

L'INGEGNERIA CIVILE

E

LE ARTI INDUSTRIALI

PERIODICO TECNICO BIMENSILE

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

IDRAULICA PRATICA

SULLA VIA DEL PROGRESSO PER UNO STUDIO PIU' RAZIONALE DEL MOVIMENTO DEI LIQUIDI.

La determinazione del coefficiente di correzione o di riduzione pel quale si deve moltiplicare in ogni caso l'espressione teorica della dispensa di un orifizio per ottenere la dispensa reale od effettiva, determinazione che a prima vista sembra essere la cosa più facile, bastando ricorrere ai risultati dell'esperienza, è, pel fatto stesso della molteplicità e varietà delle condizioni nelle quali l'esperimento può compiersi, quella che presenta le maggiori difficoltà; inquantochè tale determinazione esigerebbe da sola la conoscenza che non abbiamo delle vere leggi del movimento dei fluidi.

Questo appunto osservavano Poncelet e Lesbros, i cui risultati sperimentali in materia di foronomia, e per numero e per accuratezza di esperienze, sono pur sempre i più accreditati, e da questa medesima osservazione prende pure le mosse l'autore di una Memoria (*), sulla quale intendiamo di chiamare l'attenzione dei colleghi, il signor Antonio Averone, ingegnere del Genio Civile, distinto ed appassionato cultore delle idrauliche discipline.

*

L'egregio autore prende in esame le due espressioni per calcolare la portata di orifizi aperti in parete verticale sottile, la prima:

$$Q = m \omega \sqrt{2gH} \quad (1)$$

che suolsi adoperare quando l'area dell'edifizio ω è assai piccola per rispetto all'altezza H del livello superiore del liquido sul centro di gravità dell'orifizio; la seconda:

$$Q = \frac{2}{3} m' b \sqrt{2g} \left[(h+a)^{\frac{3}{2}} - h^{\frac{3}{2}} \right] \quad (2)$$

che adoperasi quando l'orifizio ha una larghezza b ed un'altezza a di qualche importanza per rispetto all'altezza di carico h del livello superiore del liquido sul lato superiore dell'orifizio.

La seconda, com'è noto, nasce dal considerare la luce come divisa in elementi orizzontali, e dall'applicare a ciascuno di tali orifizi parziali la formola prima, integrando poi le portate elementari così determinate, ed apponendovi un unico coefficiente di riduzione m' dedotto sperimentalmente.

Ora i principii teorici e le ipotesi su cui è basata la formola seconda non sono di certo indiscutibili; le idee intorno al movimento delle molecole liquide nella sezione contratta, la supposizione del parallelismo delle falde in tale sezione e nell'interno del serbatoio, ed infine la sostituzione dell'orifizio alla sezione contratta, non potrebbero essere ammessi che come mezzi comodi, ma poco rigorosi, per giungere alla soluzione dei problemi usuali dell'idrodinamica.

Ma poichè le formole prima e seconda danno così scarso affidamento di esattezza, l'ingegnere Averone incomincia dall'esaminare se non sia addirittura il caso di escludere l'impiego della seconda, molto più complicata della prima.

(*) *Ricerche idrauliche.* — Mantova, 1898, Tip. A. Mondovi.

Epperò incomincia dal paragonare i valori delle due portate teoriche, lasciando cioè da parte il coefficiente sperimentale, e facendo diversi casi, cioè supponendo l'altezza h rispettivamente uguale a:

$$h = 0 \quad \frac{1}{4} a \quad \frac{2}{3} a \quad \frac{3}{4} a \quad 4a \quad \infty$$

trova i valori corrispondenti che seguono:

$$0,943 \quad 0,979 \quad 0,992 \quad 0,997 \quad 0,9995 \quad 1$$

per il rapporto delle due portate teoriche.

Ora l'ipotesi di $h = 0$ corrisponde al caso dello stramazzone e non importa discuterla.

Quando il battente vale il quarto dell'altezza dell'orifizio, le due espressioni differiscono fra loro di 21 millesimi, e la differenza si fa sempre minore col crescere del battente.

Se adunque il battente è notevole, le differenze fra le due portate sono affatto trascurabili, perchè di gran lunga minori di quelle che si riscontrano praticamente, ripetendo anche colle massime cautele un esperimento in condizioni identiche.

E se il battente è piccolo, la differenza di velocità fra la falda superiore e quella inferiore della vena essendo notevolissima, e il movimento dell'una risciando di ostacolo al movimento dell'altra, le condizioni del fenomeno sono ben diverse da quelle supposte nel creare la formola seconda, la quale pertanto merita scarsa fiducia.

Ne conclude quindi l'autore non essere il caso di prendere in esame i coefficienti della seconda, bastando all'uopo l'esame di quelli trovati per la prima. D'altronde egli dimostra pure che la seconda espressione non sarebbe altro che la prima, in cui a vece di \sqrt{H} si ponesse:

$$\sqrt{H} - \frac{1}{96} \frac{a^2}{H \sqrt{H}} - \frac{1}{2048} \frac{a^4}{H^2 \sqrt{H}} - \dots$$

per cui nella seconda l'altezza di carico media sarebbe sempre inferiore a quella H sul centro dell'orifizio, mentre si propone di provare in seguito del suo lavoro che l'altezza media di carico è sempre maggiore di H .

Epperò ne conclude che l'espressione seconda essendo inutile, e presentando inoltre un vizio d'origine, dovrebbero sconsigliarsene l'uso.

*

Gli esperimenti fatti nel 1828 da Poncelet e Lesbros si riferiscono ad orifizi in parete sottile, larghi m. 0,20 ed alti 20, 10, 5, 3, 2 ed 1 centimetro, mentre lo spigolo inferiore della luce era a m. 0,54 sul fondo, e quelli laterali distavano m. 1,74 dalle pareti.

Quelli fatti poi dal solo Lesbros, oltre al completare i precedenti, avevano pure lo scopo di studiare il fenomeno variando la distanza delle pareti e del fondo dagli spigoli della luce.

E per acquistare a colpo d'occhio un'idea esatta delle variazioni seguite dal coefficiente di riduzione a seconda delle disposizioni degli orifizi, delle dimensioni loro e dei carichi diversi, Poncelet e Lesbros tracciarono per ogni orifizio una serie di curve aventi per ascisse i battenti ed i coefficienti per ordinate.

Le quali curve riescono per certo molto utili nella compilazione, mediante interpolazione, di tabelle di coefficienti, ma ben poco servono alla ricerca delle leggi con cui variano i coefficienti stessi, essendochè l'equazione fra le ascisse e le ordinate di tali curve dovrebbe essere di 5° grado almeno.

Epperò si abbandonarono siffatte ricerche dopo avere rilevato quante difficoltà esse presentassero.

Ma qui l'ingegnere Averone, volendo ottenere linee le quali meglio permettano di afferrare l'andamento delle portate in relazione alle altezze di carico, mentre adotta ancora queste ultime per ascisse, prende per ordinate i quadrati delle portate, giustamente osservando che per una stessa sezione d'orifizio ω , l'equazione (1) innalzata al quadrato sarebbe rappresentata da una retta, qualora m fosse costante, e non essendolo, il suo modo di variare risulterà dal confronto dell'andamento della curva con quello della retta medesima.

Perciò considera i risultati dei 24 esperimenti fatti da Poncelet e Lesbros con un orifizio quadrato di 20 cm. di lato, alto sul fondo m. 0,54 e distante dalle pareti m. 1,74. Questi esperimenti si riferiscono a 10 differenti altezze di carico sul centro della bocca, comprese fra m. 1,472 e m. 0,122.

Prendendo per ascisse le altezze di carico, e per ordinate i quadrati delle portate, determina una serie di punti, in prossimità dei quali può passare una linea che non risulta molto differente da una linea retta.

Coll'aiuto di opportuni ingrandimenti fa vedere come il metodo di Poncelet e Lesbros di prendere fra i coefficienti ottenuti per una medesima altezza di carico il valor medio, risulti alquanto arbitrario, perchè le portate risultanti da quelle medie danno luogo ad una linea discontinua e troppo irregolare; risulterebbe ancora che talune esperienze da Poncelet e Lesbros ritenute anomale, non sarebbero tali. Ne risulta infine la possibilità di assumere per gli usi della pratica come linea delle portate, una retta tutta compresa nel campo delimitato dalle due linee delle portate sperimentali massime e minime.

