- zione	ANALISI della STIMA		
									Fonda- zioni	Mura- tura in elevaz. contata a 40 lire il m <sup>3</sup>	Costo totale
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	metri	m. <sup>2</sup>	m. <sup>2</sup>	m. <sup>3</sup>	lire	m. <sup>2</sup>	metri	lire	lire	lire	lire
N. 1. Combinazione del 1869. 3 archi di 12 <sup>m</sup> di luce ciascuno.	50	167	1245	1400	117 000	143	2,00	80	22 880	56 000	78 880
N. 2. Combinazione del 1874. 2 archi di 18 <sup>m</sup> di luce ciascuno.	50	162	975	1550	129 033	128	2,00	80	20 480	62 000	82 484
N. 3. Combinazione del 1874. 2 archi di 17 <sup>m</sup> di luce ciascuno.	48	154	825	1500	125 355	128	2,00	80	20 480	60 000	80 480

Devesi osservare che a un chilometro circa a valle della località scelta per l'ubicazione del ponte, proprio nel centro della città di Bort, ne esisteva già uno sullo stesso fiume; esso componesi di due archi di 16 metri di luce ciascuno, e la sezione occupata dalle acque in quel sito nelle massime piene fu constatata essere di soli metri quadrati 134.

Il prezzo di L. 83,57 per metro cubo di muratura fu calcolato dividendo il costo indicato nel preventivo pel cubo della muratura del progetto Ferrand a un arco, tenendo conto di un certo coefficiente (1,30) nel passaggio da uno o due archi, e quindi

$$\frac{90000 \times 1,30}{1400} = 83,57 \text{ lire.}$$

Il prezzo di 80 lire per metro cubo di fondazione nei fiumi, è il più elevato che si è trovato negli *Annales des Ponts et Chaussées* (annata 1864).

Il prezzo di 40 lire è il prezzo di muratura generale, compresi centine e calcestruzzo, che si era pagato per le costruzioni eseguite dalla Compagnia di Orléans.

Dal paragone delle cifre inscritte nel quadro precedente risulta che il manufatto N. 1 a tre archi di 12 metri di luce ciascuno, sarebbe più economico per rispetto agli altri a due archi, e ciò, malgrado l'aumento di spese occasionato dal maggior numero di centine, e dalla difficoltà di fondare due pile in mezzo all'acqua.

Tuttavia giova osservare che per un'impresa la questione deve esaminarsi sotto un altro aspetto, inquantochè per essa il prezzo di L. 83,57 per metro cubo di muratura può non essere elevato pel ponte a tre archi, mentre lo sarebbe per quello a due archi, le cui parti piene hanno un'importanza maggiore.

Anche dalle cifre contenute nell'ultima colonna risulta il primo progetto più vantaggioso, ma il prezzo di 40 lire ammissibile per esso, dovrebbe ridursi a 83 lire per i manufatti N. 2 e 3, ed allora si avrebbero, invece di lire 82484, sole lire 71630 per l'uno, e invece di 80480 sole lire 69980 per l'altro, cifre inferiori a quella del primo progetto.

Di fronte a queste considerazioni, la Direzione si è decisa pel progetto N. 2, il quale fu redatto definitivamente,

apportandovi quelle modificazioni che sono la conseguenza di uno studio di dettaglio, e il risultato si scorge nelle fig. 2, 3, 4, 5, 6 e 7 della tav. XIV, che rappresentano appunto il manufatto come fu eseguito.

L'ubicazione del ponte rilevasi dalla fig. 1 (tav. XIV): esso viene a trovarsi a 1200 metri circa a monte del ponte esistente nella città di Bort, per la Strada Dipartimentale N. 1.

Per determinare la sezione libera del manufatto si è tenuto conto del ponte esistente in Bort, dove si è rilevata l'altezza delle massime piene. Gli elementi che servono di guida sono i seguenti.

Nella piena del 1842, che è la massima a memoria d'uomo e di cui si conservi conoscenza, l'altezza dell'acqua alla testata a monte raggiunse i metri 4,70, e alla testata a valle metri 4,00. Il rigurgito fu dunque di m. 0,70; e la sezione occupata dalle acque di metri quadrati 140,00.

Nella località dove si voleva costruire il ponte per la strada ferrata, il fondo della Dordogna trovasi alla quota

m. 428,10  
l'altitudine delle massime piene è di . . . m. 432,20

per cui l'altezza massima delle acque è di m. 4,10

Ora se si osserva che le sezioni trasversali dell'alveo del fiume nelle due località sono perfettamente simili, si potrà concludere dalla quasi uguaglianza delle altezze osservate, che il regime dell'acqua sarà lo stesso sotto il nuovo ponte di quello che è sotto il ponte della Strada Dipartimentale; per cui le dimensioni di questo manufatto potevano ritenersi applicabili a quello da costruirsi per la strada ferrata.

Tuttavia si è creduto prudente di aumentare la corda degli archi, portandola a m. 18 invece di 16, e la monta delle volte da m. 6,50 a m. 9,00, per le considerazioni seguenti:

1° Il ponte di Bort è costruito in un punto del fiume dove il suo corso è rettilineo, mentre quello che dovevasi costruire veniva a trovarsi all'estremità di una risvolta della Dordogna, il cui raggio medio non è maggiore di metri 30;

2° La Dordogna attraversa una contrada molto fredda, e nell'inverno gela su tutta la lunghezza che precede la località dove si intendeva costruire il ponte, perciò essa è esposta a dei disgeli repentini, e simultaneamente a delle piene straordinarie; è quindi necessario di mantenere trasversalmente, al livello delle acque, la massima larghezza possibile, al disopra dell'altezza delle massime piene. Dando agli archi la forma del pieno centro con un raggio di 9 metri, la linea d'acqua resterebbe ancora di metri 31 nell'ipotesi della piena del 1842, mentre pel ponte di Bort fu ridotta nella stessa piena a metri 21. Con ciò si credette di poter evitare l'ingombro verificatosi in diverse epoche a monte del ponte di Bort nell'occasione dei rapidi disgeli.

Il restringimento dell'alveo della Dordogna fra la pila e le spalle del ponte per la ferrovia, determinerà a monte del manufatto una sopraelevazione del livello delle acque su quello normale, analoga al rigurgito prodotto dal ponte di Bort, la cui altezza fu constatata nella piena del 1842 essere di m. 0,70.

La formola, secondo la quale si è calcolato il rigurgito, è la seguente:

$$x' = \left( \frac{1}{m^2 h^4} - \frac{1}{L^2 (h+x)^2} \right) \frac{Q^2}{2g}$$

nella quale le lettere hanno rispettivamente il significato qui appresso:

$x'$  l'altezza del rigurgito che si cerca,

$Q$  la superficie occupata dalle acque nel momento di massima piena,

$L$  la larghezza primitiva del letto del fiume,

$h$  la profondità media del corso d'acqua primitiva, supposto a sezione rettangolare,

$m$  il coefficiente di contrazione, cioè a dire il rapporto nel quale la pila determina la contrazione dei filetti liquidi e riduce la larghezza reale della sezione del fiume, larghezza che in apparenza è uguale a  $l'$  (larghezza ridotta sotto il ponte), ma che in realtà non è che  $ml'$ .

Per  $m$  Gauthey dà il valore di 0,90 nel caso in cui le pile sono sormontate da un semicircolo, come sarebbe il nostro, ma siccome le imposte della volta si trovano molto basse e vengono ricoperte dalle acque delle piene, così si è creduto prudente di prendere un coefficiente minore e si è fatto variare  $m$  fra 0,75 e 0,80.

La formola data è un'equazione di terzo grado che si risolve per approssimazioni successive.

Designando ora con

$x = 0^m,70$  l'altezza del rigurgito al ponte di Bort; con

$l = 30$  metri la larghezza media della sezione libera al ponte di Bort; con

$x'$  l'altezza del rigurgito che si cerca pel ponte della ferrovia; e con

$l' = 34$  metri la larghezza media della sua sezione libera, si avrà approssimativamente

$$\frac{x'}{x} = \left( \frac{l}{l'} \right)^2$$

donde 
$$x' = 0,70 \left( \frac{30}{34} \right)^2 = m. 0,55$$

cosicchè in definitiva il paragone fra il regime del ponte esistente e quello del ponte da costruirsi si riassume come appresso:

	Ponte di Bort	Ponte della ferrovia
A monte . . . m.	4,70	4,65 (432,75)
A valle . . . m.	5,00	4,10 (432,20)
Rigurgito. . . m.	0,70	0,55
Sezione occupata	m <sup>2</sup> 140,00	150,00

Nella determinazione delle altezze precedenti si è ammesso che la perdita di altezza per effetto della risvolta, diminuisce colla velocità, sotto il ponte da costruirsi, al punto da renderla uguale alla velocità al passaggio di Bort, ad onta della differenza considerevole nelle pendenze (0<sup>m</sup>,01 e 0,003), il che permette di considerare le altezze ottenute come valori massimi, che non saranno mai raggiunti dopo la costruzione del manufatto, e le rettificazioni da farsi nelle adiacenze. Si è quindi migliorato il regime del fiume nella località dove è ubicato l'edificio.

Il ponte stesso si compone di due archi a pieno centro di 18 metri di luce ciascuno; le loro imposte si trovano al livello delle basse acque, e ciò in causa della piccola altezza di cui si disponeva. La lunghezza totale del ponte è di 55 metri. Essa era stata prevista di soli 50 metri, ma si dovette allungarla per non essere obbligati di dare uno sviluppo maggiore ai rivestimenti in muratura che si vedono alla base (fig. 2, tav. XIV) e che hanno una scarpata di 2:1, il che avrebbe prodotto un effetto spiacevole e nell'istesso tempo avrebbe obbligato ad eseguire la muratura dei medesimi sul rinterro. L'allungamento si fece mediante l'aggiunzione di due massivi in muratura, ai quali esternamente si diede una scarpata alquanto forte, come è indicato dalla fig. 6; internamente invece si eseguirono a risega in continuazione di quelle già previste per muri andatori del ponte.

Il parapetto è in ferro dello stesso tipo di quello eseguito sul ponte di 20 metri di cui parleremo in appresso. La larghezza libera fra le facce interne del medesimo è di 8 metri (fig. 5 e 6). Le guide furono collocate a sinistra, lasciando libero a destra il posto pel secondo binario.

Nella tavola XIV abbiamo riunito tutte le figure necessarie a dare un'idea completa del manufatto: nella fig. 2 si ha il prospetto di una metà del medesimo; l'altra metà (fig. 3) è designata secondo una sezione longitudinale AB del piano. La figura 4 dà il piano a quattro livelli diversi come è indicato, vale a dire: 1° visto di sopra allo stato completo; 2° visto di sopra, supposto levata via la massicciata ed il riempimento; 3° al livello dello zoccolo; e 4° all'altezza delle imposte.

Nella fig. 5 si sono riunite le due sezioni trasversali, l'una secondo l'asse di un arco, l'altra secondo l'asse della pila; nella fig. 6 si sono pure riunite due sezioni, l'una secondo la spalla sinistra al punto dove precisamente termina, l'altra secondo i due massivi di muratura aggiunti posteriormente.

Finalmente nella fig. 7 si ha il disegno di una centina.

La grossezza dell'arco è di m. 0,85 alla chiave; essa fu calcolata dapprima colla nota formola di Dupuit

$$g = 0,15 \sqrt{l}$$

dove  $l$  rappresenta la luce; ma il valore ottenuto di 0,636 sembrò troppo piccolo, e si ricorse alla formola

$$g = 0,24 + \frac{1}{32} l$$

che già aveva servito di base al calcolo di molti altri ponti, e si ottenne lo spessore di metri 0,803, che fu portato a m. 0,85. La grossezza dell'arco va aumentando dalla chiave fino a poco più di un terzo della curva d'intradosso, con raggio di metri 11,40, indi si stacca secondo la tangente fino a metri 4,50 al di sopra dello zoccolo; di là discende in scarpata e con delle riseghe di 20 cent. tutti i metri e cinquanta. Quest'andamento fu determinato mediante la curva di pressioni, e dalla medesima risultarono soddisfatte tutte le condizioni di stabilità. La pressione riferita alla

unità di superficie, che si verifica in ogni giunto in vicinanza dello spigolo più prossimo alla curva, è per tutti i giunti inferiore a 10 chilogrammi per centimetro quadrato; limite che può sopportare la pietra impiegata.

La grossezza minima della pila è di 3 metri e trovasi alle imposte; aumenta inferiormente e superiormente, come si scorge dalla fig. 3. La pila è munita di avambecco e di retrobecco, sormontati da cappuccio.

Per le fondazioni si era previsto un massivo di calcestruzzo agguagliato a m. 0,90 sotto le basse acque; ma all'atto della costruzione vi si sostituì la muratura di grosso pietrame, e tanto la pila quanto le spalle si fondarono a circa un metro al disotto delle basse acque, sulla roccia, come risulta dalle quote inscritte nelle fig. 3, 4, 5 e 6 della tav. XIV.

Ad onta che il sottosuolo delle fondazioni sia costituito da roccia durissima, tuttavia noi stimiamo che la profondità raggiunta non è sufficiente, e in un avvenire forse non lontano, le acque della Dordogna produrranno certamente delle erosioni pericolose per l'esistenza del manufatto; non basta che le fondazioni si trovino sopra un fondo resistente, ma è necessario di impedire che le acque del fiume vi arrivino colla loro veemenza; ora la pila si trova precisamente nel mezzo dell'alveo, cosicchè il filone viene a battere contro il suo rostro: le acque vi si infrangono rumorosamente, e rigurgitando si separano e scorrono contornando la pila e producendo un lavoro di erosione con tutta quella forza che esse hanno nel mezzo del fiume.

La calce è la stessa che fu impiegata nel viadotto del Chavanon, ed era eminentemente idraulica; la sabbia granulosa veniva cavata nel fiume stesso.

Tutta la pietra impiegata è un grès durissimo, e resistente alle azioni meteoriche. Le spalle e i timpani sono rivestiti in conci disposti a mosaico; nei rostri della pila si fece uso di pietra da taglio, disponendo i filari orizzontali con rientranze di metri 0,70 alternate con rientranze di metri 0,40; i cappucci sono pure in pietra da taglio.

L'archivolto ha un'altezza di metri 0,80, e fu eseguito in pietra da taglio; l'apparecchio si compone di due quadri di metri 0,40 ciascuno, alternati con un rango di tre conci aventi m. 0,28, 0,24 e 0,28, estradossato senza addentellato coi conci a mosaico dei timpani. L'intradosso è in conci lavorati alla martellina, disposti per filari di m. 0,40 con rientranze di m. 0,55; la volta fu completata da una muratura a pietrame ordinario, agguagliata in prolungamento dei piani dei cunei e messa in opera con bagno di calce idraulica.

La cappa si estende su tutto l'estradosso della volta e copre anche il disopra dei timpani.

Il cordone è tutto in pietra da taglio. I rivestimenti delle scarpate furono eseguiti a monte e a valle del ponte, ed hanno una spessore di m. 0,70.

Il riempimento sulla pila si è fatto per una certa altezza in pietrame, onde favorire lo scolo delle acque che vi si raccolgono; il resto si fece con terre sabbiose e ghiaiose, come pure dietro le spalle e fra i muri andatori.

Le centine si eseguirono nel modo indicato dalla fig. 7; e ne occorsero 5 per ogni arco, distanti di m. 1,50 l'una dall'altra. Il disarmo ebbe luogo col noto mezzo delle scatole in lamiera riempite di sabbia.

Il manufatto era stato incominciato nella primavera del 1878, e fu ultimato nel settembre del 1879. Il disarmo ebbe luogo nel modo seguente: fu incominciato il 31 luglio per l'arco dal lato Vendes, e continuato successivamente il 2 agosto. Gli abbassamenti constatati sono riprodotti nel quadro qui appresso:

DESIGNAZIONE DEI PUNTI	ABBASSAMENTO TOTALE	
	all'atto del disarmo il 31 luglio e 2 agosto	l'8 agosto
Arco lato Eygurande } chiave a monte	0,019	0,029
Arco lato Eygurande } chiave a valle	0,024	0,031
Arco lato Vendes } chiave a monte	0,012	0,018
Arco lato Vendes } chiave a valle	0,018	0,026
Medie	0,018	0,026

Gli abbassamenti medi risultanti dai dati contenuti nel quadro precedente sono quindi per l'arco lato Eygurande m. 0,021 e m. 0,030; per l'arco lato Vendes, m. 0,015 e m. 0,022; le singole differenze sono adunque m. 0,006 e m. 0,008; mentre dall'insieme dei dati risultano le vere medie m. 0,018 e m. 0,026, come dal quadro.

Le quantità principali di lavoro eseguito sono:

Scavo . . . . .	M. c.	216,04
Ripresa di terra per riempimento. . . . .	id.	780,84
Muratura generale d'ogni natura . . . . .	id.	1578,75
di cui:		
in pietrame ordinario metri cubi		1188,54
in pietrame scalpellato		
a mosaico . . . . .	id.	80,45
in pietrame lavorato in		
conci alla martellina . . . . .	id.	196,21
in pietra da taglio . . . . .	id.	103,22
in pietra da taglio grossolanamente lavorata . . . . .	id.	10,33
		<hr/>
		id. 1578,75
Il cubo suddetto si può dividere ancora nelle due categorie seguenti:		
Muratura di fondazione . . . . .		105,21
Muratura in elevazione . . . . .		1473,54
		<hr/>
in tutto		id. 1578,75

Ghisa pei tubi di scolo delle acque interne . . . . .	Kg.	141,00
Ghisa pei parapetti . . . . .	id.	1062,10
Ferro id. . . . .	id.	2045,16
Scogliera . . . . .	M. c.	65,00
L'armatura costò . . . . .	L.	7020,00.

La superficie laterale in elevazione è di m. q. 559,90. L'ammontare totale del ponte, esclusi i rivestimenti delle ripe, e i lavori di rettificazione del fiume, è di L. 75354,22.

Il prezzo per metro lineare di manufatto risulta di

$$L. 1370,07 = \frac{75354,22}{55}$$

Il prezzo per metro quadrato di superficie in elevazione è di

$$L. 134,58 = \frac{75354,22}{559,90}$$

Finalmente il prezzo per metro cubo di muratura di ogni natura è di

$$L. 47,73 = \frac{75354,22}{1578,75}$$

Paragonando questi risultati con quelli ottenuti pel viadotto sul Chavanon, scorgesi che il prezzo per metro corrente è di molto inferiore, e ciò è naturale, essendo l'altezza pure di molto inferiore; mentre gli altri due prezzi sono sensibilmente uguali.

Ing. G. CRUGNOLA.

## ILLUMINAZIONE PUBBLICA

### APPARECCHIO ECONOMIZZATORE DEL GAS-LUCE

del sig. POMPEO RAVANELLI.

Il signor Ravanelli ha presentato di questi giorni al Municipio di Torino un apparecchio di sua invenzione, da lui chiamato *economizzatore di gas*, che venne, dal favorevole esito delle esperienze sul medesimo istituite, giudicato assai vantaggioso. Si sta ora provandolo in più vasta scala, ed in condizioni veramente normali, nei fanali destinati alla pubblica illuminazione e forse tra non molto si potrà saperne qualche cosa di più positivo. Non sarà, penso, discaro alle persone tecniche sapere fin d'ora qualche cosa intorno a questo apparecchio, il quale si presenta con tutte le apparenze d'un lusinghiero successo.

Il principio su cui riposa l'apparecchio del signor Ravanelli è semplicissimo. L'inventore porta il gas illuminante ad una notevole temperatura prima che giunga al beccuccio al quale deve bruciarsi. Questo riscaldamento predispone il gas ad una più completa combustione ed ha per effetto di aumentare il potere illuminante della fiamma.

Il modo proposto dal signor Ravanelli per il riscaldamento del gas, appare dalla fig. 1 ed è al tempo stesso semplice, economico ed efficace.

Il gas che, dalla diramazione entra nell'apparecchio nel punto *a*, è costretto a percorrere un tubo di metallo *abcdef* prima di giungere al beccuccio *g* ove arde la fiamma. Il tubo *abcdef* è ripiegato al disopra della fiamma, a conveniente distanza dalla medesima. Con tale disposizione si ottiene un riscaldamento che è in giusto rapporto colla temperatura della fiamma e si evita il pericolo non improbabile, che, ricorrendo ad altre sorgenti di calore, il riscaldamento possa, per inavvertenza, essere spinto ad un punto tale da determinare la parziale decomposizione del gas illuminante.

In corrispondenza della fiamma il condotto *abcdef* si allarga in un recipiente *cd*, che può prendere forme svariatissime, adattandosi così alla natura della fiamma od alle speciali destinazioni della medesima, come si vede nelle fig. 1, 2, 3, 4 e 5.

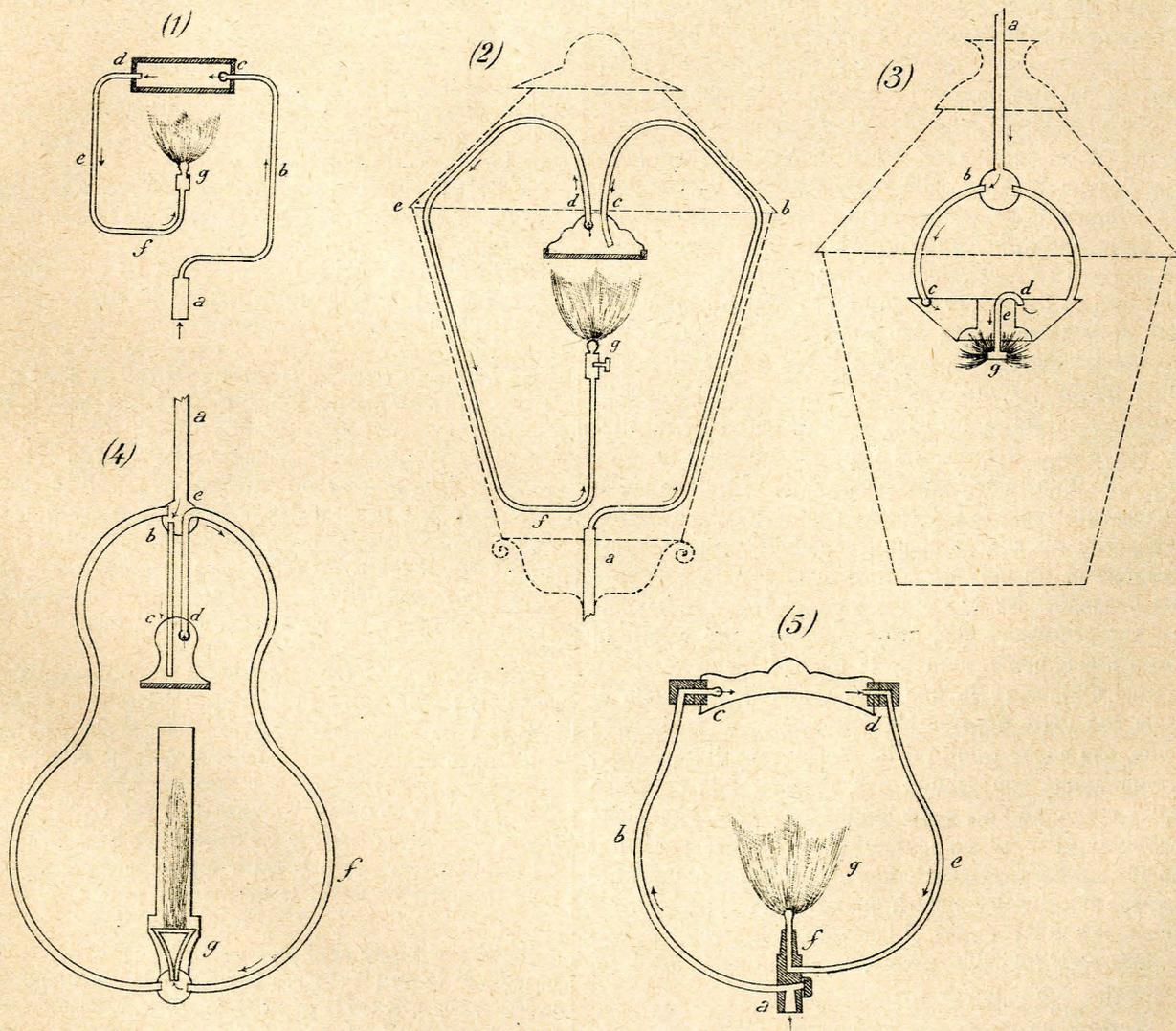


Fig. 114. — Apparecchio economizzatore del gas-luce, del sig. Pompeo Ravanelli.

Allo scopo di rendere più pronto e più uniforme il riscaldamento della massa di gas che giunge nel recipiente *cd*, quando il recipiente ha la forma di scatola, a base molto ampia in confronto della sua altezza, come è appunto il caso delle fig. 4 e 5, l'autore dell'apparecchio munisce la estremità del tubo di arrivo di un beccuccio ordinario con taglio longitudinale, in modo che il gas è obbligato ad allargarsi in una falda sottile, orizzontale, come in una fiamma detta *a ventaglio* (V. fiamme *g* delle fig. 4, 2 e 5).

Il brusco allargamento, che viene a prodursi nella sezione della condotta, per via del recipiente *cd*, nel punto in cui si effettua il riscaldamento del gas, compensa l'aumento di tensione prodotto dal riscaldamento e d'altra parte il maggior volume di gas, che questo recipiente accumula in prossimità della fiamma, serve a moderare, se non a distruggere compiutamente, le alterazioni di forma e d'intensità luminosa, che si verificano in tutte le fiamme a gas e che sono prodotte dalle continue variazioni di pressione, che per cento cause diverse si producono e si succedono ad intervalli brevissimi nelle ultime diramazioni di tutte le condotte di gas, che hanno lungo percorso e servono molti consumatori.

L'apparecchio descritto fu sperimentato, non ha guari, nel gabinetto municipale dei saggi fotometrici, e fu sperimentato col fotometro *Dumas e Regnault*. L'esperimento fu condotto nel modo seguente. Al becco *Bengel* del fotometro venne sostituito l'apparecchio *Ravanelli*, con beccuccio a taglio longitudinale per fiamma *a ventaglio*, cercando che il centro di massima intensità luminosa della fiamma a gas e di quella ad olio della lampada *Carcel* cadessero alla stessa altezza del centro del quadro, ove le fiamme dovevano proiettarsi. Regolando la intensità luminosa della fiamma prodotta dall'apparecchio *Ravanelli*, in modo da pareggiare quella della *Carcel*, si constatò, con tre esperimenti della durata media di 15' e 12", che la fiamma dell'apparecchio *Ravanelli* consumò litri 32,79 di gas e che effettivamente, col crescere della temperatura del gas, andava scemando notevolmente il consumo. Rimesso il becco *Bengel*, si trovò, con altri tre esperimenti, che il consumo medio necessario per produrre la stessa luce fu, nello stesso tempo, di litri 38,68, con una differenza, sul consumo ottenuto in precedenza colla fiamma dell'apparecchio *Ravanelli*, di litri 5,89 in più, che equivale al 15 p. 0/10 del consumo del becco *Bengel*.

Gli esperimenti riferiti non furono abbastanza numerosi per autorizzare un giudizio definitivo in merito all'apparecchio *Ravanelli*. Ma da essi già possono aversi indizi sufficienti per presumere che, prove più numerose e fatte in più vasta scala, confermeranno la bontà dell'apparecchio e serviranno a stabilire in una cifra esatta il risparmio di gas, che con detto apparecchio è permesso di realizzare; consumo, che anche ridotto nella proporzione di un 10 0/10, rappresenterebbe sempre una non disprezzabile economia per quei municipi, che, come quello di Torino, bilanciano annualmente oltre ad un mezzo milione di lire per l'illuminazione a gas e rappresenterebbe anche un vantaggio notevole per i piccoli consumatori, qualora, al piccolo risparmio sul consumo annuale di gas, si potesse aggiungere l'*assicurazione della stabilità della fiamma*, se non in modo assoluto, almeno entro limiti molto vicini.