La possibilità di sostituire alla spezzata proposta da Poncelet e Lesbros una linea retta, significa che in pratica non si commette errore sensibile (per le altezze di carico su cui esperimentarono Poncelet e Lesbros), ritenendo che gli accrescimenti dei quadrati delle portate siano proporzionali agli accrescimenti delle altezze di carico, onde per gli usi ordinari si può ritenere che la portata della bocca sia rappresentata da:

$$Q = \mu \omega \sqrt{2g(H + \alpha)} \quad (3)$$

Ricorrendo ai minimi quadrati, le 10 esperienze di Poncelet e Lesbros conducono a stabilire:

$$\mu = 0,6059 \quad \alpha = -0,01070.$$

Calcolati i 10 valori di Q con questi coefficienti, essi differiscono da quelli sperimentali tutto al più di $\frac{4}{1000}$, diffe-

renza molto lieve in pratica, ove osservisi che i coefficienti risultanti da prove ripetute con una medesima altezza di carico, danno luogo a differenze ben più notevoli. I lievi errori che si possono commettere coll'impiego della formola empirica così trovata sono ordinariamente trascurabili di fronte a quelli molto maggiori dipendenti dagli errori ai quali si va incontro nel rilevare l'altezza dell'acqua, e nel tener conto della velocità con cui essa arriva all'orifizio.

*

Prendendo poi analogamente a considerare le linee relative agli esperimenti di Poncelet e Lesbros facendo variare l'altezza della luce, chiaro appare come la curvatura di tali linee cresca col diminuire dell'altezza della luce, per cui non riesce possibile di rappresentare colla formola (3) l'andamento delle portate per tutte le altezze di carico sperimentate.

Vedesi tuttavia che per ogni curva la parte relativa alle piccole cariche non differisce sensibilmente da una retta; epperò, tenendo conto soltanto degli esperimenti che a tale parte si riferiscono, l'ing. Averone troverebbe i seguenti valori per i coefficienti μ ed α :

Per bocche larghe m.	20	Valore di μ	Valore di α
ed alte »	0,10	0,622	- 0,0056
» »	0,05	0,637	- 0,0028
» »	0,03	0,648	- 0,0014
» »	0,02	0,656	+ 0,0002
» »	0,01	0,674	+ 0,0011

i quali valori servono a determinare per mezzo della formola (3) e con sufficiente esattezza il valore delle portate, semprechè l'altezza di carico non sia superiore a circa 5 volte l'altezza della bocca.

*

Lesbros avendo fatto anche esperimenti con luci larghe m. 0,02 ed alte m. 0,60, 0,20, 0,05, 0,02, mantenendo sempre il serbatoio della larghezza di m. 3,68 come nei casi precedenti, l'ing. Averone prende a paragonare la linea che riassume gli esperimenti della luce di $0,02 \times 0,20$ colla linea relativa alla luce di $0,20 \times 0,02$ precedentemente considerata, e vi trova una notevole differenza nell'andamento delle due linee. Più ancora differiscono tra loro le due linee della luce $0,60 \times 0,02$, secondochè la dimensione maggiore è in larghezza od in altezza. E ne conclude come non sia possibile ammettere, come in pratica si fa, che la portata di un orifizio sia indipendente dalla forma, e che resti la stessa, purchè l'area della luce non vari.

Invece la curva della luce di $0,60 \times 0,20$ in parete grossa 0,05 essendo sensibilmente parallela a quella della luce di $0,20 \times 0,20$ in parete sottile, l'ing. Averone ritiene il coefficiente $\mu = 0,6059$ trovato per quest'ultima, e trova:

$$\alpha = -0,0022.$$

Naturalmente nel caso della parete grossa, la vena attaccandosi alla base dell'orifizio per una lunghezza più o meno grande, a seconda che l'altezza di carico è più o meno piccola, ha luogo un accrescimento di portata in confronto della parete sottile.

*

L'ing. Averone passa in seguito a studiare l'influenza che sulla portata esercita la distanza delle pareti del serbatoio dagli spigoli della luce.

Le esperienze prese ad esame riguardano la luce di $0,20 \times 0,20$. Le maggiori distanze per le quali si abbiano risultati sperimentali sono quelle precedentemente considerate: cioè spigolo inferiore della luce a m. 0,54 sul fondo del serbatoio, e distanza laterale della parete dallo spigolo della luce di m. 1,74.

Risulta anzitutto dalle esperienze di Poncelet e Lesbros che ad ogni ravvicinamento di parete del serbatoio allo spigolo della luce corrisponde un aumento di portata; e ciò fino a che le pareti laterali sieno a distanza zero dallo spigolo della luce, nel qual caso la portata ha il valor massimo; risulta pure che il ravvicinamento del fondo del serbatoio alla base della luce è quello che dà luogo al maggior aumento.

Risultando inoltre che una parete laterale posta alla distanza di m. 0,54 dalla luce può influire in modo non trascurabile sulla portata di questa, l'ing. Averone ne conclude doversi ritenere che il fondo del serbatoio alla distanza di m. 0,54 dalla base dell'orifizio, che è la massima distanza alla quale hanno esperimentato Poncelet e Lesbros, abbia ancora un'influenza abbastanza notevole nell'aumentare la portata.

Esaminando gli andamenti delle linee delle portate nei diversi casi, si vede che la curvatura loro è sempre leggera, ma quella che fra tutte si accosta più alla linea retta si riferisce alla luce colla base distante m. 0,54 dal fondo del serbatoio e cogli spigoli laterali sulle pareti stesse del serbatoio.

La formola (3) può rappresentare in questo caso, con una precisione certamente superiore alle esigenze della pratica, i risultati dell'esperienza, ritenendo:

$$\mu = 0,6363 \text{ ed } \alpha = +0,00488.$$

Epperò nella misura delle portate, ogni qualvolta sia libera la scelta della luce, sarà sempre opportuno di adottare tale disposizione.

Nel caso degli stramazzi, essendo b la larghezza dello stramazzo ed h l'altezza dell'acqua sulla soglia, misurata fuori della chiamata allo sbocco, l'espressione della portata è data da:

$$Q = m b h \sqrt{2g h} \quad (4)$$

Prendendo per ascisse le altezze h e per ordinate i rapporti $\frac{Q^3}{h^2}$, l'ingegnere Averone ottiene per ogni qualità di stramazzo una linea analoga a quella relativa alle bocche a battente. Paragonando insieme tutte le linee relative alle varie disposizioni di stramazzo della larghezza di m. 0,20 con cui si fecero esperimenti, risulta anzitutto evidente che la portata dello stramazzo aumenta quando le pareti del serbatoio si avvicinano alla luce da m. 1,74 a m. 0,54, analogamente a quanto si verifica per le luci di m. 0,20 \times 0,20; e parimente si vede che la portata massima si ottiene col massimo ravvicinamento alla luce delle pareti laterali, ossia quando gli spigoli laterali della luce sono sulle pareti stesse del serbatoio, e queste pareti ben inteso continuano a rimanere perpendicolari al piano della luce, mentre sperimentando colle pareti laterali inclinate a 45° sul piano della luce, la portata dello stramazzo è risultata minore.

Risulta inoltre che la vicinanza del fondo del serbatoio alla base dello stramazzo ha sempre notevole influenza sulla portata, e che tale influenza è tanto grande da produrre nel caso di piccoli carichi un perturbamento completo negli effetti delle altre azioni; risulta infine che le disposizioni di stramazzo per cui le linee hanno andamento regolare e risultano sensibilmente rette, sono le tre relative ai casi seguenti, e per cui è utile registrare per i bisogni della pratica il valore dei coefficienti μ ed α ricavati col metodo dei minimi quadrati, ancora in base alla formola (3).

		Valori di	
		μ	α
1° Stramazzo largo m. 0,20:			
Altezza sul fondo	m. 0,54	0,38585	+ 0,004425
Distanza dalle pareti	» 1,74		
Altezza sul fondo	m. 0,54	0,4252	+ 0,00447
Distanza dalle pareti	» 0,00		
Altezza sul fondo	m. 0,00	0,4065	+ 0,000637
Distanza dalle pareti	» 1,74		
2° Stramazzo largo m. 0,02:			
Altezza sul fondo	m. 0,54	0,4326	+ 0,00106
Distanza dalle pareti	» 1,74		
3° Stramazzo largo m. 0,60:			
in parete grossa	» 0,05	0,38585	+ 0,0094
Altezza sul fondo	m. 0,54		
Distanza dalle pareti	» 1,74		

In un secondo capitolo, intitolato: *Fenomeni dell'efflusso dei liquidi*, l'ing. Averone riassume, per così dire, la storia dei tentativi fatti finora per spiegare il fatto, riscontrato da Poncelet e da Lesbros, che la velocità dell'acqua uscente da una luce può riescire maggiore di quella dovuta all'altezza da cui l'acqua scende.