Torino, novembre 1884.

Ing. G. A. REYCEND.

## MECCANICA APPLICATA

DEL LAVORO MUSCOLARE DELL'UOMO  
E DELLA CONVENIENZA DI MIGLIORARE LA NUTRIZIONE  
DEI LAVORATORI DEI CAMPI.

Continuazione

### Come si impieghi il calore animale.

Nelle condizioni normali della vita abbiamo detto che la produzione dell'acido carbonico è la causa precipua dello svolgimento del calore animale.

Il calore che si svolge è impiegato:

- 1° A mantenere il nostro corpo alla temperatura costante che gli è propria, indipendente dalle variazioni della temperatura esterna;
- 2° A riscaldare presso a poco allo stesso grado di temperatura dell'organismo l'aria che è introdotta nei polmoni ad ogni aspirazione;
- 3° A vaporizzare l'acqua che è trascinata coll'aria calda ed esce dai polmoni durante le espirazioni;
- 4° A vaporizzare l'acqua che si estrica per mezzo della traspirazione della pelle;
- 5° Ad elevare al grado di temperatura dell'organismo gli elementi solidi e liquidi che riceviamo come nutrimento;
- 6° A produrre il lavoro meccanico necessario al funzionamento degli organi interni;
- 7° A produrre il lavoro meccanico che l'uomo o l'animale è chiamato colla propria forza muscolare ad esercitare sugli oggetti esterni che gli si mettono innanzi.

### Temperatura dell'organismo.

Una prima parte del calore dicemmo impiegata a mantenere il nostro corpo alla temperatura che gli è propria, indipendentemente dalle variazioni della temperatura esterna.

Ma qual'è la temperatura interna? È dessa press'a poco costante?

Se l'uomo o l'animale sono in buona salute, la temperatura interna è costante.

Nell'uomo, presa sotto le spalle, è da 36 1/2 a 37 1/2.

Differisce di poco da un punto all'altro del corpo.

La temperatura del sangue arterioso è un tantino più elevata di quella del sangue venoso, e ciò si comprende. Ma la temperatura *media e normale* è sempre la stessa, sia che un uomo si trovi a prender un bagno d'acqua fredda, sia che trovisi chiuso in una serra a stufa.

E ciò perchè? Perchè l'organismo animale è dotato di termometri *regolatori della temperatura* estremamente potenti ed efficaci.

Se l'*animale è in un ambiente freddo*, la combustione organica che ha luogo nel sangue in circolazione si fa più attiva; si consuma più ossigeno, si brucia più carbonio, ed il *maggior calore* che si sviluppa è in rapporto colle *maggiori perdite* che avvengono per irradiazione nell'ambiente più freddo, o per il contatto di corpi più freddi.

Se l'*animale è in ambiente caldo*, il lavoro di ossidazione diminuisce; la traspirazione del vapor acqueo dal polmone e quella della pelle in tutta la superficie del corpo entrano in giuoco ed acquistano una attività sufficiente ad eliminare la quantità di calore che nel nostro corpo si è sviluppata in eccesso.

Ed è così che un animale a sangue caldo può vivere *per un certo tempo*, anche in un *mezzo* la cui *temperatura sia superiore* a quella del proprio corpo; purchè lo spazio non sia saturo di vapore, condizione indispensabile perchè la traspirazione possa avere luogo.

\*

Vuolsi pure notare che il nostro organismo può ricevere una certa quantità di calore più che non lo comporti la sua temperatura normale; essendo noto che la *capacità calorifica*, o, come dicono i fisici, il *calor specifico dei nostri tessuti*, è molto grande, e si avvicina a quello dell'acqua.

E quindi il corpo umano può ricevere e ritenere qualche caloria di più di quelle che spende, o viceversa, senza alterare le sue funzioni vitali.

Abbiamo dunque nella stessa massa del nostro corpo un primo regolatore della temperatura, il quale funziona per verità fra limiti un poco ristretti. Ma tanto basta perchè l'organismo respiratorio abbia tempo a regolare la propria condotta dipendentemente dalla maggiore o minore quantità di calore che si dovrà sviluppare.

\*

Conosciuta la temperatura dell'organismo ed essendo data la temperatura esterna, si deve esser in grado di conoscere la quantità di calore che va perduta per irradiazione.

Ma si comprende come questa perdita di calore da istante ad istante possa essere variabilissima.

I fisiologi ci dicono che in media nei nostri climi, ed in un periodo di tempo abbastanza lungo, quella perdita è *i tre quarti* almeno di tutto il calore che ci sforziamo a produrre nell'interno del nostro organismo.

Anzitutto è evidente che questa perdita dipende dall'ampiezza della superficie del corpo. L'uomo irradia più calore per unità di peso vivente che non il cavallo. Gli animali ovini, a loro volta, ne irradiano più dell'uomo.

Anche il grado di coibenza delle materie che sono alla superficie influiscono notevolmente sulle perdite di calore. Ond'è che noi siamo obbligati nell'inverno, in mancanza del cuoio o della lana naturale, a coprirci di vestimenta poco conduttrici del calorico per impedire il più che è possibile le perdite di calore per irradiazione.

\*

Una seconda parte di calore dicemmo essere impiegata al *riscaldamento dell'aria* introdotta nei polmoni.

Questa è facile ad essere calcolata coi principii della fisica.

Nell'uomo, per esempio, abbiamo:

Capacità respiratoria . . . . .	400 cent. c.
Inspirazioni al 1' . . . . .	20 »
Occorrono quindi in 24 ore:	
242 calorie se l'aria esterna è a . . . . .	— 25°
131 » » » . . . . .	0°
74 » » » . . . . .	15°
6 » » » . . . . .	35°

\*

Una terza parte di calore serve a vaporizzare l'acqua che si estrica coll'acido carbonico dal polmone o dalla traspirazione della cute.

Abbiamo detto che il peso d'acqua espirato nelle 24 ore dall'uomo varia da 300 ad 800 grammi, e vi si deve aggiungere la quantità d'acqua che viene dalla traspirazione cutanea.

Poniamo che in condizioni normali un uomo vaporizzi 50 gr. di acqua all'ora, ossia 1200 gr. in 24 ore; basterà moltiplicare questo peso d'acqua vaporizzata per 536,7, ch'è il calore di vaporizzazione, e troveremo occorrere nelle 24 ore *644* calorie per tale vaporizzazione.

\*

Anche il calore necessario a portare gli alimenti alla stessa temperatura dell'organismo è presto misurato.

Non si ha che a moltiplicare il peso di questi alimenti per la differenza della temperatura degli alimenti da quella interna del corpo, e per il calore specifico degli alimenti, che in generale è poco diverso da quello dell'acqua, ossia è uguale all'unità.

Poniamo che un uomo prenda *ogni giorno* 3 chilog. e 112 d'alimenti tra liquidi e solidi, alla media temperatura di 10 gradi.

Per elevare tutti questi alimenti a 37° occorreranno 94 calorie.

Questa perdita di calore può essere naturalmente molto diminuita facendo uso di alimenti caldi.

\*

Sul calore che si spende per il lavoro meccanico interno del nostro meccanismo per mantenerci le funzioni vitali, abbiamo finora pochissimi dati.

Si è visto tuttavia che il lavoro meccanico speso per mantenere in giuoco l'apparecchio respiratorio non può essere che poca cosa, trat-

tandosi di spostare una massa gasosa di poco peso ed il cui movimento è determinato da piccolissime differenze di pressione.

Abbiamo parlato, è vero, del lavoro meccanico sviluppato dalle pulsazioni del cuore per mantener in attività la circolazione del sangue. Ma se esaminiamo la natura del lavoro meccanico che si produce, troviamo che questo movimento circolatorio del sangue, se l'uomo è in riposo, non dà luogo ad alcun spostamento del centro di gravità di tutta la massa circolante; cosicchè tutto il lavoro del cuore è consumato a vincere le resistenze incontrate dal sangue a scorrere in tanti piccolissimi vasi; ora queste resistenze passive danno luogo ad uno sviluppo di calore presso a poco equivalente a quello speso, e questo calore si sponde per irradiazione; cosicchè è già stato compreso nel calcolo.

Lo stesso deve dirsi del lavoro che si esercita e quindi del calore che si perde nell'alterna distensione e contrazione di tutti i muscoli.

#### Calore convertito in lavoro meccanico.

Ci rimane dunque a parlare di quella parte ben più essenziale di calore che sparisce convertito in lavoro meccanico esterno.

Noi sappiamo che quando un'unità di calore, o come la diciamo, una *caloria* è trasformata in lavoro meccanico, si producono in ogni caso 425 unità di lavoro, ossia *425 chilogrammetri*.

Viceversa, quando veniamo a constatare che un uomo ha esercitato un certo lavoro meccanico, misurato da un certo numero di chilogrammetri, dividendo questo numero per 425, troveremo il numero delle calorie sparite.

Questo fatto bene accertato ci permette perciò di far entrare in modo esatto nel calcolo delle diverse quantità di calore che si svolgono e si impiegano dall'uomo e dall'animale la quantità di calore che rappresenta il lavoro meccanico: quello cioè esercitato dalla forza muscolare, che era sempre sfuggito alle ricerche dei fisiologi antichi.

L'introduzione di questo elemento così essenziale allo studio del fisiologo, ha chiarito in un modo non mai sperato tutte le questioni di meccanica animale.

Già si sapeva dalle idee teoriche di Mayer e di tanti altri che anche negli animali, come nelle macchine a vapore, una parte del calore sparisce trasformato in lavoro meccanico esterno.

Ma chi ha fatto sperimentalmente vedere questa verità, provandola direttamente sull'uomo, è il signor *Hirn*.

Il suo metodo è estremamente semplice. In una cassa di legno ermeticamente chiusa v'era una ruota a palmette che poteva essere messa in movimento a diverse velocità, mediante un apparecchio di resistenza esteriore.

L'uomo sottoposto all'esperimento entrava in questa cassa, dove poteva rimanere in riposo, ritto o seduto, od anche esercitare un lavoro sulla ruota analogo a quello di chi prende a salire una scala.

Altre piccole ruote a palmette funzionano come agitatori dell'aria, perchè la temperatura della cassa rimanga la stessa in tutt'i punti.

Durante l'esperimento si misurava il volume d'aria respirato e la quantità d'acido carbonico prodotto.

Si misurava coi termometri l'aumento di temperatura nella cassa, mentre in esperienze preventive già erasi misurata la quantità di calore perduta dalla cassa ad ogni eccesso della temperatura interna su quella esterna.

Il lavoro meccanico fatto dall'uomo che sale sulla ruota in movimento è equivalente a quello del proprio peso moltiplicato per l'altezza al quale sarebbe salito, se la ruota, o, diremo meglio, la scala, non gli fosse sfuggita di continuo sotto ai piedi.

Quel lavoro è dato dunque dal prodotto della circonferenza della ruota per il numero di giri ch'ella fa e per il peso dello sperimentatore.

Il signor *Hirn* ha potuto così constatare, che la quantità di calore che si rendeva sensibile per un dato peso di acido carbonico prodotto era minore quando l'uomo lavorava a far girare la ruota, che quando esso rimaneva in riposo.

È dunque incontestabile che una parte del calore animale sviluppato dalla combustione nell'organismo cessa di manifestarsi sotto le vesti di calor sensibile, per comparire sotto quelle di lavoro meccanico esterno.

Anche qui non è ancora il caso di citare dei numeri, perchè il signor Hirn stesso fu il primo a riconoscere che il suo metodo sperimentale mancava ancora sotto certi punti di vista fisico-meccanici, ed anche fisiologici, di una certa precisione.

Ma è certo che avendo sottoposto all'esperienza individui d'ambo i sessi, di differenti età, e di diverso temperamento, uomini sani, ed altri ammalati, trovò che in tutti ad 1 gramma di ossigeno assorbito corrispondeva sempre la stessa quantità di calore sviluppato e molto approssimativamente 5 calorie.

Finchè non si considera che l'uomo o l'animale allo STATO ASSOLTO DI RIPOSO la quantità di ossigeno che l'uomo o l'animale assorbe, e quindi la quantità di calore che si svolge, è quella appena necessaria a mantenere il corpo animale alla voluta temperatura interna per rispetto a quella dell'ambiente, a provvedere in una parola al mantenimento delle funzioni vitali.

Siamo nel caso di una macchina a vapore che rimane in riposo, mentre la sua caldaia è mantenuta in pressione, e pronta al lavoro; mentre il focolare somministra solo il calore necessario a riparare le perdite dovute all'irradiamento.

Ma tostochè l'uomo o l'animale si muove, s'ei prende a salire, ossia ad elevare il proprio peso, od anche a trascinare o sollevare un peso addizionale, che cosa succederà allora in quell'essere animato che lavora? Un fenomeno di calore; una maggiore produzione di calore animale ed una *sparizione* di parte di questo calore.

Quando Hirn sottoponeva sè stesso all'esperimento trovò che muovendosi in guisa da elevare il proprio corpo a 450 metri d'altezza in un'ora di lavoro;

i battiti del cuore crebbero	. . .	da 80 a 140
il numero delle aspirazioni	. . .	» 18 a 30
il volume d'aria aspirato ed espirato all'ora	»	700 a 2300 litri.

E quindi, mentre allo stato di riposo consumava appena all'ora 30 gr. di ossigeno, lavorando ne consumava 132 gr. ossia 4 volte e 1/2 quella prima quantità.

Lo stesso deve dirsi per qualsiasi altro lavoro meccanico.