È noto che Poncelet e Lesbros, ripetutamente e colle massime precauzioni sperimentando con un orifizio quadrato di m. 0,20 di lato, aperto in parete piana sottile, e sottoposto al carico di m. 1,71 sul centro dell'orifizio, rilevarono che la minima sezione della vena contratta, giacente in un piano parallelo all'orifizio, a m. 0,30 di distanza da esso, era di cent. q. 230,622, ossia 0,577 della sezione dell'orifizio; onde la velocità media nella sezione minima eccede di 1/23 quella dovuta al carico del liquido sul centro dell'orifizio.

Qui l'ing. Averone incomincia dall'osservare che per velocità media d'efflusso dovrebbero prendere quella dovuta all'altezza del pelo liquido sul centro di pressione contro l'orifizio, e non quella dovuta all'altezza del liquido sul centro di figura. Ma la differenza fra queste due altezze, che può essere notevole quando si tratta di piccoli battenti, nel caso sperimentato da Lesbros, ossia per un'altezza di carico di m. 1,71, non sarebbe che di m. 0,0197, epperò anche dopo di questa correzione si ha pur sempre un aumento nella velocità media di $\frac{1}{26}$ che non si riuscirebbe a spiegare.

L'ing. Averone fa pure osservare che la pressione prodotta da un liquido sopra una porzione di parete limitata da un

dato perimetro essendo metà di quella che sarebbe necessaria per sospingere il liquido dall'orifizio avente per contorno quel perimetro, parrebbe che il rapporto fra la sezione minima della vena e l'area dell'orifizio o in altri termini il coefficiente teorico d'efflusso debba essere 0,50. Invece tale rapporto oscilla quasi sempre intorno a 0,60.

Poichè adunque simili indagini teoriche si chiariscono insufficienti a spiegare il fatto sperimentale, l'ing. Averone si propone di trarre qualche maggior lume dall'esame dei fatti.

Ricorda come, fin dal 1766, Borda, trasportando nel bel mezzo della massa fluida la luce da cui usciva il liquido, onde sottrarre il fenomeno dell'influenza della parete in cui si trovava la luce, e Bidone ripetendo più correttamente l'esperienza, ottenessero sperimentalmente per coefficiente d'efflusso 0,50. Onde rimase sperimentalmente assodato: 1° che il contatto della vena colla parete di un tubo addizionale fa aumentare la portata, ma contemporaneamente fa diminuire l'ampiezza del getto, vale a dire fa scemare la velocità d'efflusso; 2° che per la presenza della parete del serbatoio in cui è aperta la luce può crescere la portata di questa per un aumento di velocità.

*

A spiegare codeste cause di aumento di portata e di velocità, sperimentalmente accertate, giova intanto l'osservazione che se fino a questi ultimi tempi una massa liquida potè essere ritenuta come l'aggregato di minimi elementi materiali contigui, sciolti e liberi da ogni vincolo di tenacità, i progressi della termodinamica permettono invece di stabilire:

1° Che ogni molecola di un liquido grave, anche quando la si dice in istato di equilibrio o di quiete relativa, possiede in fatto una velocità dovuta alla sua gravità, e corrispondente a quella che essa acquisterebbe cadendo liberamente per lo spazio verticale che la separa dalla superficie libera del liquido;

2° Che la pressione di un liquido contro i singoli punti bagnati della parete interna di un vaso implica una effettiva impulsione del liquido contro la parete, impulsione che è dovuta alla effettiva velocità acquistata dalle molecole liquide per gravità, in relazione alla loro distanza dalla superficie libera;

3° Che le molecole dei fluidi sono animate da due movimenti, di traslazione l'uno, di rotazione l'altro.

Partendo da questi principii, l'efflusso di un liquido diventa evidentemente un fenomeno più complesso di quanto appaia allorchè lo si considera dal punto di vista consueto, ma in questo modo si riesce anche a spiegare l'aumento di velocità riscontrato da Lesbros, perchè al movimento delle molecole liquide si possono applicare molti dei risultati del bellissimo studio fatto da Poiasot sull'urto dei corpi rotanti.

Poiasot ha dimostrato che un corpo perfettamente duro, per il fatto del movimento rotatorio, di cui fosse animato, può essere dotato nei suoi differenti punti di una specie di elasticità per modo che, venendo esso ad incontrare un ostacolo, può vedersi il centro di gravità di quel corpo riflettersi a ritroso del suo movimento primitivo od anche precipitarsi nello stesso senso, con una accresciuta velocità come se nel punto di contatto vi fosse una molla. E la velocità di riflessione può, non solamente uguagliare la velocità del centro di gravità, come accade nei corpi perfettamente elastici, ma può sorpassarla, ed anche diventare grande quanto si voglia, purchè la rotazione del corpo su sè stesso sia sufficientemente rapida.

Ammettendo nelle molecole acquee la coesistenza dei due movimenti di traslazione e di rotazione, si comprende come nell'efflusso di un liquido da un orifizio, l'urto delle molecole rotanti contro le pareti contornanti l'orifizio possa indurre in esse una velocità di traslazione maggiore di quella che competerebbe loro per la semplice caduta dal pelo liquido al punto in cui fluiscono all'aperto.

Le molecole che si trovano in una sezione qualunque della vena d'efflusso dovrebbero essere, come sopra si disse, la giusta metà di quelle che si affacciano alla luce, nel che la teoria e l'esperienza col tubo di Borda concordano. Ma nella generalità dei casi della pratica avviene che le molecole urtanti contro le pareti rimbalzano nella massa acquee con ac-

cresciuta velocità di traslazione, ed aumentino il numero e la velocità di quelle che fluiscono. E così si ha una sezione minima superiore alla metà dell'orifizio, e si ha pure l'aumento di velocità riscontrato da Lesbros. Generalmente parlando, nell'efflusso d'un liquido da una luce si ha dunque, non contrazione, ma aumento nella sezione della vena fluente, e l'aumento di portata prodotto da una porzione di parete talvolta è dovuto ad aumento di sezione della vena fluente, talvolta ad aumento di velocità, tal'altra infine ad aumento di entrambi questi elementi della portata.

Prendendo in esame come esempi quattro casi tipici d'efflusso che si possono ottenere col tubo di Borda, l'ingegnere Averone conoscendo in seguito ai risultati dell'esperimento per ognuno di essi il rapporto fra la sezione della vena e l'area dell'orifizio, e la portata, e calcolando la forza viva della massa che fluisce nell'unità di tempo, ne conclude:

1° Che nel caso in cui l'efflusso non è in alcun modo influenzato dalle pareti, il coefficiente della portata vale 0,500 e quindi non vi è luogo a sottrazione di forza viva dal serbatoio perchè tutta la pressione sull'orifizio è necessaria e sufficiente a promuovere l'efflusso;

2° Che nel caso in cui la vena aderisce al tubo, la portata in conseguenza cresce da 0,500 a 0,767, ma la forza viva disponibile all'uscita dal tubo discende da 0,500 a 0,451, perchè una parte della forza viva di cui era animata la vena all'ingresso nel tubo viene consumata in urti contro la superficie interna di esso, o per meglio dire, tale porzione di forza viva è trasformata in calore;

3° Che nel caso in cui l'efflusso ha luogo attraverso ad un orifizio aperto in parete piana verticale e sottile, la sezione minima della vena è maggiore della metà dell'area dell'orifizio (0,577 per un orifizio quadrato di m. 0,20 di lato, sottoposto al carico di m. 1,71 sul centro) ed anche la velocità media dell'efflusso è maggiore di quella dovuta all'altezza di carico; per cui la forza viva della vena fluente giunge a 0,602 almeno nel caso considerato, e ad un valore maggiore se si adottano luci più piccole;

4° Quando invece un orifizio viene ad essere armato di tubo addizionale cilindrico esterno, e la vena fluente riempie il tubo, il rapporto fra la sezione della vena e l'area dell'orifizio cresce fino a valere l'unità, ma l'altezza a cui è dovuta la velocità risulta appena a 0,672 dell'altezza del liquido sul centro della luce; e così, mentre la parete piana e sottile in cui è scolpito l'orifizio è cagione d'aumento nella velocità, la parete interna del tubo addizionale è cagione di diminuzione; ma tutte due le pareti hanno per effetto di accrescere la portata, ossia di accrescere il numero delle molecole fluenti. L'aggiunta però del tubo, mentre fa crescere la portata, è causa di diminuzione di forza viva nella massa liquida (nel caso sovra considerato la forza viva da 0,602 scende a 0,551) e la parte mancante è consumata in urti, o, per meglio dire, trasformata in calore.

L'efflusso dell'acqua da una luce è dunque generalmente accompagnato da sottrazione di forza viva, ed il fenomeno non è sostanzialmente diverso dall'efflusso di un gas. La termodinamica dice come la temperatura dei gas corrisponda alla forza viva delle loro molecole, come il recipiente che si vuota perda della forza viva la quale si ritrova poi in eccesso nell'altro recipiente. Ed i fenomeni dell'efflusso dell'acqua e di un gas da una luce non sono sostanzialmente diversi da quelli di un liquido nel quale l'evaporazione d'una parte raffredda la parte restante, perchè le molecole della prima sottraggono alla seconda ed ai corpi circostanti la quantità di movimento competente al nuovo stato.

*

Poichè è dimostrato che l'efflusso d'un liquido è accompagnato da sottrazione di forza viva ad una parte delle sue molecole, deve avvenire che le molecole alle quali è stata sottratta forza viva possano meno adoperarsi nel premere, e che una spinta si debba produrre dai punti premuti verso quelli in cui vi ha deficienza di pressione, i quali ultimi appunto si trovano nell'ambito dell'orifizio. Tale spinta ha luogo effettivamente e si manifesta in una specie di succhio, talvolta assai rumoroso e caratteristico, ben noto a quanti hanno os-

servato il movimento dell'acqua nelle botti a sifone od il vuotamento di recipienti attraverso ad apparecchi a valvola idraulica.

Sperimentando sull'orifizio avente m. 0,60 di base per 0,40 di altezza aperto in pareti della grossezza di 5 centimetri, Lesbros vide prodursi alla superficie del serbatoio ed in posizioni variabili rispetto all'orifizio, dei vortici circolari foggianti a cono torto, aventi i vertici non lungi dal centro dell'orifizio. L'interno dei coni era vuoto; un galleggiante che giungesse nella loro sfera d'azione era immediatamente trascinato ed aggirato con una velocità che andava crescendo a misura che il corpo scendeva, e bentosto lo si vedeva uscire dall'orifizio ad un dipresso nella direzione del filetto centrale della vena.

Il fenomeno del succhio si verifica pure lungo un tubo di condotta d'acqua, come lo ha dimostrato sperimentalmente il Venturi dandogli nome di *comunicazione laterale del moto* e come viene utilizzato in apparecchi di sollevamento o d'esaurimento (*).

*

L'urto di una vena contro una lastra è un altro fenomeno in cui l'effetto potrebbe sembrare superiore alla causa. Invero è noto che l'urto P in chilogrammi dato da una vena di sezione ω con velocità in questa sezione dovuta ad un'altezza h è espresso da:

$$P = 1000 n \omega h$$

in cui n è un coefficiente.

Ora Newton ammise $n=2$; Bossut trovò sperimentalmente $n=1,95$; Eulero ritenne che il valore teorico della percussione potesse aumentare fino ad essere uguale al peso di una colonna liquida avente per base la sezione della vena e per altezza quattro volte quella dovuta alla velocità.

Bidone, sperimentando su sei lastre circolari del diametro crescente da m. 0,054 a 0,244 urtate da tre vene uscenti colla velocità di m. 9,26 da tre tubi di diametro 2, 27 e 36 centimetri rispettivamente, riscontrò che n variava da 2,04 a 2,22.

Circondando poi una lastra di un orlo cilindrico, la cui altezza veniva man mano accresciuta da mm. 22,6 a mm. 41, il coefficiente cresceva, e raggiungeva il massimo valore di 3,93 per un'altezza d'orlo eguale a mm. 8 per diminuire fino a 3,45 coll'ulteriore accrescimento dell'orlo fino a mm. 41. Il coefficiente 3,93 vale 1,77 volte quello 2,22 trovato nel caso della lastra nuda.

Più singolare ancora è l'aumento di n quando a vece dell'effetto della percussione permanente osservasi quello del primo colpo. Dopo di avere equilibrato lo sforzo della percussione permanente di una vena contro una lastra nuda con un peso di chilogrammi 3,58, Bidone interrompeva l'efflusso e nel ristabilirlo verificò che, pel primo colpo, a mantenere a posto la lastra, occorreva impiegare un peso di chg. 7,01, vale a dire il doppio circa del peso occorrente nel caso della percussione permanente.

A spiegare in quale modo una vena fluida di velocità, direzione e portata costanti possa produrre effetti cotanto diversi a seconda che la lastra colpita sia munita di orlo o no, ed a seconda che si tratti del primo colpo o della percussione permanente, soccorre ancor qui l'osservazione che le molecole fluenti possono comunicare all'ostacolo, oltre al loro movimento traslatorio, una quantità di movimento rotatorio, variabile a seconda del modo con cui si presenta la superficie dell'ostacolo. E nel caso del primo colpo le molecole urtanti cedono interamente o quasi il movimento traslatorio e rotatorio che possiedono, ond'è naturale che il primo effetto sia maggiore del susseguente. Gli effetti subitanei, e talvolta si terribili, delle ondate e dei colpi di vento sono pure dovuti alla medesima causa. E vi sono pure dei casi in cui l'urto che produce una corrente d'acqua, e che si direbbe permanente, è tuttavia tale che il suo colpo è sempre un primo colpo, e quindi di forza ben maggiore di quella che gli si attribui-

(*) Tale è l'apparecchio di William Close descritto nelle lezioni di Navier; tali ancora gli apparecchi di esaurimento di Nagel e Kaemp (*Ingegneria Civile*, 1875, pag. 7 e tav. I).

rebbe in base ai principii secondo i quali viene calcolata la percussione permanente dei fluidi.

La stessa osservazione vale a spiegare il modo di funzionare dell'ariete idraulico, del quale si conoscono benissimo le regole per la migliore costruzione, mentre la sua teoria è ancora da fare. In qual modo possono le molecole acquee salire oltre al livello da cui sono discese? La cosa riesce inspiegabile, se non si tiene conto del loro movimento rotatorio, a cagione del quale, nell'urto contro la valvola d'estremità, si produce un effetto di primo colpo, analogo a quello di cui parlava Bidone.

Il fenomeno della pulsazione delle vene fluenti, avvertito da Savart, contraddetto solo apparentemente dagli studi di Plateau, ma confermato dalle antiche osservazioni di D'Aubuisson e da quelle recenti di Lesbros, è un altro fatto importante, che va preso in grande considerazione, sebbene l'idraulica propriamente detta non sia ancor in grado nè di sottoporlo a calcolo nè di valutarne gli effetti.

Savart nel suo studio sulla vena liquida sgorgante da un orifizio circolare aperto in parete piana, sottile ed orizzontale, aveva osservato che mentre la prima parte della vena è calma e trasparente, la seconda è agitata e torbida, composta di gocce ben distinte le une dalle altre, le quali subiscono durante la loro caduta dei cambiamenti periodici di forma a cui sono dovute le apparenze di ventri o rigonfiamenti anulari della vena, di diametro massimo sempre maggiore di quello dell'orifizio.

Dai suoni prodotti dall'urto periodico delle gocce e dei rigonfiamenti della vena contro l'aria, all'uopo rinforzati facendo sì che il getto colpisca una membrana tesa, poté risultare che i rigonfiamenti del getto si succedono ad intervalli di tempo uguali fra loro, onde le gocce da essi formate nel giungere all'estremità del getto sono sottoposte nella loro emissione alla stessa periodicità; che inoltre il numero delle oscillazioni è direttamente proporzionale alla velocità d'efflusso, ed inversamente proporzionale al diametro degli orifizi. Ora da tutto ciò il Savart ha creduto di concludere che lo stato oscillatorio della vena esistendo già all'origine di essa e dipendendo dalle particolarità stesse del moto del liquido nel serbatoio, *la velocità d'efflusso sarebbe periodicamente variabile* in luogo di essere uniforme come si era sempre pensato.

Plateau invece, nel suo studio sui liquidi sottoposti alle sole forze molecolari dimostra che la costituzione della vena è conseguenza necessaria della proprietà che hanno i cilindri liquidi senza peso di rompersi quando la loro lunghezza oltrepassa un certo limite, e di risolversi in una serie di grosse gocce separate da gocce piccole. Vero è che la vena è soggetta all'azione della gravità, ma durante la libera caduta di un liquido, la gravità non pone ostacolo all'azione delle attrazioni molecolari, le quali possono agire sulla massa come se questa fosse priva di peso; è in tal modo che, nella caduta, le goccioline di pioggia prendono la forma sferica.

Il liquido della vena dovrà quindi necessariamente giungere per gradi, durante il suo movimento, a costituire una serie di sferette isolate.

Rimane pur sempre a vedere come riesca possibile di mettere d'accordo i fatti riscontrati da Savart colle obiezioni sollevate da Plateau.