Ma 132 gr. di ossigeno rappresentano 660 calorie. E 660 calorie, se tutto il calore prodotto si convertisse in lavoro meccanico, rappresenterebbero 280 mila chilogrammetri.

Invece il lavoro meccanico non era che di 33 mila chilogrammetri.

Dunque l'uomo non riesce che a convertire il 12 0/10 del calore che sviluppa, in lavoro meccanico.

Lo stesso ha luogo per le locomotive.

E tutto il resto? Si scarica nell'atmosfera.

E difatti l'uomo e gli animali dopo avere lavorato meccanicamente, dopo aver fatto una corsa, dopo aver fatto sparire un po' di calore per essere stato convertito in lavoro, invece di una sensazione di freddo per il calore sparito, si sentono invece alquanto riscaldati, e s'accorgono per mezzo dei sensi, e segnatamente della accelerata espirazione, e del sudore, che un'operazione di scarica accelerata di calore si compie dal loro corpo che è la sorgente più elevata, nell'atmosfera che è la sorgente più bassa.

\*

Abbiamo paragonato il lavoro meccanico dell'animale e quello dell'uomo al lavoro inanimato delle macchine a vapore.

Il confronto è razionale e serve a rendere più chiare le idee.

Vero è che nell'animale abbiamo una volontà ed un istinto superiore alcune volte alla stessa volontà, che lo trascina al lavoro, ed al cibo.

Mentre nella macchina a vapore abbiamo tutto al più una grande ruota la quale fa da volante, una massa di ferro la quale prende a girare e seco trascina nel movimento gli altri organi minori, dotati sovente di moti differenti, e capaci di sviluppare molte resistenze passive; c'è dunque anche nella macchina la tendenza per un certo tempo almeno a continuare il movimento, tendenza essenzialmente dovuta alla forza d'inerzia della materia; ma se l'uomo non prepara il combustibile, e non ne alimenta il focolare, la macchina si ferma, e la forza viva immagazzinata nel volante poco a poco si spegne.

Oltretutto nell'uomo e negli animali è, si può dire innata l'idea del sacrificio; la è tanto più nell'agricoltore quando vede dalle meteore dell'atmosfera, o dai flagelli di malattie recondite di piante od

animali mandata a male una parte del raccolto, e con esso le proprie fatiche.

Or questa idea del sacrificio, che tanto in noi è radicata e chiara, riscontrasi egualmente realizzata nelle nostre macchine, quando le valvole di sicurezza, rese oramai sensibili siccome i nostri sensi, lasciano sfuggire in pura perdita la quantità di vapore necessaria ad evitare un disastro, e rimediano talvolta alle trascuranze d'un macchinista; — o quando ancora si deve a forza ricorrere all'azione dei freni per estinguere in alcun modo, e nel più breve tempo possibile, la forza viva accumulata o nel volante di una macchina, o nella massa di un convoglio.

\*

Dove più scapitano al confronto i motori animati su quelli inanimati, è dal punto di vista della continuità d'azione.

Un motore inanimato, finchè riceve il vento, o finchè l'acqua cadendo preme contro le palmette o finchè s'introduce combustibile sulla graticola, è sempre in moto; ed il lavoro è sempre regolare e continuato.

Al contrario il lavoro dell'uomo e degli animali dev'essere interrotto da periodi di riposo più o meno prolungati. Noi ci sentiamo, dopo un qualche tempo, affaticati e stanchi; il nostro organismo non è in grado di sviluppare nuova forza muscolare se non dopo un certo tempo.

Inoltre la macchina inanimata può sviluppare il massimo della forza di cui è capace in modo continuo e duraturo; mentre i motori animati non possono sviluppare uno sforzo massimo che per brevi istanti.

Un eccesso di fatica può essere causa di gravi inconvenienti, e costringere all'assoluto riposo per non poco tempo ed anche per sempre; si sa, per esempio, che una eccessiva velocità, od una corsa troppo prolungata, basta talvolta a rovinare un giovane cavallo.

Le macchine inanimate hanno i loro organi in movimento che si consumano poco a poco, finchè giunge un istante in cui è d'uopo mutare il pezzo logorato, o rotto con altro nuovo.

Nell'uomo e negli animali la cosa passa ben diversamente.

Tutto l'organismo vivente si affatica e consuma ogni giorno; ma il nostro organismo ripara da sè stesso all'usura patita durante la veglia; e vi ripara ogni giorno insensibilmente come è insensibile la usura.

Si compie in noi un processo di eliminazione di certi elementi, i quali sono immediatamente sostituiti da altri simili elementi, e ciò si compie in modo tanto più perfetto quanto più noi siamo ancora lontani dal periodo della vecchiaia.

\*

Nei calcoli relativi all'alimentazione ed al lavoro meccanico dell'uomo è necessario di tener conto del peso totale del corpo per rispetto alla statura.

Da cinque a 10 anni, la statura cresce assai più rapidamente del peso.

A cinque anni la statura media manca di due mm. ad 1 metro; ed il peso è di chilogr. 15,77.

A 19 anni la statura media è di m. 1,674; se il peso fosse accresciuto in proporzione dovrebbe essere di kg. 77,27, invece non è che di chg. 60,06.

La statura aumenta fino al 25° anno, rimane sensibilmente stazionaria fin dopo i 30 anni, e poi l'uomo si accorcia. A 40 anni è già diminuito di 1 cent. A 70 anni si ha una diminuzione di 7 cent.

E il peso segue la variazione della statura, il massimo del peso ha luogo però qualche anno più tardi del massimo della statura.

Per uomini di una stessa età e di differente statura, ma tutti in buona salute, ben mantenuti e forti, il peso segue la legge del quadrato della statura.

#### Del lavoro muscolare dell'uomo.

Il lavoro muscolare dell'uomo si può dire inseparabile da qualsiasi operazione agricola. Sarebbe superfluo voler qui enumerare i diversi modi coi quali l'uomo può esercitare la propria forza muscolare. Sono cose che tutti sanno.

Ma è necessario avere un'idea precisa del limite massimo di resistenza delle diverse parti dello scheletro umano, non che dello sforzo massimo che può sviluppare la contrazione muscolare dell'uomo.

Si cita l'esempio di un tale che riusciva a portare sulle proprie spalle tre sacchi di farina, ossia un peso di 477 chilogrammi. Credette un giorno di poter portare quattro sacchi, e cadde vittima della imprudente scommessa, sotto il peso di 636 chilogr. La sezione trasversale dell'osso della gamba, nella parte più piccola era presso a poco di 180 millimetri quadrati.

Una pressione di 350 chilogr. per centimetro quadrato, sarebbe adunque il limite massimo di resistenza di quest'osso; per altra parte sappiamo che queste ossa tagliate in pezzi di 2 cent. di lunghezza, disseccate e bene conservate, rimangono schiacciate sotto una pressione che varia da chg. 4,5 a chg. 4,8 per mmq. di sezione resistente.

Vi sono acrobatici che puntando mani e piedi per terra sostengono sul dorso, senza muoversi che di pochi millimetri, un peso di 800 a 900 chilogrammi.

È bensì vero che in questi giuochi il corpo intero è fatto correre mirabilmente all'effetto; ma se si misurassero anche solo le pressioni sostenute, per esempio, dal palmo della mano, si rimarrebbe veramente meravigliati.

Si racconta di persone capaci di piegare in due tra il pollice e l'indice della mano una moneta di 1 franco, colla stessa facilità con cui noi riusciamo a rompere una nocciola. Se proviamo a caricare di pesi una nocciola fin che si rompa, troviamo sempre una pressione di 25 a 30 chilogrammi. E per piegare una pezza di un franco occorre una forza di 60 a 70 chilogrammi.

Questi non sono che sforzi muscolari dell'uomo in riposo.

\*

Per dimostrare l'enorme quantità di lavoro meccanico che i muscoli dell'uomo possono somministrare in un tempo relativamente brevissimo, citerò l'esempio d'un ballerino da teatro, pesante 60 chilogr., che in un salto, e senza movimento preventivo di slancio, elevava il proprio corpo all'altezza di 1<sup>m</sup>,60. La durata di questo salto era di 0",5655 per l'innalzamento, e di altrettanto per la discesa. Se noi calcoliamo il lavoro meccanico sviluppato in questo brevissimo tempo, un tantino più di mezzo secondo, troviamo un lavoro di 96 chilogrammetri.

Una macchina a vapore che dovesse sviluppare lo stesso lavoro nello stesso tempo, dovrebbe avere la forza di 2 cavalli-vapore ed 114.

Oltrechè quella quantità di lavoro è sviluppata in un tempo ben più breve della durata del salto. Il lavoro è infatti speso al momento in cui il piede si stacca dal suolo, in virtù di una rapida contrazione dei muscoli che precede l'istante del salto, e che è in tutto paragonabile allo scatto di una molla.

Questa contrazione dei muscoli non eccede forse un decimo di minuto secondo.

#### Diversi modi coi quali l'uomo può sviluppare il lavoro muscolare.

Lasciando da parte i casi eccezionali di sforzi statici, o di enormi quantità di lavoro sviluppate in tempo brevissimo, veniamo invece allo studio dei fatti usuali, ossia di quei risultati pratici che si verificano tra noi ogni giorno.

Il lavoro più semplice dell'uomo è quello di camminare.

Il passeggiare, il solo trasporto del nostro corpo anche senza alcun peso addizionale, esige un dispendio di forza, che si rivela dopo un certo tempo, quando ci sentiamo affaticati e stanchi in modo più o meno pronunciato.

Il semplice passeggiare esige la trasformazione in lavoro di una certa quantità di calore, e conseguentemente il consumo di una corrispondente quantità di alimenti.

E poichè anche il recarsi da un luogo all'altro è lavoro che si connette sempre con tutti i lavori dell'agricoltura, dobbiamo studiare questo primo fenomeno attentamente.

\*

Cominciamo dal caso in cui l'uomo cammini senza avere alcun peso addizionale da portare.

La velocità usuale dell'uomo che cammina al passo su di una via ordinaria in piano, è di m. 1.66 per 1", ossia è circa di 6 chilom. l'ora.

Forzando il passo si arriva facilmente a far 2 metri al 1", ossia 7200 metri all'ora.

Ma una velocità di 8 chilometri l'ora, continuata per una o due ore, è già qualche cosa di eccezionale.

Vi sono poi uomini da corsa capaci di correre 7 metri per 1", ciò che equivarrebbe a 25 chilometri l'ora. Ma essi non possono sostenere che per poco tempo una così grande velocità. Vediamo cioè ripetersi per l'uomo che cammina gli stessi fenomeni degli sforzi eccezionali allo stato statico.

In Persia, per acquistarsi il titolo di corridori del Sovrano, si dice essere necessario dar prova di percorrere 36 leghe (144 chilom.) in 12 ore. Evidentemente è come dire che occorrono uomini di costituzione fisica straordinaria, e da lungo tempo esercitati.

Ma è inutile fermarci su questi risultati eccezionali.

Ciò che a noi importa di sapere è ciò che sia in generale possibile pretendere da un viaggiatore a piedi che cammini tutto il giorno, senz'altro abbiasi a domandargli più di quello che le sue forze possono dare.

Come risultato medio ordinario si ammette che un uomo robusto possa percorrere da 40 a 60 chilometri al giorno, camminando colla velocità di 5,5 a 6 chilometri l'ora.

Chi si sentisse di fare parecchi giorni di seguito più di 60 chilometri al giorno, sarebbe meritevole già di particolare menzione.

\*

Quando un uomo è caricato, ossia ha da trasportare, oltre al proprio peso, un altro peso addizionale, lo spazio che egli può percorrere in un giorno senza eccedere i limiti delle proprie forze, diminuisce rapidamente coll'aumentare del peso.

È questa la condizione che più spesso incontra nei lavori di campagna, e merita perciò di essere studiata nei diversi casi.

Anzitutto vi sono tanti modi di portare un peso, e questi modi variano non solo a seconda delle professioni, ma variano pure da paese a paese.

In certi paesi le donne portano la secchia dell'acqua, e qualsiasi altro collo, direttamente sul capo.

L'andatura della persona non pare sensibilmente modificata finchè il peso non eccede i 15 chilogrammi.

Ma quando il peso aumenta, e talvolta s'incontrano donne che portano sul capo perfino cinquanta chilogrammi, allora l'andamento della persona è grandemente modificato.

Le oscillazioni nel senso verticale diminuiscono assai, ed invece il movimento rotatorio alternativo in senso orizzontale diventa sempre più accentuato.

Quando si deve portare sul capo, e ad un tempo camminare su forti salite, anche di 113, fu trovato convenientissimo l'uso di ceste di vimini.

È provato che nei grandi trasporti di terra, il trasporto fatto per mezzo di ceste sul capo alle donne costa appena i due terzi del trasporto fatto per mezzo di operai colla carriola a mano.

Il trasporto di un peso collocato sul dorso conviene soltanto quando si tratta di pesi considerevoli da trasportarsi a brevi distanze.

La posizione arcuata del corpo che sostiene il fardello è di grande impedimento all'azione dei polmoni, ed è perciò che non si può sostenere lungamente un simile lavoro.

Il trasporto di un peso dietro la schiena ed assicurato con bretelle alle spalle, a mo' dello zaino dei soldati, è quello più frequentemente adoperato.

Il carico è sostenuto in parte sulle spalle, e in parte prende appoggio sulle reni; e questa seconda parte è tanto maggiore quanto più l'operaio inchina il corpo in avanti.

Se il peso è moderato, l'uomo cammina quasi diritto, ciò che vuol dire che il centro di gravità di tutto il sistema cade ancora entro il perimetro d'appoggio de' suoi piedi. In tal caso la respirazione non è punto impedita, e l'operaio può sostenere per un tempo abbastanza prolungato una data velocità.

I portatori di legna o di minerale a Varallo offrono bellissimi esempi di trasporti per mezzo di gerle a grandi distanze.

\*

Negli esempi addotti, il carico è simmetricamente posto per rispetto a tutto il corpo.

Ma sovente usasi portare un dato carico tutto su di una spalla.

Le Veneziane che portano l'acqua dalle cisterne di piazza alle case, hanno due secchie sospese ciascuna all'estremità di un bastone, che sostengono su di una spalla.

A Parigi si porta l'acqua nello stesso modo, e si riesce così a portare su di una sola spalla dei carichi di 20 a 40 chilogrammi, salendo ai piani i più elevati delle case.

Il sistema di portare i carichi su di una spalla è quello che più affatica l'uomo; eppure è quello ordinariamente più adottato a motivo della sua comodità, e prestandosi meglio d'ogni altro per girare in luoghi ristretti, salire e voltare le scale di servizio, ecc.

La posizione di chi porta deve essere allora alquanto obliquata dalla verticale, affinché il centro di gravità del peso che si porta e del corpo che cammina si trovi nella posizione voluta per l'equilibrio.

Abbiamo anche esempi di trasporti su di una spalla eseguiti a grandi distanze nelle miniere di carbon fossile. Ma qui gli uomini hanno il capo munito di una specie di cuffia, che poi si prolunga sulla spalla. Così il carico obbedisce ai movimenti della testa. E la inclinazione della testa e del collo basta a variare la posizione del punto d'appoggio.

#### Dati di osservazione sul peso più conveniente e sulla velocità.

Coulomb dice che a' suoi tempi, quando il portare a spalle era più in uso che ora non sia, gli operai regolavano la loro velocità in modo da percorrere 20 chilometri al giorno, e la loro carica era di 44 chilogrammi.

Coulomb offriva dei premi di incoraggiamento a questi uomini portatori di professione, e li incitava a fare parecchi giorni di seguito più che 6 viaggi di 2 chilometri l'uno con una carica di 58 chilogr. andando, e ritornando a vuoto.

E pare che il *maximum* di lavoro che egli ha potuto ottenere fosse quello di veder percorsi 24 chilometri in 8 ore, 12 con un carico di 58 chilogrammi.

I portatori di carbon fossile portano un cesto del peso di 85 chilogr., ma lo scambiano con altro vuoto alla distanza di 36 metri. Essi fanno in un giorno da 290 a 300 di questi brevi viaggi in andata e ritorno, ossia percorrono da chilom. 20,88 a chilom. 21,6 al giorno.

Quando lo scambio ha luogo non più a 36 metri, ma a 70 metri, essi non fanno più che 125 viaggi, ossia non percorrono più che chilom. 17,5, di cui la metà sotto il carico.

Questo esempio è interessante sotto un certo punto di vista. Mostra la necessità e la convenienza dei riposi frequenti. Se Coulomb, invece de' suoi premi di incoraggiamento perchè gli operai si sforzassero a portare più di 58 chilogr. a 2000 metri di distanza, avesse preso gli stessi uomini e li avesse distribuiti lungo la strada facendo le stazioni di scambio, i 58 chilogr. avrebbero potuto diventare 85, e i 12 chilometri sarebbero diventati 20.

Questi numeri si intendono però riferiti ad uomini di fatica speciali, robusti ed in ottimo stato di salute. Non si potrebbero applicare al primo lavoratore di campagna che ci accadesse d'incontrare.

\*

Altri esperimenti della stessa natura, sulla questione della velocità, per uomini caricati di piccoli pesi ma camminanti con maggiore velocità, si sono fatti sui soldati in marcia.

Il soldato francese, caricato da 15 a 20 chilogr., osservato in breve periodo di tempo, lo si vede fare 100 passi di 65 centimetri l'uno in 1'. Se ci potesse sostenere questa velocità durante 10 ore, percorrerebbe in 10 ore 39 chilometri. L'esperienza ha provato che il soldato non può fare al giorno che da 27 a 32 chilometri, e che inoltre è necessario accordare un giorno di riposo ad ogni 5 o 6 giorni di marcia.

Non parliamo delle marcie forzate, le quali non ci interessano, e che si potrebbero solamente addurre a titolo di curiosità.

\*

Il sistema di trasporto per mezzo delle barrelle, o portantine, merita pure di essere accennato; esso è in uso presso diversi paesi. Da noi lo si adopera per il trasporto del concime nelle campagne, e per il trasporto degli ammalati all'ospedale.

Questo sistema esige due uomini.

Il trasporto di un ammalato ci dà subito un'idea del massimo peso a cui è possibile arrivare. Si hanno in tal caso, tutto compreso, da 75 a 90 chilogrammi. Inoltre è d'uopo che i portanti si riposino sovente, o, meglio ancora, che si scambino con quelli che loro fanno scorta.

È questo adunque un peso eccessivo, che non conviene.

Se limitiamo la carica a soli 40 chilogr., ciò che non fa più che 20 chilogr. per individuo, e se la distanza del trasporto non è che di 30 a 50 metri, o, ciò che torna allo stesso, se a tale distanza ha luogo lo scambio di una barrella vuota che ritorna colla barrella caricata che va, siamo allora nelle migliori condizioni possibili, e gli uomini riescono così a fare tanti viaggi di andata e ritorno da percorrere da 20 a 25 chilometri in un giorno, di cui una metà, ben s'intende, senza il carico; e ciò senza affaticarsi troppo.

#### Il fenomeno della locomozione nell'uomo.

Finora non abbiám citato che dei fatti, ma non ci siam data ragione del fenomeno della locomozione nell'uomo.

Un fenomeno così complicato non potè esser studiato che in questi ultimi anni.

Occorreva poter tracciare con curve il giuoco dei diversi muscoli che sono messi in azione. Mentre camminiamo, si può dire che tutte le parti del nostro corpo subiscono un qualche spostamento relativo, che oscilla attorno alla linea del movimento comune a tutto il corpo.

Sono dovute al signor Carlet le esperienze sulla locomozione dell'uomo, egli si servì degli ingegnosi apparecchi di registrazione del Marey.

La persona sottoposta ad esperimento è fatta camminare in giro su di una circonferenza di 20 metri di sviluppo. Nel centro di questo cerchio è solidamente fisato l'apparecchio di registrazione, con un tamburo su cui è avvolta la carta ricoperta di nero fumo.

Un braccio rigido di legno parte orizzontalmente dal centro dell'apparecchio, e si dirige secondo il raggio fino alla circonferenza.

La persona che è sottomessa all'esperimento, mentre cammina, conduce in giro con sè questo braccio orizzontale, al quale sono raccomandati una serie di tubetti di caucciù, che trasmettono alle penne descriventi i movimenti dei diversi apparecchi applicati alla persona sottoposta all'esperimento.

Il tamburo comincia a girare quando la persona comprime una palla di caucciù che tiene nella mano destra.

Per registrare l'istante in cui ha luogo la posa del piede in terra e la sua durata, nonchè per misurare il grado di pressione esercitato dal piede sul terreno, sia dalla parte anteriore che dal tallone, è adottata ad ogni piede una suola fissata al piede con cinghie di cuoio. Questa suola è di caucciù, e contiene nell'interno due camere d'aria.

Quando il piede prende appoggio sul terreno, esercita una certa pressione sull'aria contenuta nell'interno, e questa pressione varia da un istante all'altro; ora queste variazioni continue sono trasmesse per mezzo di due tubetti a due penne che segnano la loro curva sul tamburo.

Con analoghi congegni si registrano di continuo gli spostamenti nel senso orizzontale e nel senso verticale del centro di gravità di tutto il corpo.

Confrontando le curve dei due piedi, si vede anzitutto che noi non solleviamo da terra il piede destro finchè il piede sinistro non abbia preso appoggio sul suolo.

Si vede inoltre che il tempo impiegato dal piede a prendere appoggio completo sul suolo è più lungo del tempo che impiega per abbandonare l'appoggio sul terreno e sollevarsi da terra.

La curva delle oscillazioni verticali del centro di gravità di tutto il corpo ha l'ordinata massima che corrisponde al mezzo della spinta di ciascun piede sul suolo, e l'ordinata minima quando i due piedi toccano entrambi il suolo.

Infine le oscillazioni nel senso orizzontale durano un tempo doppio. Le oscillazioni verticali variano secondo il passo e secondo gl'individui da 18 mm. a 56 mm. Nel cammino a passo ordinario l'oscillazione verticale è di 37 mm.

Ma questa non è che una media; e questa oscillazione non varia solo da un individuo all'altro, ma varia pure per uno stesso individuo a seconda del carico che ha da trasportare ed a seconda del modo con cui il carico è portato.

Per cui, se si vuole determinare coll'esperimento esattamente il lavoro meccanico dell'uomo che viaggia, è necessario di tener conto di tutte queste circostanze.

Registriamo intanto alcuni risultati generali.

La pressione che il piede esercita sul suolo quando l'uomo cammina, è sempre maggiore di quella esercitata quando è fermo.

Più si allunga il passo e più la pressione aumenta.

La durata del passo diminuisce a misura che se ne aumenta la lunghezza.

L'inclinazione del corpo in avanti aumenta pure coll'aumentare della lunghezza del passo.

Queste osservazioni non servono che per il caso in cui l'uomo cammina su di una via orizzontale.

Ma il Marey finì per costruire un apparecchio portatile che si trasporta coll'uomo che viaggia, ed in questa guisa è riuscito a studiare i fenomeni della locomozione in tutti i casi pratici.

Con questi risultati il meccanico si trova *in grado di calcolare in modo esatto il lavoro meccanico speso dall'uomo* nel trasportare se stesso con o senza un carico da un luogo ad un altro. Ma questi calcoli non si sono ancora fatti in modo definitivo. Gli stessi esperimenti andrebbero ripetuti da un punto di vista meno fisiologico e più meccanico.

#### Quantità di lavoro meccanico sviluppato dall'uomo nei diversi casi.

Intanto abbiamo già buon numero di fatti da cui poter trarre qualche utile conseguenza.

Sono stati osservati viaggiatori o commessi rurali aventi lo stesso regime alimentare dei lavoratori di campagna, i quali fanno da 30 a 50 chilometri al giorno, e ben raramente hanno un giorno di riposo.

Si può dunque ritenere la marcia di 40 chilometri al giorno su di una via di pianura come la *misura del lavoro meccanico medio di un pedone*, e quella di 50 chilometri al giorno come il massimo del lavoro meccanico di un pedone dei più robusti.

Il lavoro meccanico fatto *ad ogni passo* è quello per cui il peso dell'uomo (che sarà, p. es., di 70 chilogrammi) è sollevato a 37 mm. d'altezza; ponendo che l'uomo faccia 1200 passi al chilometro, e 50 chilometri al giorno, l'uomo svilupperà un lavoro meccanico di  
155,400 chilogrammetri.

In generale, il lavoro meccanico sviluppato dall'uomo che viaggia *senza peso addizionale è un ventesimo circa del proprio peso per lo spazio percorso.*

Un uomo del peso di 65 chilogrammi che salga una scala, elevandosi di 15 cent. per ogni minuto secondo, può fare questo lavoro per 8 ore al giorno.

Egli ha in 8 ore sviluppato un lavoro meccanico di  
280,000 chilogrammetri.

\*

Vi sono certi lavori, quelli ad es. del *trasporto delle terre*, che si eseguono utilizzando il peso dell'uomo che scende da un piano inclinato, mentre fa salire col mezzo di una fune e di una puleggia una carriola piena di terra su altro piano inclinato.

In questo genere di lavoro fu provato che un uomo elevava 310 carriuole a 13 metri d'altezza in un giorno.

L'uomo pesava 70 chilogrammi; erano dunque 70 chilogrammi elevati 310 volte a 13 metri d'altezza; donde un lavoro meccanico giornaliero di

282,000 chilogrammetri.

Questo è forse il modo migliore di utilizzare il lavoro meccanico dell'uomo, e si potrebbe adottare un simile sistema per innalzare il fieno o le messi dal pian terreno al fienile del fabbricato rurale. Se

l'uomo è caricato, il lavoro meccanico utile diminuisce notevolmente. Un facchino poteva tutto al più portare 450 miriagr. di legna a 12 metri di altezza, *facendo 90 viaggi di 5 miriagrammi cadauno.*

Ma di più esso elevava il proprio corpo di 65 chilogr. 90 volte alla stessa altezza di 12 metri.

Facciamo dunque la somma ed avremo:

124,200 chilogrammetri

meno della metà dell'uomo che sale senza peso addizionale.

E si noti che il lavoro utile è solamente di

54,000 chilogrammetri.

*Obbiezione.*

Quando l'uomo discende per una strada di forte declivio, od anche giù da una scala, anzichè spendere lavoro, meccanicamente parlando, dovrebbe riceverne una quantità rappresentata dal prodotto del proprio peso per l'altezza dalla quale il centro di gravità del suo peso è disceso.

Senonchè, questo lavoro che di fatto si svolge, a vece di recarci vantaggio e di venire in aiuto, è causa, per i nostri muscoli, di una vera fatica, che ognuno di noi ha potuto certamente notare.

Le nostre membra, per mantenere tutto il corpo in equilibrio durante la discesa, e per far sì che esso discenda con *velocità regolare, che non precipiti* IN VIRTÙ DELL'ACCELERAZIONE DEI GRAVI CADENTI, esercitano uno sforzo muscolare e sviluppano un lavoro di resistenza. Ed è evidente essere anche questo un lavoro che necessita la sparizione di una corrispondente quantità di calore, d'una corrispondente quantità di nutrimento.

Oltrecchè occorre un certo lavoro per modificare insensibilmente la forma di alcune membra, le quali sono d'ordinario più abituate al movimento di salire che a quello della discesa.

Da tutto ciò deriva che, a vece di un guadagno di lavoro, si ha una spesa che da alcuni è valutata alla metà del lavoro necessario alla salita.

\*

Il lavorante di campagna è sovente chiamato ad esercitare uno *sforzo di trazione* per spingere o trascinare i pesi. Anche per questo caso si hanno alcuni utili dati.

I migliori esperimenti si sono fatti rimorchiando le navi su certi canali.

*Due uomini* di forza ordinaria esercitano uno sforzo di trazione valutato col dinamometro per ciascheduno a chg. 26,15.