Ma qui l'ing. Averone soggiunge che se la spiegazione di Plateau è esatta, com'è da tutti ammessa, dessa non è però completa se non nel caso, quasi teorico, in cui la vena fluisca da un tubo di Borda, ossia quando il coefficiente della portata valga 0,50. In tal caso non vi ha urto di molecole contro le pareti, e se si adottano le precauzioni atte a sottrarre dall'influenza di vibrazioni esterne la vena, questa non ha moti oscillatori e si risolve in gocce senza eseguire oscillazioni sensibili.

Quanti hanno esaminata questa specie di vena, hanno sentito il bisogno di rilevarne la bellezza e la limpidezza veramente notevoli.

Ma quando la vena fluisce da un foro aperto in parete sottile, notevole è la quantità di molecole, che in seguito all'urto contro i lembi di parete adiacenti all'orifizio, rimbalza nella massa fluente, e questa sotto l'azione degli urti che dalle mo-

lecole continuamente riceve, vibra ritmicamente e genera nella vena e quindi nelle gocce in cui questa si divide, un movimento oscillatorio.

Del resto il fenomeno della pulsazione delle vene fluenti, avvertito da Savart, ed abitualmente trascurato in idraulica, lo si riscontra in qualsivoglia efflusso, avvenga esso per luci, per tubi, o per alvei.

Fin dal 1828 il D'Aubuisson accennava a certe alternative di velocità riscontrate nella maggior parte dei movimenti dei fluidi che aveva potuto osservare, e specialmente in modo assai spiccato durante le sue esperienze sulla resistenza dell'aria nei tubi di condotta.

E Lesbros nei suoi esperimenti del 1834 parlava delle pulsazioni della vena fluida ad un dipresso nei seguenti termini: La mobilità della vena fluida è eccessiva, benchè sia del tutto inapprezzabile alla semplice vista quando l'aria è perfettamente calma; quando però si vogliono rilevare simultaneamente ed in tutta la loro estensione le due faccie opposte, superiore ed inferiore, di una sezione, per mezzo di venticinque o trenta asticciuole metalliche, la mobilità è tale da far ritenere che l'efflusso, ben lungi dall'aver luogo in modo continuo, non abbia luogo che per sussulti e per oscillazioni.

Nel movimento dell'acqua lungo i tubi, non appena la pressione è di qualche momento, le vibrazioni dell'acqua diventano così intense da manifestarsi per mezzo dell'oscillazione del pelo d'acqua nei tubi piezometrici.

La pulsazione delle acque correnti per alvei venne riconosciuta da quanti si occuparono di misure di velocità in fiumi e canali. I tachimetri impiegati all'uopo, segnarono periodiche variazioni nella velocità della corrente; in qualche caso tali variazioni giunsero al 25 per cento.

*

Nel III ed ultimo capitolo l'ing. Averone, ritornando alle luci aperte in un serbatoio, osserva che anche quando l'efflusso ha luogo mediante l'artificio di Borda, cioè portando la luce stessa nel bel mezzo del liquido, perchè il coefficiente della portata sia quello teorico, ossia valga 0,50, è necessario che *l'altezza della luce sia molto piccola*.

Che se l'efflusso avviene nei modi ordinari, abbiamo due cause principali che tendono a variare la portata. La prima, che tende a diminuirla, è dipendente dalla sconcertanza dei filetti fluidi, ed è tanto più efficace quanto maggiore è la differenza fra la velocità dei filetti superiori e di quelli più bassi, ossia: nelle bocche a battente l'effetto suo crescerà col crescere dell'altezza della luce, e col diminuire del battente; negli stramazzi crescerà col crescere dell'altezza del pelo liquido sopra la soglia.

La seconda, invece, che ha per effetto di accrescere la portata, è dipendente dalla presenza delle pareti formanti l'orifizio o prossime ad esso. Le due cause opposte tendono a neutralizzarsi reciprocamente, ma quasi sempre con prevalenza dell'una o dell'altra; ed anzi, nella maggior parte dei casi, i loro effetti sono così combinati che non è possibile, nonchè di valutarli, neppure di distinguerli.

Tutto al più si può avere un'idea grossolana del fenomeno col rilievo e coll'esame delle forme che assumono le vene fluenti. E qui l'ing. Averone si prova ad applicare la formola di Laplace relativa all'azione delle forze molecolari sui liquidi non pesanti, osservando che l'azione della gravità, la quale vien tutta impiegata nel far muovere le molecole lungo le rispettive traiettorie non porrebbe ostacolo all'azione delle attrazioni molecolari, onde queste possono agire sulla massa fluente come se fosse priva di peso.

Laplace dimostrò che la pressione normale alla superficie di un liquido non pesante sottoposto alle sole forze molecolari può essere espressa da:

$$P + \frac{A}{2} \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'} \right)$$

in cui P è la pressione unitaria esercitata da una superficie piana; A è una costante; R ed R' sono i raggi di curvatura principali della superficie nel punto considerato. Le quantità P ed A non cambiano che colla natura del liquido; R ed R' sono positivi quando appartengono a curvature convesse, ossia

sono diretti verso l'interno del liquido; negativi nel caso contrario. Vuolsi poi aggiungere che il termine P dell'espressione è sempre grandissimo di fronte al secondo.

Comprendesi quindi che se R ed R' sono entrambi negativi, oppure uno è positivo e l'altro è negativo, ma la somma dei loro reciproci è negativa, la forza la quale determina la curvatura è una specie di succhio che rende concava la superficie; al contrario se R ed R' sono entrambi positivi, oppure di segno contrario, ma sempre tali che la somma dei loro reciproci sia positiva, la forza che determina la convessità della superficie è una spinta dall'interno verso l'esterno che viene ad essere esercitata contro di detta superficie.

Così, per esempio, nella vena fluente da un orifizio quadrato di 0,20 di lato, aperto in parete sottile, sotto un carico di m. 1,68 sul centro, si vede che le sezioni della vena, così trasversali come longitudinali, sono tutte terminate da curve concave; R ed R' sono adunque negativi in tutti i loro punti, epperò nella vena si deve produrre un succhio, ossia ha luogo, come abbiamo già veduto, sottrazione di forza viva.

Nello stramazzo largo 0,20, pure aperto in parete sottile, con un carico di m. 0,1803 sulla base, il profilo e le sezioni trasversali indicano che nella parte inferiore della vena le curve longitudinali e le trasversali sono concave, e che in essa parte si deve produrre il succhio o chiamata ben conosciuta.

Invece nella parte superiore della vena accade l'opposto; onde in essa si manifesta un'azione opposta al succhio, ossia una spinta o cacciata verso il serbatoio dell'acqua fluente. Ma il solo esame della configurazione della vena non basta a determinare quale dei due effetti riesca preponderante.

Sarebbe qui superfluo moltiplicare gli esempi.

*

Tenendo adunque conto del modo di funzionare delle pareti rispetto alla vena fluente, e della maggiore o minore facilità che ha l'acqua del serbatoio di reintegrare la forza viva della vena fluente, al quale effetto non è estranea la grande capacità calorifica dell'acqua, si spiegano tutte le apparenti contraddizioni che risultano dal confronto delle linee relative agli stramazzi con quelle che si riferiscono agli orifizi chiusi.

E riassumendo: negli *orifizi chiusi*, a parità di altre condizioni, la portata aumenta:

1° quando diminuisce l'area della luce, perchè l'azione delle pareti si distribuisce su di una minore quantità di molecole;

2° quando cresce l'altezza di carico (*);

3° quando cresce il numero e la prossimità all'orifizio delle pareti interne perpendicolari al piano di questo;

4° quando la lunghezza di tali pareti, misurata normalmente al piano dell'orifizio non oltrepassa certi limiti; ma la portata diminuisce se le pareti interne, invece di essere normali all'orifizio, sono inclinate a 45°;

5° quando l'imboccatura del condotto formato da tali pareti è arrotondata.

Negli *stramazzi*, la portata diminuisce:

1° quando cresce la loro larghezza, perchè l'azione delle pareti si distribuisce sopra una luce maggiore;

2° quando cresce la loro altezza, per ragione analoga, mentre fanno eccezione gli stramazzi nei quali la base dell'orifizio è sul fondo del serbatoio;

3° quando i tre spigoli dello stramazzo sono a contatto od anche soltanto prossimi alle pareti orizzontali e verticali del serbatoio;

4° quando le pareti interne, invece di essere normali allo

(*) L'altezza di carico di cui si parla non è quella H sul centro di gravità, ma quella $H' = H + \frac{1}{12} \frac{a^2}{H}$ sul centro di pressione della luce.