La velocità media è di 975 metri all'ora. Ma, a causa di tempi perduti, molto variabili, non percorrono che da 7,150 a 8,800 metri al giorno, ed in 11 ore di lavoro.

*Quattro uomini*, impiegati alla stessa operazione, non esercitano più che uno sforzo per ognuno di chg. 19,7; ma camminano però colla maggiore velocità di 1192 metri all'ora.

Il lavoro giornaliero utile risulta quindi nel 1° caso di

208,586 chilogrammetri

e nel 2° di

191,671 »

Dobbiamo aggiungere il lavoro speso da cadun uomo a camminare che nel 1° caso è solamente di

27,900 chilogrammetri

e nel 2° di

34,000 »

Si ha quindi nei due casi un lavoro meccanico totale al giorno di  
225,671 a 236,480 chilogrammetri

\*

I piccoli carretti a due ruote sono anche molto adoperati nelle campagne, non meno che nei lavori di trasporti di terra.

In questi ultimi lavori si sono fatti molti esperimenti.

Usando carri del peso di 150 chg. circa, caricati di 320 chg. di terra, trascinati da tre uomini, ed avendo l'avvertenza di fare gli scambi a 100 metri, questi uomini riescono a percorrere 30 chilometri al giorno, metà dei quali col carretto vuoto.

Lo sforzo medio di trazione di questi uomini è di chg. 4,13 per ciascuno.

Il lavoro meccanico utile così sviluppato è di

123,900 chilogrammetri.

Aggiungendovi il lavoro impiegato a camminare, che è di 105,000 chg.m., si ha il lavoro giornaliero totale di  
228,900 chilogrammetri.

In generale lo sforzo di trazione più conveniente ad essere esercitato a braccia dall'uomo non deve essere molto al di là di 4 a 5 chg., se lo spazio da percorrere è un po' considerevole.

E non è che in certi casi di passaggi difficili ed eccezionali che si potrà fargli esercitare sforzi di trazione di 10 a 12 chg.; nel qual caso non si riuscirebbe a percorrere che 8 a 10 chilometri al giorno.

\*

La carriola a mano è di uso generale nelle campagne, non meno che nei grandi lavori di intero e sterro, e merita pure che ci si fermiamo sopra per un istante.

Il peso della carriola e del materiale che si trasporta gravita in parte sulla ruota ed in parte sulle braccia dell'operaio.

Dalla posizione del centro di gravità di tutto il peso, secondo è più vicino alla ruota, o più vicino alle braccia, dipende l'aver l'uomo a sostenere un peso maggiore o minore che non la ruota.

Ad ogni modo una parte del peso è portata direttamente dall'uomo con quello del proprio corpo, e come se avesse il carico sulle spalle. E alcune volte lo ha difatti, coll'intermezzo di una corda o d'una bretella.

L'altro lavoro è quello della propulsione in senso orizzontale che l'uomo stesso esercita per far girare la ruota, la quale trova tanto maggiore resistenza da vincere, quanto maggiore è la parte di carico che gravita su di lei.

Più sono lunghe le braccia della carriola, o più l'uomo le prende verso la estremità, e minore è il peso diretto che sostiene, maggiore quello che sta sulla ruota.

Se la strada è cattiva, in guisa che la ruota affondi; se la strada è in salita, in tutti e due i casi vediamo l'operaio che afferra le braccia della carriola il più vicino che può alla cassa, perchè lo sforzo di trazione rimanga minore, essendo gravi le resistenze che si oppongono al movimento della ruota, e trovando maggior convenienza a salire egli stesso con una maggior parte di peso direttamente su di sè.

Ma se la strada è buona, od è in discesa, allora l'operaio ha tendenza contraria; e diminuirà la fatica a se stesso tenendo le braccia della carriola più lunghe che può.

Ordinariamente le carriole sono caricate da 56 a 80 chilogr., e pesano esse stesse da 20 a 30 chilogr.

Un carriolante esercitato, se vi sono i ricambi di 30 metri, percorre in piano i suoi 30 chilometri al giorno.

Il lavoro sviluppato per trazione, ossia per fare girare la ruota, è di . . . . . Chgm. 52,320

Il lavoro sviluppato dall'uomo a camminare col maggior peso applicato alle braccia, è di . . . . . » 135,637

La somma è di . . . . . Chgm. 187,957

Nel caso di rampe dell'8 0/10 il ricambio è ridotto a 20 metri.

I migliori carriolanti non fanno più che 10 chilometri al giorno salendo carichi, ed altrettanti scendendo scarichi. E si oltrepassano i 200 mila chilogrammetri.

\*

Non tutto il lavoro è appariscente come nei casi citati.

A rendersi conto della quantità di lavoro meccanico possibile ad essere sviluppato dall'uomo nei più complicati lavori dell'agricoltura, gioverà pure prendere nota di altri lavori più elementari in cui una parte di lavoro muscolare è assorbita in pura perdita.

Così, per esempio, i selciatori di strade (sono osservazioni fatte a Dublino) danno 72 colpi di mazzeranga in 2',45", e poi prendono fiato per 3',30".

La mazzeranga pesa chg. 35,82, ed è sollevata a 41 cent. d'altezza. L'uomo solleva in un giorno 6912 volte questa mazzeranga; quindi il lavoro meccanico utile non è che di

101,511 chilogrammetri.

Eppure l'osservazione fu fatta su uomini dei più forti e dei più robusti; nè risultava possibile ottenere di più.

Ciò prova che il lavoro meccanico impiegato a sollevare le braccia, ecc. assorbe più della metà del lavoro meccanico che l'uomo ha sviluppato.

\*

Nel battere i pali per la fondazione dei ponti si alzano le masse pesanti attaccando più funi ad una fune, e dando un capo di fune a ciascun operaio.

Cito esperimenti fatti a Parigi. Si avevano 38 uomini; la massa pesava 587 chilogrammi ed era elevata a metri 1,45 di altezza. Si facevano 12 volate di 30 colpi l'una per ora. Lavoravasi 10 ore.

Ogni uomo doveva esercitare uno sforzo di 16 chg.

Il lavoro meccanico utile non risulterebbe che di  
83,520 chilogrammetri.

Bisogna aggiungere il lavoro per sollevare le braccia in un tempo più celere di quello impiegato dalla massa a cadere; il movimento di alzata delle cosce e di tutto il corpo sulla punta dei piedi, ecc.; aggiungendo tutto ciò si vedrebbe che quello era un lavoro già eccezionale, e che in generale non si deve in media contare per tali operazioni che su 55 mila o 65 mila chgm. al giorno.

Prendiamo infine l'uomo che lavora alla manovella.

Si sa che lo sforzo medio esercitato è di 8 chgm., che la velocità è di 0,75 per 1", potendosi lavorare 8 ore. Per cui il lavoro utile giornaliero in questo caso riuscirebbe di

172,800 chilogrammetri.

#### L'azione dei muscoli.

Il lavoro è dovuto alle contrazioni successive dei muscoli.

Le fibre muscolari, sotto l'eccitazione dei nervi, si contraggono nel senso della lunghezza, si accorciano, ma il volume totale del muscolo non cambia. È la sezione trasversale che aumenta.

Quando la contrazione di un muscolo serve a produrre un movimento, ad elevare un peso, per esempio, si può senza difficoltà valutare il lavoro meccanico esterno che esso ha esercitato.

La questione è assai più difficile quando la contrazione continua dei muscoli non dà luogo a spostamenti del corpo pesante. Come quando si tiene un peso col braccio orizzontalmente disteso e senza movimenti apparenti.

In questo caso il muscolo si affatica enormemente, si stanca ben tosto, e non è più capace di ripetere l'esperimento se non dopo molto tempo di riposo.

Abbiamo dunque uno sviluppo considerevole di lavoro senza che avvenga alcun movimento od alcun lavoro apparente, ossia, come dicesi in meccanica, senza che avvenga alcun effetto utile. Ma vi sarà pure spesa di calore, e quindi di elementi combustibili.

Si conoscono già alcune leggi.

Il lavoro di contrazione dei muscoli è proporzionale al peso di questi muscoli.

Quando uno stesso muscolo è mantenuto in azione continua, fintantochè la fatica predomini sulla volontà, il lavoro totale prodotto dalla contrazione del muscolo è una quantità costante qualunque sia la differente condizione estrinseca nella quale il lavoro si è fatto. Ma altro è il lavoro meccanico della contrazione del muscolo, ed altro è il lavoro utile esterno che colla contrazione si è raccolto.

Nè basta determinare le leggi secondo cui i muscoli si contraggono, si affaticano e perdono la loro energia. Bisogna ancora conoscere fino a qual punto riacquistano questa energia, e con quale velocità la circolazione del sangue arterioso restituisca loro il potere di nuove contrazioni.

In altre parole, conviene sapere quale è la quantità normale di lavoro che l'unità di peso di un muscolo può somministrare nell'unità di tempo.

Risulta, per esempio, a questo proposito che nell'uomo che pesa 68 chilogrammi i muscoli che concorrono alla locomozione pesano chilogrammi 7,043.

E poichè l'uomo il quale cammina colla velocità di m. 1,53 per 1" sviluppa al 1" un lavoro meccanico di chilogrammetri 4,51, così abbiamo un lavoro di chilogrammetri 0,64 per ogni chilogrammo di muscoli.

(Continua).

G. S.

## NECROLOGIA

Alberto Castigliano

N. IL 9 NOVEMBRE 1847 — † IL 25 OTTOBRE 1884.

Un morbo inesorabile sorprese e spense in pochi giorni, a 37 anni d'età, l'ingegnere Alberto Castigliano, il cui eletto ingegno a nessuno dei nostri lettori era sconosciuto.

Quantunque giovane, egli aveva già percorso un gran cammino, e i suoi lavori gli davano diritto al titolo di scienziato e di ingegnere distintissimo.

Nato in Asti, di famiglia non ricca, e perduto troppo presto il padre, riuscì, fortemente volendo, a compiere il corso dell'Istituto tecnico, ed ottenuto un diploma di abilitazione all'insegnamento dal Museo Industriale di Torino, ad essere nominato professore di matematiche nell'Istituto tecnico di Terni. Ivi stette tre anni, alternando l'insegnamento da cui ritraeva di che vivere ed aiutar la famiglia, collo studio che gli apriva le porte dell'Università di Torino. Nel 1871 vi si iscriveva, ed in una sola sessione superava coi pieni voti gli esami dei tre primi anni di corso. Nei due anni seguenti compiva regolarmente il corso di applicazione alla Scuola del Valentino, nella quale incominciò a dimostrare di possedere due requisiti che è tanto difficile trovare accoppiati in uno stesso individuo: una straordinaria attitudine per le discipline altamente teoriche ed il criterio delle soluzioni pratiche, vincolate da considerazioni molteplici e guidate da elementi di natura essenzialmente sperimentale.

Nel 1873 trattò per tesi di laurea del teorema del minimo lavoro, che fu il punto di partenza d'altre sue pubblicazioni sulla *Teoria dell'equilibrio dei sistemi elastici e sue applicazioni*, che i nostri lettori conoscono e nelle quali l'egregio Castigliano andò mano mano perfezionando e generalizzando il nuovo metodo di calcolare le costruzioni, tanto le metalliche che quelle in muratura, introducendo a rendere determinato il problema le considerazioni dell'elasticità della materia tradotte nei due teoremi del minimo lavoro, e delle derivate del lavoro di deformazione: metodo questo oramai introdotto in tutte le scuole, e sul quale il generale Menabrea era stato dei primi a richiamare l'attenzione degli studiosi.

Ottenuta con plauso la laurea d'ingegnere ed essendogli stato offerto un posto d'ingegnere-allievo nelle Strade Ferrate dell'Alta Italia, il Castigliano l'accettò, e vi si distinse per modo che in poco più di dieci anni, dopo essere passato per le funzioni di Capo-Riparto, Capo-Sezione e Capo-Sezione principale, era giunto a Capo dell'Ufficio d'Arte nel servizio Manutenzione e Lavori. A' suoi superiori, che ne riconobbero le eminenti qualità, va data lode anche per averne favorita la rapida carriera, essendoché il Castigliano ebbe così occasioni non poche di rendere insigni servigi all'Amministrazione delle Strade Ferrate nelle più gravi questioni tecniche, relative specialmente alla costruzione di opere metalliche.

Le occupazioni svariatissime dell'ufficio al quale attendeva con grande attività, se a molti apparivano straordinarie, erano per lui ben poca cosa. Cosicché veniva chiamato spesso dal Governo e dal Consiglio d'Amministrazione delle Ferrovie a far parte di Commissioni d'esami per concorsi a cattedre universitarie o ad impieghi superiori. Né mai un giorno abbandonò i suoi studi prediletti.

Pubblicò una buona quantità di memorie su diverse questioni scientifiche. Fu tra i primi ad immaginare un apparecchio metrico moltiplicatore per misurare le inflessioni delle travate metalliche; diede la descrizione e l'uso di un nuovo regolo calcolatore, d'un nuovo aritmografo. Fece un bel di la rapsodia di un certo numero di errori, alcuni già noti ed altri da lui scoperti in opere classiche di autori assai reputati, che gli aperse le porte dell'Accademia delle Scienze di Torino. Scrisse pure intorno ai muri di sostegno delle acque. Alcuni giorni dopo della sua morte venne alla luce la *Teoria delle molle*, dedicata dall'autore alla memoria di una sua diletta bambina recentemente perduta.

La morte sorprese il Castigliano mentre aveva intrapresa la compilazione di un *Manuale pratico* per gli ingegneri, di cui tre parti sono già pubblicate, ed una quarta è tuttora in corso di stampa.

La scienza applicata ha perduto nell'ingegnere Castigliano uno de' suoi più valenti seguaci che molto già aveva fatto per lei, ma da cui molto ancora si poteva attendere.

L'Amministrazione dell'Alta Italia ha perduto in lui un attivissimo funzionario che le era di tanto decoro. La madre, la sposa e due teneri figli piangono amaramente la perdita di chi reggeva col vigore della mente e allietava colle più belle doti del cuore, la loro esistenza.

G. S.

## BIBLIOGRAFIA

**Teoria delle molle** di A. Castigliano, Ingegnere delle Strade ferrate dell'Alta Italia. — Monografia, in-8°, di pag. 100, con una tavola. — Torino, 1884 — Prezzo lire 4.

1. — Il compianto Ingegnere Castigliano, dopo avere applicato il teorema del minimo lavoro e quello delle derivate del lavoro di deformazione alla ricerca delle condizioni di equilibrio dei sistemi elastici, quali si impiegano in ogni genere di costruzioni metalliche o di muratura, prese a fare applicazione della stessa teoria alle diverse forme di *molle*, limitandosi però a studiare i casi in cui o le loro deformazioni non siano molto grandi, o quanto meno la loro forma e la disposizione delle forze sollecitanti siano tali da ammettere per semplificazione di calcolo, che i bracci di leva delle forze, e le direzioni di queste rispetto alle sezioni della molla si possano riferire alla forma che la molla aveva prima della deformazione, mentre invece a tutto rigore dovrebbero riferirsi alla forma finale.

L'autore incomincia dal caso delle *molle a balestra*, ossia da quelle molle unite da una o più lamine di sezione rettangolare, simmetriche rispetto al loro punto di mezzo nel quale sono appoggiate, e caricate alle estremità da due pesi uguali.

È nel *primo capitolo*, studiata la semplice lamina rettilinea, di sezione rettangolare costante, prende a considerare le molle rettilinee, foggiate a solido di ugual resistenza, nei due casi più frequenti in cui quest'ultima condizione è ottenuta; sia cioè mantenendo costante lo spessore della molla, e variandone da sezione a sezione la larghezza, nel qual caso risulta una lamina di figura triangolare, sia mantenendo costante la larghezza, e facendo variare l'altezza della sezione secondo un arco di parabola ordinaria.

Dimostra come la lamina di larghezza costante e di spessore variabile secondo le ordinate della parabola di secondo grado, quantunque equivalga, come resistenza, alla lamina triangolare di spessore costante, è però notevolmente più flessibile; e che volendo avere una molla di larghezza costante, la quale presenti la stessa flessibilità della molla triangolare, bisogna farne variare lo spessore secondo le ordinate della parabola cubica, onde la nuova lamina non sarà più precisamente un solido di egual resistenza.

Risulta infatti dal calcolo, che la lamina triangolare di spessore costante, e quella di larghezza costante e di spessore variabile secondo le ordinate della parabola cubica, danno, a parità di carico, una freccia d'inflessione uguale ad una volta e mezzo quella della lamina di larghezza e di spessore costante, supponendo eguale per tutti tre questi solidi la sezione d'incastro.

Nel *secondo capitolo* si fa applicazione delle precedenti formole al caso pratico delle *molle a balestra a più foglie*, ossia di quelle molle costituite da una o più lamine formanti la *foglia maestra* (che è la più lunga, e quella alle cui estremità è direttamente applicato il carico), e da un certo numero di foglie di lunghezza decrescente, tutte per altro collegate nel mezzo da una robusta fasciatura, entro la quale tutte le foglie possono supporre incastrate. Qui è da notarsi che la foglia maestra, praticamente, ha sempre la sezione costante su tutta la lunghezza, mentre le altre hanno talora la sezione costante, ma più spesso il tratto finale, ossia la parte che sporge oltre quella sottostante, va restringendosi conservando costante lo spessore, od ancora conservando costante la larghezza, va assottigliandosi verso l'estremità.

Queste circostanze sono della più grande importanza, in quantochè permettono di portare nello studio di questo problema quel grado di rigore che finora gli è mancato.

Ed invero, se le lamine hanno sezione costante anche nella parte per la quale ciascuna di esse sporge oltre alla sottostante, non è ammissibile l'ipotesi, sulla quale i calcoli sono basati, che ciascuna foglia venga premuta soltanto alla sua estremità dalla foglia sovrastante.

Ma basterebbe che l'ultima foglia, cioè quella più corta, o se vuoi, la più distante dalla foglia maestra, facciasi di forma triangolare con spessore costante, od anche di larghezza costante con spessore variabile secondo le ordinate della parabola cubica, perchè mentre ha luogo la flessione elastica tutte le foglie effettivamente si staccano l'una dall'altra a partire dalla sezione d'incastro, e l'ipotesi ammessa a base del calcolo trovisi verificata.

Nel caso poi in cui non solamente la foglia più corta e più distante dalla foglia maestra si facesse all'estremità di forma triangolare con spessore costante, o di larghezza costante con spessore variabile secondo le ordinate della parabola cubica, ma anche le successive avessero sezione costante per tutta la lunghezza corrispondente alla lunghezza della foglia inferiore, e nella parte sporgente avessero la stessa forma dell'ultima foglia, la foglia maestra restando pur sempre unica e di sezione costante per tutta la sua lunghezza; in questo caso, ciascuna foglia prende ad inflettersi in tutta la sua estensione secondo un arco di circolo, il cui raggio è lo stesso per tutte le foglie, e quindi le foglie non si staccano l'una dall'altra,

ma ciascuna di esse preme sulla foglia inferiore soltanto alla sua estremità, il che basta, perchè sia verificata l'ipotesi ammessa. In questo caso le frecce di inflessione alle estremità delle successive foglie sono proporzionali ai quadrati delle distanze delle estremità stesse dalla sezione d'incastro.

Senonchè havvi un caso molto frequente, particolarmente nei carri delle strade ferrate, in cui a vece di una sola lamina per la foglia maestra se ne pongono due, perchè ad essa essendo direttamente applicato il carico, ne è molto più pericolosa la rottura. Or bene se si componesse la foglia maestra con due foglie dello stesso spessore delle altre, non ha più luogo l'ipotesi posta a base del calcolo, e perciò non avrebbero valore i risultati che si ottenessero.

Occorrendo dare alla foglia maestra una resistenza maggiore, e però farla di due o tre foglie, è necessario, perchè l'ipotesi del calcolo sussista, dare alle foglie che la compongono uno spessore tale che la somma dei loro momenti d'inerzia sia uguale al momento d'inerzia di una delle foglie sottostanti a quella maestra. In questo modo la flessibilità della foglia maestra rimane esattamente la stessa come se essa fosse semplice, mentre invece aumenta la sua resistenza. Epperò il calcolo delle molle a più foglie dovrà sempre farsi in pratica come se la foglia maestra fosse semplice ed avesse spessore uguale a quello delle altre, salvo poi a comporre la foglia maestra di due foglie aventi ciascuna i quattro quinti dello spessore comune alle altre foglie, o di tre foglie aventi ciascuna i sette decimi dello spessore delle altre, con che la resistenza della foglia maestra si troverà aumentata del 25 per cento o del 44 per cento rispettivamente, conservando la stessa flessibilità.

Nel capitolo terzo sono prese a studiare le molle sottili avvolte a spirale, quali si impiegano negli orologi; e si ricavano le formole finali che ne determinano la resistenza e la flessibilità, le quali risultano notevolmente semplificate dalle ipotesi, verificate in pratica, che il passo della spirale e lo spessore della molla sieno piccolissimi rispetto a tutti i raggi vettori, e che la spirale comprenda molte spire. Ne risulta pure che il calcolo persiste quand'anche la molla non avesse precisamente la forma supposta di una spirale d'Archimede, ma purchè essa tagli i raggi vettori con angolo di poco diverso dall'angolo retto. Ne risulta infine l'applicabilità delle stesse formole non solo al caso di deformazioni piccolissime, ma anche a quello di una rotazione di qualunque grandezza, perchè trascurando termini molto piccoli, la rotazione dipende solo dalla lunghezza della molla, che è costante, e non dalla sua figura nè dal numero dei giri.

Nel capitolo quarto l'egregio Autore fece quanto era possibile per la risoluzione del difficile problema della molla prismatica soggetta a flessione e torsione. Quivi la impossibilità di ottenere in termini finiti uno degli integrali della espressione del lavoro di deformazione, senza considerare separatamente ciascuna forma di sezione, lo indusse anzitutto a seguire la via maestrevolmente segnata dal Barré de Saint-Venant, per i prismi di sezione rettangolare e di sezione ellittica, che sono poi le due forme che si adottano in pratica per le molle.

Inoltre l'A. abbandona il caso in cui la molla rettilinea sia soggetta contemporaneamente a flessione e torsione, caso che talvolta vediamo anche verificato in pratica, per considerare soltanto la molla soggetta ad un momento di torsione. In questo caso l'espressione del lavoro di deformazione della lamina si semplifica assai, e le tabelle numeriche preparate dal Barré de Saint-Venant permettono, con esempi pratici di dimostrare che una lamina rettangolare assai schiacciata è capace di una resistenza molto minore di quella avente la sezione di forma circolare e della stessa area; ma la prima si torce per un angolo molto maggiore. Siccome ad ogni modo il semiprodotto del momento di torsione per l'angolo di torsione, ossia il lavoro di deformazione, riesce maggiore per la sezione circolare, così ne risulta che questa si presta meglio all'ufficio di molla, e vi si presta tanto meglio quando vi siano urti.

In generale, e segnatamente in causa della lunghezza della verga che serve da molla, l'angolo di torsione riesce molto grande, epperò le formole date mentre sono applicabili per qualsiasi angolo di rotazione nel caso in cui abbiasi soltanto un momento di torsione ed una pressione secondo l'asse, non lo sono più che per rotazioni piccolissime, qualora esistessero momenti di flessione, e forze trasversali.

Volendo fare un qualche passo di più in questo problema converrebbe chiedere all'osservazione una qualche plausibile ipotesi; e ne varrebbe per verità la pena, tanto più che l'acciaio temperato, quale impiegasi appunto nella costruzione delle molle ha la preziosa proprietà di conservarsi perfettamente elastico quasi sino al limite di rottura, cosicchè anche dopo essersi deformato notevolmente sotto sforzi prossimi a quelli capaci di romperlo, riprende esattamente la forma primitiva al cessare delle forze esterne. La bellissima macchina per provare la resistenza dei materiali ideata ed impiantata alla Scuola del *Valentino* dal chiarissimo professore Curioni si presterebbe meravigliosamente bene a codesto genere di delicate ricerche, le quali sarebbero tanto più necessarie, inquantochè ci consta che anche le formole del Barré de Saint-Venant non sarebbero verificate in pratica che per le sezioni circolari; non già per quelle rettangolari.

Il capitolo quinto è per le molle ad elica cilindrica; le espressioni del lavoro di deformazione, del valore delle deformazioni e delle reazioni dei punti fissi, risultano notevolmente semplificate trascurando i termini piccolissimi, supponendo che i punti di applicazione delle forze siano costretti a rimanere durante la deformazione sull'asse dell'elica, supponendo inoltre che il passo dell'elica sia assai piccolo rispetto alla circonferenza, e che la molla sia di sostanza isotropa.

Maggiore semplificazione ottiene l'Autore applicando le stesse formole a due casi speciali che si incontrano nella pratica, cioè al caso in cui la molla ad elica è solamente soggetta ad un momento di rotazione, ed al caso in cui la molla ad elica è solamente soggetta ad una forza di compressione diretta secondo l'asse dell'elica.

Nel 1° caso, se l'estremità della molla è libera di spostarsi secondo l'asse dell'elica, ha luogo questa curiosa proprietà, che mentre il momento di rotazione produce un maggiore avvolgimento della molla, l'asse dell'elica si accorcia o si allunga dipendentemente dal rapporto fra loro dei due lati della sezione rettangolare della molla, o dei due assi della sezione ellittica; ha sempre luogo allungamento se la sezione della molla è circolare o quadrata.

Nel 2° caso, nel quale cioè si ha solo una forza di compressione, se per effetto di questa compressione la molla è libera di avvolgersi attorno al proprio asse o di svolgersi, avrebbe luogo un fenomeno analogo al precedente potendosi verificare un avvolgimento od uno svolgimento a seconda del rapporto che esiste fra le due dimensioni, massima e minima, della sezione della molla.

Nel capitolo sesto si applica la stessa teoria alle molle il cui asse sia un'elica conica, nel solo caso particolare in cui la molla sia incastrata per la sua estremità inferiore e semplicemente premuta all'estremità superiore da una forza verticale; che inoltre essa abbia sezione costante, ellittica o rettangolare, con uno degli assi principali d'inerzia orizzontale; e si dimostra facilmente tanto per la sezione rettangolare quanto per quella ellittica, che se il passo dell'elica e i lati della sezione sono assai piccoli rispetto ai raggi delle spire, risultano trascurabili i termini provenienti dalla pressione normale, dallo sforzo di taglio, e dalla flessione, rispetto a quello proveniente dalla torsione, per cui si è autorizzati a lasciar da parte la formola della resistenza composta, e basterà scrivere l'equazione della stabilità, considerando solo l'effetto della torsione.

Nel capitolo settimo si tratta della resistenza delle molle agli urti. La rigorosa ricerca delle leggi secondo cui avvengono le deformazioni di due corpi elastici i quali si urtino e prendano a vibrare insieme, e quindi la determinazione delle forze interne in funzione del tempo costituisce uno dei problemi più difficili della teoria dell'elasticità, che non è stato finora risolto se non in pochi casi assai semplici.