Così il coefficiente 0,572 trovato da Poncelet e da Lesbros per la luce quadrata di 0,20 in parete sottile, con battente di 0,02, tenendo conto della vera altezza di carico risulterebbe per $a = 0,20$ ed $H = 0,12$:

$$0,572 \sqrt{\frac{H}{H'}} = 0,572 \frac{1}{1,109} = 0,5157$$

valore molto prossimo a 0,50.

stramazzo, formano col piano in cui questo si trova un angolo di 45°.

Invece negli stramazzi la portata cresce:

1° quando lo spigolo orizzontale ed uno di quelli verticali sono a contatto od anche soltanto prossimi alle adiacenti pareti orizzontale e verticale del serbatoio. Cresce maggiormente quando il solo spigolo di base, oppure i soli spigoli verticali dello stramazzo sono nelle precedenti condizioni;

2° quando l'imboccatura del condotto formato da tali punti è arrotondata;

3° quando la luce è aperta in parete grossa.

*

Nel 1836 l'illustre Bidone generalizzando i risultati di esperimenti fatti su di una bocca larga 54 ed alta 27 cent., e dicendo p il perimetro della bocca, n la parte di esso in cui la contrazione è soppressa, ed m il coefficiente nel caso di contrazione completa, credette di poter stabilire che il coefficiente da adottarsi per la bocca rettangolare a contrazione parziale fosse dato dall'espressione:

$$m \left(1 + 0,152 \frac{n}{p} \right).$$

Gli esperimenti di Poncelet e di Lesbros hanno dimostrato la poca esattezza di questa regola, oggi ancora seguita dai pratici.

Anche Lesbros nella stupenda sua memoria del 1852, nella quale riferisce e discute i risultati di 2000 esperienze, generalizza i risultati di talune di esse non tenendo abbastanza conto del fatto che i coefficienti dipendono meno dal rapporto fra le dimensioni delle bocche che dalla grandezza assoluta di queste dimensioni.

Poncelet e Lesbros pubblicarono i loro studi col titolo: « Esperimenti idraulici sulle leggi di efflusso dell'acqua attraverso agli orifizi rettangolari verticali di *grandi dimensioni* », e tale è pure il titolo della memoria pubblicata nel 1852 dal solo Lesbros.

Ma i crescenti bisogni, che sono il portato dei progressi industriali ed agricoli, fanno oggidì sentire la necessità di misurare con esattezza la portata di bocche le cui dimensioni sono ben superiori a quelle delle bocche su cui sperimentarono Poncelet e Lesbros. Ora, da tutto quanto siamo venuti dicendo, risulta in modo certo che impiegando quei coefficienti, anche i più sicuri, perchè trovati direttamente coll'esperienza, per bocche più grandi di quelle sperimentate, non si può a meno di commettere un errore del quale può essere non lieve in alcuni casi l'importanza.

Di qui la necessità di esperienze sulla portata di bocche che abbiano realmente grandi dimensioni, necessità richiesta non meno per lo studio del movimento dei liquidi, quanto per le esigenze della pratica.

G. SAGHERI.

NOTIZIE

L'applicazione industriale dell'alcool all'illuminazione ed allo sviluppo di forza motrice. — Il sig. Denayrouze ha presentato di questi giorni alla Società degli Ingegneri Civili di Francia la sua luce ad incandescenza ottenuta con una lampada ad alcool, che già aveva presentato sei mesi fa al Consiglio della Società nazionale d'incoraggiamento per l'agricoltura. Fin d'allora egli poteva garantire un consumo per la carcel-ora inferiore ad un centilitro d'alcool, vale a dire un costo press'a poco uguale al becco Auer. Ma presentemente il signor Denayrouze è arrivato ad ottenere lo stesso potere illuminante con quantità d'alcool sempre minori, essendochè l'alcool che è un combustibile povero è un ottimo dissolvente degli idrocarburi ricchi, e con essi si possono fare mescolanze di pochissimo costo. D'altra parte la produzione di questa luce non richiede nè officina nè canalizzazione, onde è lecito prevedere uno sviluppo importante alla nuova industria. Senza ricorrere ad alcuna reticella e quindi senza i noti inconvenienti di queste, il sig. Denayrouze ottiene sia dal gaz, sia da una lampada a petrolio, una luce bianca tranquilla ed intensa come quella dell'acetilene, e propone l'applicazione della nuova luce all'illuminazione pubblica delle vie non meno che delle abitazioni e delle vetture ferroviarie.

*

Il sig. Périsse a sua volta nella stessa seduta, soggiunse che da qualche tempo si fanno pure tentativi in Germania ed in Francia per

sostituire l'alcool alla benzina nei motori a scoppio e che tutti questi tentativi interessano assai gli agricoltori, potendosi ottenere l'alcool in buone condizioni ed i residui della fabbricazione essendo un eccellente nutrimento del bestiame in inverno.

Confrontando le proprietà chimiche e fisiche dell'alcool con quelle dell'essenza di petrolio, il sig. Périssé osserva che l'alcool anidro ha un potere calorifico di 7050 calorie ed una densità a 15° di 0,795, mentre in pratica non si adoperano che alcool idrati aventi da 5 a 10 per cento d'acqua oltre all'acqua di costituzione.

Le essenze di petrolio, denominate gazoline o benzine leggere, sono prodotti assai complessi. Quelle usuali del commercio contengono tutto ciò che si ottiene dalla distillazione fra 50° e 200°, e la loro densità a 15° è di 0,720; ma le essenze adoperate per forza motrice sono prodotti rettificati che si ottengono dalla raffinazione delle nafte grezze tra le temperature di 30° e 90°. Sono infiammabili anche al disotto di 0° e la loro densità a 15° arriva stentatamente a 0,700. Di qui la necessità di ben definire la qualità di benzina adoperata in un esperimento.

Così il sig. Müntz volendo procedere ad esperimenti comparativi per la produzione di forza motrice ha proceduto innanzitutto ad analisi di cui registriamo i risultati:

	Benzina	Petrolio
Composizione chimica	Carbonio	84,3
	Idrogeno	15,7
	Ossigeno	0
	100 —	100 —
Densità a 15°	0,708	0,834
Punto d'ebollizione	88°	78°,5
Potere calorifico di 1 kg.	calorie 11356	6522

Il potere calorifico dell'alcool di cui si disponeva per l'esperimento, di poco inferiore a quello dell'alcool assoluto, essendo quasi la metà di quello della benzina, riesce di già anche troppo evidente la sua inferiorità quando trattasi di funzionare in un motore termico.

Le quali cose premesse, il sig. Périssé riassume i principali esperimenti fatti coll'alcool in questi ultimi due anni.

Nell'ottobre 1897 il prof. Ringelmann dell'Istituto agronomico otteneva a Parigi risultati poco soddisfacenti dal lato economico sperimentando con un motore Brouhat a quattro tempi, e con un motore Benz a due tempi; la spesa per il cavallo-ora essendo risultata di:

Chg. 0,400 ossia litri 0,565 pari a lire 0,28 colla benzina
» 0,756 » 0,906 » 0,90 coll'alcool.

Il rapporto del consumo in peso è press'a poco quello dei poteri calorifici.

Il sig. Petreano in Germania, nel laboratorio del sig. Slaby, sperimentando con un motore Otto ed un carburatore di modello speciale che utilizza il calore dei prodotti di scappamento, ottenne dall'alcool risultati più soddisfacenti, ossia un consumo da Chg. 0,38 a 0,62 di alcool a 92° per cavallo-ora, in media Chg. 0,54.

Altre esperienze a Berlino con un piccolo motore « Gnome » non avrebbero accusato che un consumo di Chg. 0,300 d'alcool a 90° per cavallo-ora. Ed il motore Koerting dell'Istituto nazionale delle fermentazioni consumerebbe in normale esercizio Chg. 0,500 d'alcool a 95° per cavallo-ora.

Tutti questi risultati sono vivamente discussi tra i sostenitori dell'alcool e quelli che vi sono contrari.

Nè meno interessanti sono i risultati colle automobili, quelli soprattutto ottenuti con alcool carburato col processo Dusart per mezzo del quale si ottiene alcool a 95° sciogliendo 30 per cento di un carburante di cui l'inventore mantiene il segreto, ma che si compone di idrocarburi di prezzo notevolmente inferiore a quello dell'alcool. Si fecero esperimenti con un triciclo di Dion-Bouton, con un motore Phoenix di 4 cavalli della Società Panhard e Levassor, munito di freno dinamometrico e colle vetture della società Henriod le quali funzionano indifferentemente colla benzina o coll'alcool.

Ed al concorso che ebbe luogo per iniziativa del giornale *Le Vélo* nello scorso aprile, al quale otto concorrenti presentarono automobili che camminavano sia all'alcool che alla benzina, la sola vettura che abbia osato, malgrado il tempo cattivo, effettuare la corsa Paris-Chantilly in andata e ritorno (136 km.) fu quella di Guttin e comp. costruita da Briest e Armand di Villers-Cotterets, la quale munita di motrice di 4 cavalli effettuò la corsa in ore 8 e 8 minuti consumando 8 litri d'alcool, cioè litri 0,30 circa per km., il che corrisponde ad una spesa per chilometro di lire 0,21.

Senza voler estendersi sugli argomenti in favore e contro dell'alcool, che è praticamente preferibile per la mancanza di qualsiasi cattivo odore, il sig. Périssé crede di poter richiamare l'attenzione sia degli agricoltori, sia dei costruttori, sulle seguenti conclusioni:

1° Il sig. Denayrouze avendo dimostrato l'influenza sul potere calorifico dello stato fisico dell'alcool al momento dell'impiego, pare convenga approfittare di quelle esperienze per comporre col mezzo di apparecchi opportuni un miscuglio carburato speciale, e adottando motori di dimensioni calcolate in vista appunto dell'impiego dell'alcool;

2° Che invece dell'alcool ordinario a 90° (contenente il 10 per cento d'acqua ed il 15 per cento di materie estranee, benzina, ecc.), è preferibile l'impiego dell'alcool a 95° come lo producono tutte le distillerie agricole, o meglio ancora l'alcool a 98° mescolato con idrocarburi di buon prezzo i quali favorirebbero la ricchezza del miscuglio esplosivo senza produrre depositi minerali;

3° Bisognerebbe infine che il costo dell'alcool per forza motrice venisse abbassato, con riduzione dell'imposta e di altri diritti o spese per modo che il suo prezzo di vendita all'ingrosso che attualmente in Francia è di lire 0,60 al litro venisse ridotto a lire 0,35 almeno.

*

Il sig. Lecomte prese in seguito la parola per soggiungere che la questione dell'applicazione industriale dell'alcool all'illuminazione, al riscaldamento, ed allo sviluppo di forza motrice doveva essere trattata con molta prudenza. E incominciò dal porre la domanda se la produzione intensiva dell'alcool non poteva divenire anziché un bene, un pericolo di danno all'agricoltura, essendochè non potrebbesi produrre alcool ad un prezzo conveniente se non ricorrendo alla coltivazione della barbabietola, la quale immobilizzerebbe per tal modo troppo grandi estensioni di terreno. Invero un ettaro di terreno non potrebbe produrre più di 45 mila Chg. di barbabietole, ossia 2565 litri d'alcool, e così per sostituire i 320 milioni di metri cubi di gas-luce consumati all'anno in Parigi, occorrerebbero 125 mila ettari di terreno, la superficie intera di un dipartimento. Osserva ancora che in tutti i paesi nei quali prese sviluppo la coltura della barbabietola, si è grandemente peggiorata la qualità della carne da macello in seguito alla sparizione dei pascoli; che d'altronde per distillare 100 Chg. di barbabietole occorrono 9 Chg. di carbone, ossia 72000 calorie, e si ottengono 4,55 Chg. d'alcool a 100° capace di sviluppare appena 31800 calorie, per cui l'alcool sarebbe un accumulatore di calore col rendimento al più del 44 per cento. La combinazione dell'alcool con combustibili più ricchi di carbone, come ha fatto Denayrouze ottenendo una fiamma che si avvicina a quella dell'acetilene, era stata già tentata trent'anni sono col gazogeno Robert mediante un miscuglio d'alcool e di essenza di trementina, ottenendo una luce del tutto simile a quella della lampada Denayrouze. Per cui la vera questione allo stato attuale delle cose si ridurrebbe a poter conoscere se l'idrocarburo del quale il sig. Denayrouze mantiene il segreto, sia così facile ad aversi come il gas luce, se non sia pericoloso, se esso sia ugualmente economico.

Più nessuno chiedendo la parola, il Presidente ringraziava il signor Denayrouze delle sue interessanti esperienze e comunicazioni sull'incandescenza e sull'impiego industriale dell'alcool all'illuminazione ed i colleghi Périssé e Lecomte che pur rendendo giustizia alla bellezza della luce ottenuta dal sig. Denayrouze, posavano una questione di molta importanza e di vera attualità, e di cui la *Société des Ingénieurs Civils* non potrebbe disinteressarsi.

(*Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils*).

Nuovo sistema di ponte in cemento armato. — Il ponte Nus-Fenis attraverso la Dora. — Il 4 giugno i Comuni di Nus e di Fenis (Valle d'Aosta) inaugurarono un ponte sulla Dora, costruito dalla Ditta Granero e Catto di Torino, nel sistema *brevettato* Ferria ing. G. G.; il quale sistema costituisce una interessante novità, pel fatto che l'armatura di ferro non funzionerebbe che durante il periodo della costruzione, e senza avere in seguito alcuna funzione statica. Così si potrebbero ottenere delle arcate in muratura di grande portata, solidissime e perfettamente equilibrate, senza richiedere alcuna di quelle ponderose e costose armature di legno che pel loro valore intrinseco e per i rischi cui sono esposte nei casi di piena, assorbono talora di per sé sole un terzo della spesa totale dei ponti.

Vent'anni sono, sullo stesso luogo, un ponte in muratura cadeva durante il disarmo, e si dovette in furia sostituirlo con una passerella di legno oramai decrepita e pur essa cadente. Il ponte nuovo sostituisce la passerella e si erige sugli avanzi dell'antico, ridotti alle due spalle e a due pile, di cui una in assai cattivo stato.

Ognuno di questi avanzi fu debitamente riparato e su di essi vennero costruite *due arcate laterali* di m. 14 × 1,40 e *una centrale* di m. 18 × 1,80, le quali portano una massicciata stradale della larghezza di m. 4 fra i parapetti.

Il materiale stabilito dal Capitolato era uno smalto di cemento di Casale marca *A* a lenta presa, nella proporzione di uno di cemento per uno e mezzo di sabbia e due di ghiaietta ben lavata.

Ogni arcata rappresenta una volta a botte di m. 0,15 di spessore, rinforzata da tre costoloni di m. 1,75 × 0,33: due frontali ed uno mediano al ponte; e fu costruita come segue.

Si incominciò col mettere nel piano meridiano di ogni costolone una leggerissima centina di ferro, capace di reggere da sola il peso d'un primo anello di conchi di smalto di m. 0,30 × 0,33 × 0,15 bene stagionati e posati sul corrente inferiore della centina, suggellando bene i conchi fra loro con cemento puro. La resistenza dell'anello cooperando con quella della centina permise di collocarne su quello un secondo, molto speditamente, allo stesso modo del primo. Si ottenne così un arco capace di reggere una serie di colonnette di cemento di 2,15 × 0,15 × 0,15

normali alle facciate del ponte e che congiungono i costoloni frontali con quello mediano, spaziate l'una dall'altra di m. 0.70. Ciò fatto, si è ripresa la costruzione dei costoloni con altri conci ad anelli, come sopra si è spiegato, fino a raggiungere il corrente superiore della centina.

Infine furono chiusi i campi lasciati dalle colonnette fra loro, e la volta si trovò così finita e pronta a ricevere i timpani, la cappa e tutte le opere di finimento del ponte.

Frattanto per ottenere che le arcate fossero bene equilibrate, le centine non furono costruite di un pezzo, ma di due; congiunti alla chiave ed alle imposte da una sbarra centrale che loro permetteva di muoversi nello spazio secondo le esigenze dell'equilibrio dei pesi progressivi che andavano ricevendo, come avviene nelle arcate a tre cerniere. Finiti gli archi e la volta, furono chiuse le soluzioni di continuità, e così fu ottenuta indirettamente l'arcata equilibrata ed incastrata.

Una tale disposizione di cose permettendo di conoscere con esattezza dove va a trovarsi la curva delle pressioni, semplifica di molto il calcolo delle arcate, permette di limitare le sezioni resistenti allo stretto bisogno, di sopprimere le parti inutili e limitare per conseguenza i pesi, le spinte, le pile, le spalle e infine il costo della costruzione. Se a questo s'aggiunge il risparmio dell'armatura, la possibilità di valersi della sabbia e della ghiaia locali per fare lo smalto e la celerità del lavoro, si comprende come il sistema Ferria permetta di costruire ponti solidissimi e di un raro buon mercato. Intatti tutto il ponte di 50 m. di lunghezza e 4 di larghezza non ha costato che lire 14,500, comprese le riparazioni alle pile, alle spalle, la sistemazione degli accessi, le spese di progetto, di direzione e i diritti dell'inventore.