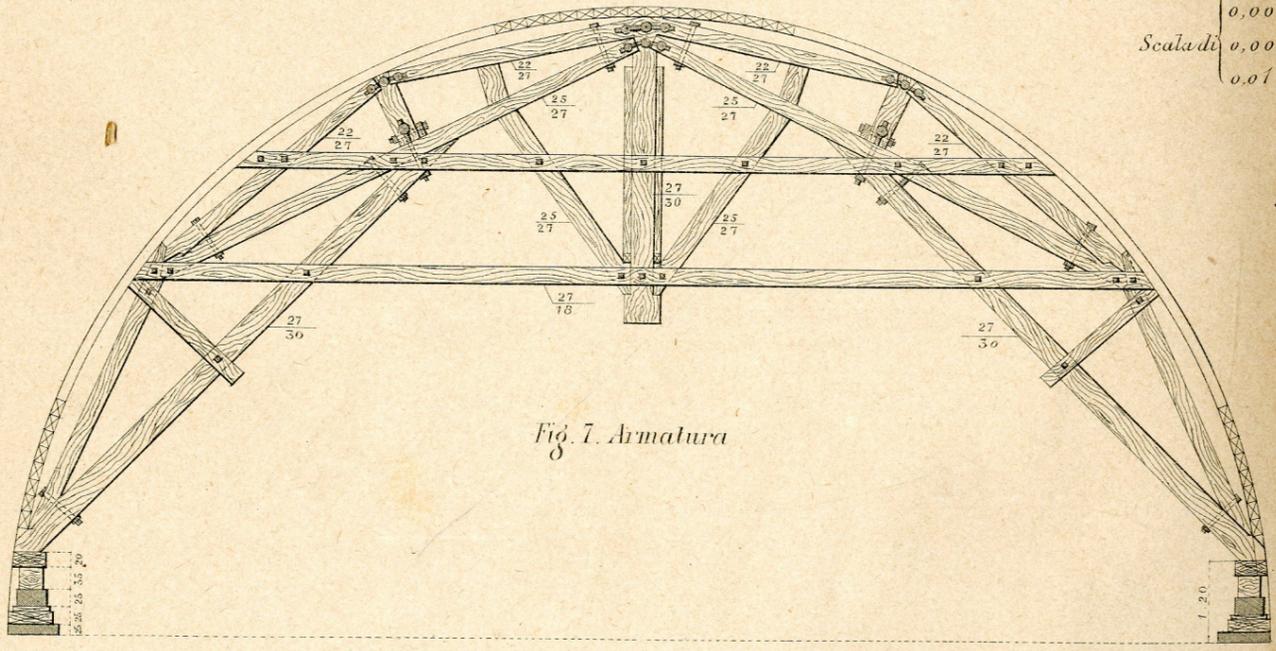
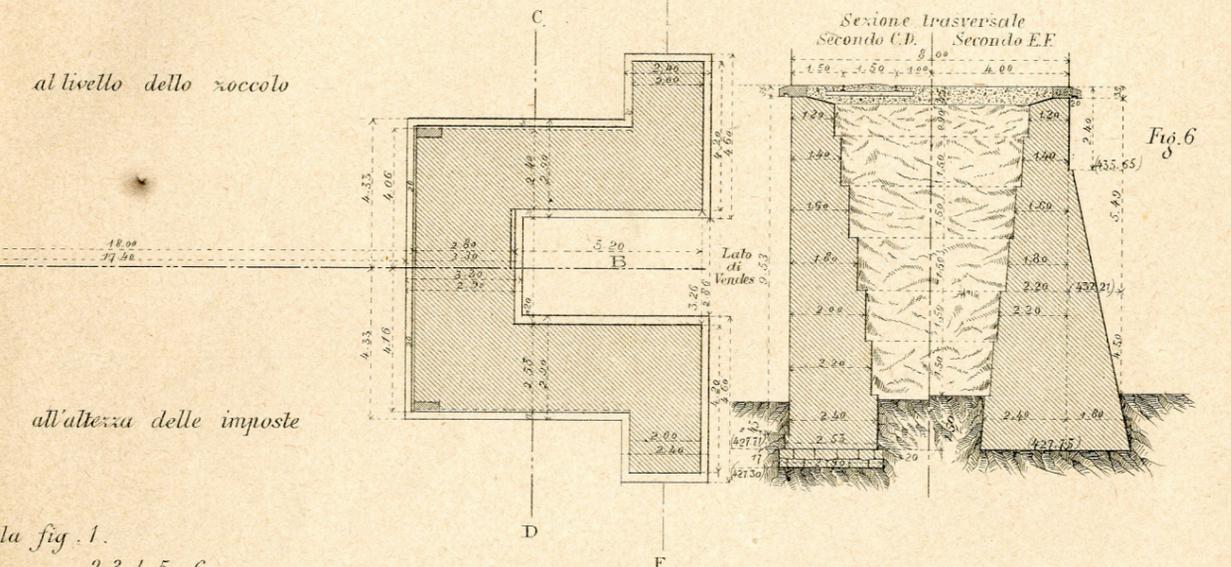
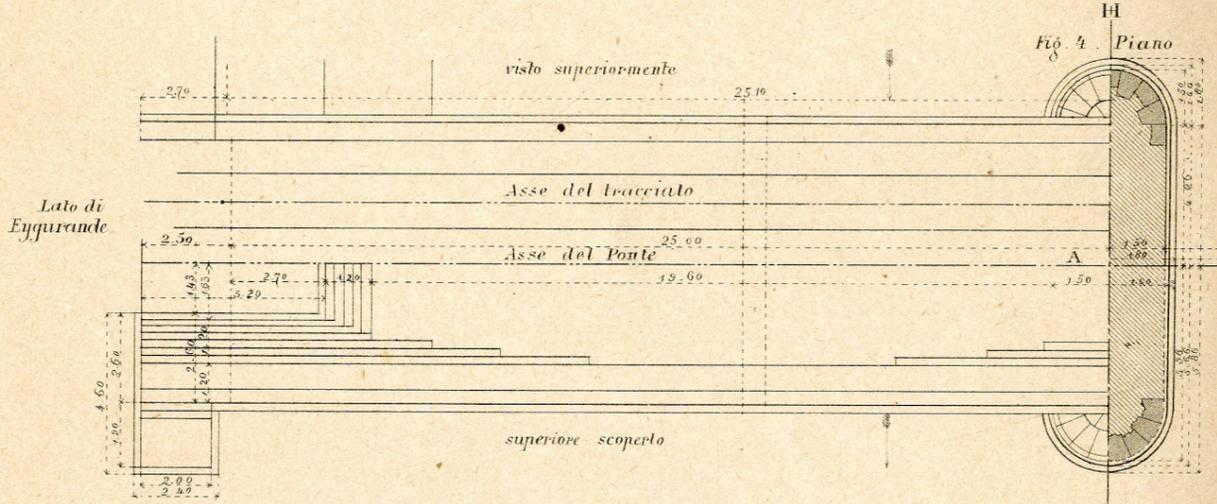
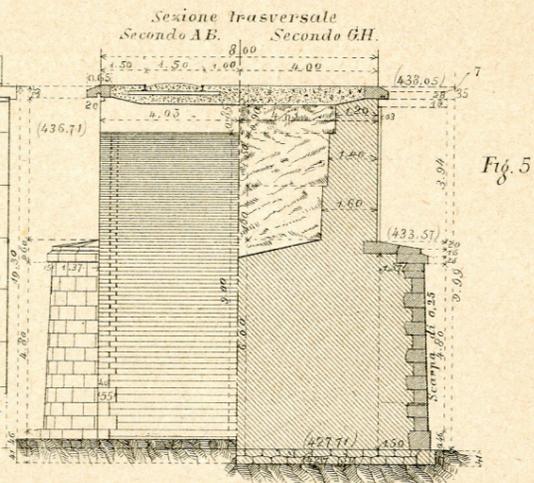
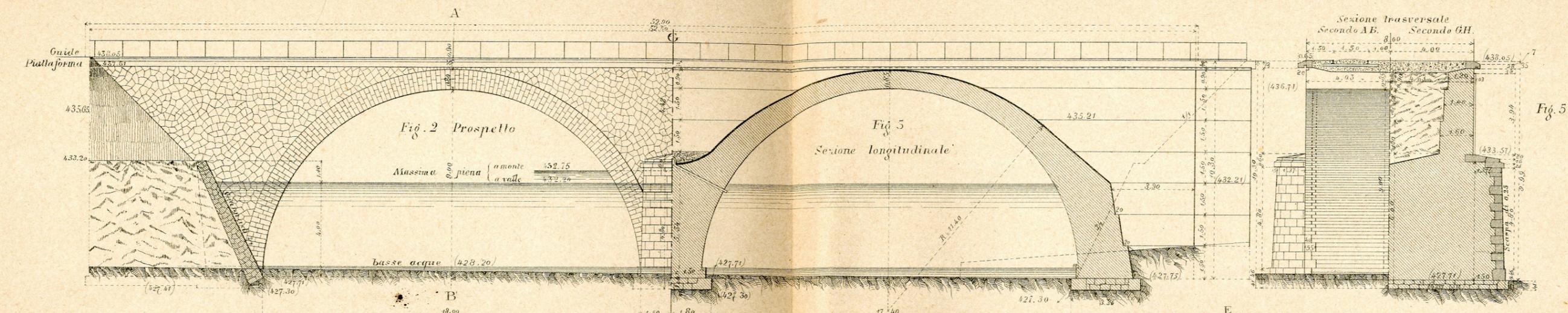
Per il problema particolare delle molle, essendo ammissibili le due ipotesi che il corpo urtante sia destituito affatto di elasticità, e che la massa della molla sia piccolissima rispetto a quella del corpo urtante, la risoluzione diviene appunto molto semplice.

Inoltre il Castigliano avendo specialmente riguardo alle circostanze frequenti della pratica considerò solo i due casi seguenti: quello in cui il punto d'applicazione della forza la quale agisce sulla molla si sposta secondo una linea retta, e l'altro in cui la molla è soggetta ad avvolgersi attorno al proprio asse per l'azione di una coppia; determinando in tutti e due i casi la legge delle vibrazioni, ed il massimo sforzo elastico per unità di sezione prodotto dall'urto. Le formole del primo caso sono applicabili alla molla incastrata per un estremo, alle molle a balestra composte di un numero qualunque di foglie, alle molle ad elica cilindrica o conica, compresse nel senso dell'asse dell'elica. Le formole del secondo caso sono applicabili alla molla prismatica soggetta a torsione, alla molla a spirale piana, ed alla molla ad elica cilindrica soggetta ad avvolgimento.

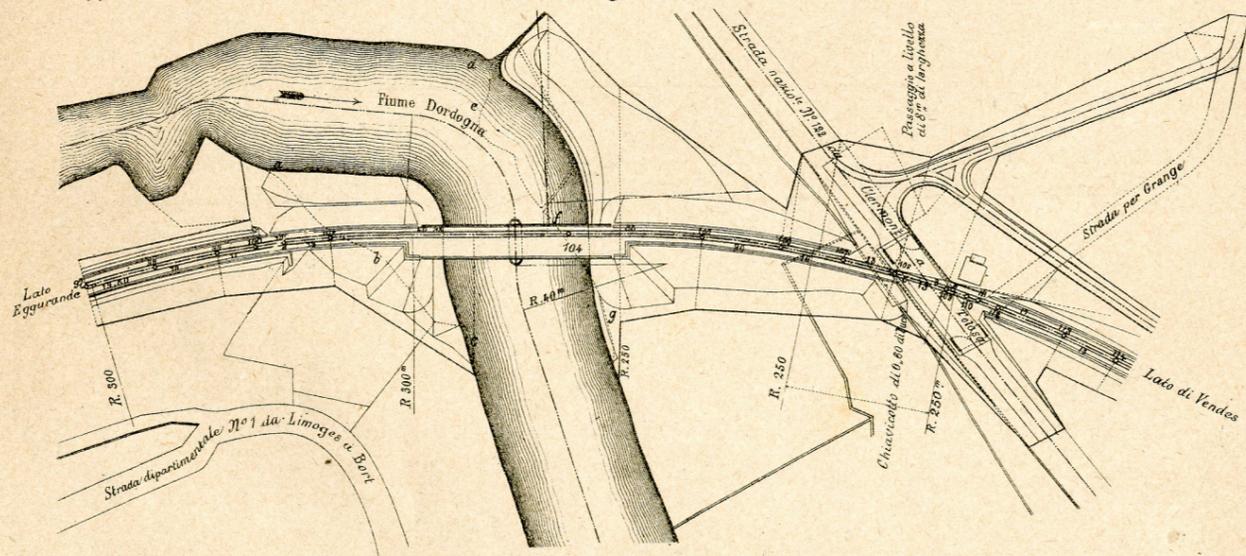
Nel capitolo ottavo, che è l'ultimo della monografia, l'Autore ritorna sul problema della flessione di solidi sovrapposti molto sottili per rispetto alla loro lunghezza quando si inflettono restando pur sempre in contatto, e supponendo che nessun ostacolo, neppure l'attrito, impedisca lo scorrimento delle superficie a contatto. Scritta l'equazione differenziale di quarto ordine della curva secondo la quale si inflettono i solidi lunghi e sottili, l'Autore determina la pressione fra le faccie a contatto degli strati sovrapposti e indipendenti che si inflettono simultaneamente, e dimostra con un esempio pratico quanta maggiore difficoltà presenti il problema delle molle a balestra, quando non si scelga la forma delle foglie in modo che ciascuna di esse preme la sottostante soltanto alla sua estremità.

L'Autore termina infine il capitolo ed il libro facendo notare, così per incidenza, due altre applicazioni della equazione differenziale di quarto ordine della curva d'inflessione elastica dei solidi lunghi e sottili; l'una, alla determinazione della pressione che un solido prismatico caricato di pesi esercita sopra un piano orizzontale elastico sul quale esso si appoggi nel senso della sua lunghezza, e l'altra a trovare l'equazione generale per le vibrazioni dei solidi elastici ad asse rettilineo. Il primo problema può presentarsi in molti casi all'ingegnere costruttore; il secondo interessa piuttosto la fisica matematica anzichè la resistenza dei solidi.

G. SACHERI.



Scalari  $\left\{ \begin{array}{l} 0,0005 \text{ per la fig. 1.} \\ 0,0050 \text{ " " 2,3,4,5 e 6.} \\ 0,0100 \text{ " " 7.} \end{array} \right.$



Torino. Tip. e Lit. Camilla e Bertolero.