(*Monitore delle Strade Ferrate*).

La Galleria del Gottardo ventilata col sistema Saccardo.

— Questa galleria a doppio binario, che, come è noto, è lunga 15 chilometri, dei quali 7177 m. dal lato di Goeschenen sono in salita del 6 per mille, e m. 7823 dal lato d'Airolo in pendenza dell'1,2, finchè fu attraversata da non più di 32 treni (quasi tutti durante il giorno) potè mantenersi di per sé in buone condizioni di respirabilità. Ma dal 1890 in poi il numero suddetto di treni prese ad aumentare, e nel 1897 essendo salito a 60 nelle 24 ore, i lamenti del personale, specialmente nei giorni in cui la ventilazione naturale era debole o quasi nulla, divennero allarmanti. Onde la Direzione, pur avendo in animo di introdurre col tempo la trazione elettrica, si trovò nella necessità di ricorrere d'urgenza all'applicazione del sistema di ventilazione meccanica dell'ing. Saccardo.

L'ing. Saccardo ne fu incaricato nell'aprile del 1898 e il suo apparecchio venne attivato il 16 marzo 1899.

L'impianto fu fatto all'imbocco Nord, cioè a Goeschenen, perchè la corrente naturale predominante nella galleria soffia dal Nord al Sud. E vennero installati due ventilatori soffianti, in ferro del tipo Ser, ciascuno di 5 metri di diametro con pale larghe 40 centim. e con albero del diametro di 18 centim. Il movimento all'albero è comunicato da un albero secondario per mezzo di puleggie con 10 corde di canape, e l'albero secondario riceve con ruota dentata il movimento da una macchina-locomotiva, provvisoriamente adoperata come macchina fissa, finchè sia ultimato l'impianto di un motore idraulico azionato con una condotta derivata dal torrente Rems.

Il corpo dei ventilatori è riunito mediante due canali ad una camera d'aria contornante la galleria e comunicante con questa da un sol lato con apertura anulare a forma di ugello.

Le spese d'impianto, esclusa la motrice, ammontarono a 180 mila lire.

Fra le molte osservazioni fatte dal 16 marzo in poi, notiamo quella del 20 giugno fattasi a 500 metri dall'imbocco Goeschenen, quando una corrente atmosferica in direzione sud-nord di 2 metri al secondo fu trasformata in poco tempo, e malgrado nella galleria stessa transitasse un treno-mercì nella medesima direzione della corrente naturale, in una corrente contraria, cioè dal nord al sud di m. 2.60 al secondo, facendo i ventilatori 100 giri al minuto primo e sviluppando la motrice una forza di circa 400 cavalli effettivi. In tali condizioni la quantità d'aria pura mandata in galleria dai ventilatori poteva valutarsi a circa 300 metri cubi al minuto secondo.

Le spese d'impianto fino ad ora ammontarono a 180 mila lire, esclusa la motrice, ed i vantaggi ottenuti sono la possibilità di un transito sicuro per oltre 60 treni al giorno, il sollecito sgombramento del fumo e la mancanza di ogni cattivo odore per modo che la manutenzione dei binari riesce pure più facile e meno dispendiosa.

(*Rivista Tecnica Emiliana*).

Statue in rame ottenute colla galvanoplastica. — La Società metallurgica di Sedrina (Bergamo) ha eseguito in galvanoplastica due statue grandi al naturale, rappresentano l'Annunciazione, ed ordinate dalla parrocchiale di Verdello.

Il progetto è dell'esimio architetto Muzio; il bozzetto delle statue fu eseguito dallo scultore Pozzi di Milano; le statue in grandezza naturale vennero modellate dallo scultore Giacomo Manzoni di Bergamo.

Le due statue, fuse col processo galvanico in sottile ma resistente lamina di rame, sono coperte di una patina di argento opaco; la freschezza delle modellature, l'impronta del tocco nella creta sono perfettamente riprodotte col processo galvanico e l'opera pare uscita viva e perfetta dalle mani dell'artista.

Quest'opera, pregevolissima per il modo con cui furono concepite e condotte le statue, è soprattutto notevole, perchè rappresenta un tentativo di richiamare la statuaria ecclesiastica a un indirizzo più conforme alle tradizioni, ricercando la bellezza dell'opera nel valore della forma espressiva.

(*Monitore tecnico*).

BIBLIOGRAFIA

GUIDI ing. prof. CAMILLO. — **Lezioni sulla Scienza delle costruzioni**, date nella R. Scuola d'Applicazione per gli Ingegneri in Torino.

Parte II: *Teoria dell'elasticità e resistenza dei materiali*. Terza edizione. Vol. di 240 pag. con 114 figure nel testo e 6 tavole.

Parte V: *Spinta delle terre, muri di sostegno delle terre e delle acque*. Terza ediz. Vol. di 40 pag. con 32 figure nel testo e 2 tav. Torino, Tip. Camilla e Bertolero, 1898 e 1899.

Nel volume XXII di questo stesso periodico abbiamo parlato a lungo delle *Lezioni sulla Scienza delle costruzioni* del prof. Guidi, quando alcune Parti di esse solamente erano state pubblicate in tipo, e le altre in autografia, facendo voti che presto tutte le Parti si dessero fuori in tipo. Ora, con vero piacere, segnaliamo ai lettori dell'*Ingegneria* che colla pubblicazione delle Parti II e V sopra annunciate, tutta l'Opera è stampata, e che di essa l'edizione attuale è la terza.

Dopo la particolareggiata bibliografia che abbiamo data nel volume XXII del presente periodico, non è necessario di parlarne nuovamente; tuttavia è bene constatare, che in Italia è l'unica opera di questo genere così completa non solo, ma all'altezza dei tempi ed al corrente dei progressi più recenti della Scienza delle costruzioni. Constatiamo pure che è la terza edizione nel breve periodo di un decennio, avvenimento rarissimo per non dire unico nelle pubblicazioni scientifiche; e una tale circostanza basta da sé a dimostrare il valore dell'opera del prof. Guidi.

È scritta con quella sobrietà che è particolare alle pubblicazioni del Guidi, ma nello stesso tempo con facilità di stile, precisione di espressioni, naturalezza di esposizione, che rendono la materia, arida per sé stessa, interessante, di facile percezione, e la lettura del libro così agevole da non stancare mai. Questo è merito grandissimo, specialmente dal punto di vista dal quale noi giudichiamo l'opera, già altre volte esposto, poichè sebbene il suo Autore l'abbia destinata in prima linea agli allievi della Scuola d'Applicazione che frequentano il suo Corso, noi troviamo che non solo è testo per tutte le altre Scuole d'Applicazione del Regno, ma potrà leggersi con uguale profitto dagli Ingegneri provetti, che non hanno più tanta familiarità coi libri didattici. E in Italia mancava appunto un libro di questa natura, che potesse servire di guida sicura e unica, offrendo all'Ingegnere in pratica tutto ciò che è necessario, senza obbligarlo a consultare altre opere e doversi così da sé formare un programma.

Sembrirebbe che la laconicità colla quale il libro è scritto dovesse nuocere alla sua chiarezza; ma invece, ripetiamolo, è qualità che distingue le pubblicazioni del Guidi, di evitare le digressioni, che stancano il lettore, e di non essere arido, ma piacevole, appunto per la chiarezza e scorrevolezza dello stile. Queste lodi ci vengono dal cuore dopo di avere lungamente letto nei due volumi annunciati, e sebbene nella loro apparenza sembrano non affatto diversi dall'edizione precedente, pure ad ogni paragrafo, e spesso ad ogni numero, si sente che l'Autore, prima di liberare il suo libro per la stampa, vi ha ripensato, ha considerato di nuovo tutte le questioni in rapporto a quello che ne hanno scritto altri autori stranieri, che vanno per la maggiore, e talvolta ha corretto, talvolta ha aggiunto, e talaltra ha conservato la dizione primitiva. Si sente ad ogni pagina questo lavoro dell'Autore, condotto con somma coscienza, desiderio di nulla trascurare che fosse meritevole, ma nell'istesso tempo giudizio proprio, sicuro e bene illuminato.

Noi, che abbiamo in questi ultimi anni tenuto dietro alle pubblicazioni di Bach, di Föppl, di Müller-Breslau, di Keck e di altri ancora, abbiamo letto i due volumi del Guidi nella loro nuova veste con vivissima simpatia, e quanto abbiamo scritto più sopra, lo sentiamo profondamente, e vorremmo potere comunicare ai lettori dell'*Ingegneria* tutta la nostra impressione; ma il meglio che possiamo fare è di raccomandarne vivamente la lettura.

Teramo, 13 luglio 1899.

GAETANO CRUGNOLA.