

DELLA RESISTENZA E DELL'URTO
DEI FLUIDI

MEMORIA

DI VITTORIO FOSSOMBRONI

Ricevuta il dì 4. Novembre 1801.

AVendo adesso potuto riprendere in considerazione i risultati di alcune esperienze da me instituite nell' anno 1795., e tanto essi, quanto altre analoghe idee relative al movimento dei fluidi, e al regime dei Fiumi, e dei Canali artefatti, interessando la moderna Idrometria non ho creduto doverne differire la pubblicazione.

L' Inglese Sig. Robins nel suo Trattato sull' Artiglieria è stato uno dei primi a far delle riflessioni estese in proporzione del bisogno sulla influenza che ha nella resistenza, e nell' urto dei fluidi il modo con cui le molecole di essi passano alla parte posteriore del solido che soffre l' urto, o la resistenza. Chi conosce le ipotesi, e le teorie del Commendator Juan Spagnolo seguite ultimamente con maggior cautela dall' ingegnoso e fertile Geometra Francesco Prony, e le esperienze del Cav. du Buat, ed il Classico esame delle Resistenze dei fluidi fatto dai tre Luminari della Francia D' Alembert, Condorcet, e Bossut nel 1777., dalla stessa varietà, e moltitudine di vedute e di fatti resta persuaso della opportunità di appurare ulteriormente qualche elemento appartenente a questa dottrina.

Mi sembrò pregio dell' opera principiare a certificare in genere l' influenza sopraccennata della maggiore, o minor facilità con cui il fluido resistente, o urtante passa dalla parte anteriore alla posteriore del solido, e perchè le esperienze

Tomo IX.

E e e e

ze

ze parlassero senza equivoco, credei espediente isolare l'elemento in questione, il più che fosse possibile dagli altri, che esaminati per lo più insieme anche dai più sagaci sperimentatori, ed offrendosi contemporaneamente allo sguardo contribuiscono l' un coll' altro a celarsi, ed a nascondere la desiderata verità. Immaginati pertanto una sottile, ma rigida lamina di ferro larga un braccio quadro, e situata orizzontalmente nell' acqua, attaccata per i quattro angoli ad un cordoncino che accavalciava due agilissime pulegge, e portava all' altra estremità un peso da variarsi a piacere, sicchè a misura che questo discendeva, veniva a muoversi verticalmente a traverso all' acqua la lamina parallelamente alla sua orizzontale posizion primitiva.

Considerai che se le molecole fluide si gettano dalla posteriore parte del corpo per la pressione del fluido che a ciascheduna di esse sovrasta, a misura che la lamina di ferro s' avvicinasse alla superficie dovevano diminuire le colonne prementi, e per conseguenza anche l' energia del fluido nel prender posto di dietro alla lamina sollevata, e quindi crescere la Resistenza.

Stabilii pertanto un regolo di legno verticale diviso in braccia Fiorentine prossimo alla linea che descriveva il peso motore nella sua discesa, acciò giunto il moto ad una sensibile equabilità io potessi accorgermi, se in egual tempo si descrivessero dalla lamina traversante il fluido eguali intervalli. Trovai, come vedremo, maggiore il tempo occorso per descrivere gli ultimi intervalli, e per conseguenza esservi un non equivoco aumento di Resistenza nel diminuire la distanza della lamina dalla superficie del fluido.

Ecco i risultati degli esperimenti che se non hanno tutta quella ubertà di apparato che mi son proposto nel gran piano di esperienze che ho immaginato per illustrare questa teoria, non ostante per la loro moltitudine, e conformità, sembrano che servano per ora, se non ad assegnare la legge con cui questo principio influisce, almeno a mostrare l' irrefragabilità della sua esistenza.

Nel-

Nella Tavola seguente la prima colonna dimostra i numeri dei risultati, la seconda i diversi pesi motori espressi in Oncie Fiorentine; la 3.^a, e 4.^a i tempi espressi in minuti secondi impiegati a percorrere due spazi eguali, ciascheduno della lunghezza di un B.^o Fiorentino, dopo aver percorso uno spazio indeterminato per giungere alla equabilità; e l'ultima le differenze dei tempi medesimi espresse in centesime di secondo. In questa, e nelle seguenti Tavole ogni risultato è il medio di cinque, di sette, e fino di dodici esperimenti. I risultati 4.^o, e 5.^o di questa Tavola che aberrano dalla legge degli altri furono raccolti da esperimenti riconosciuti per dubbiosi avanti di ottenere i risultati medesimi.

TAVOLA I.

Numeri dei Re- sultati	Pesi Mo- tori Oncie	Tempi del pri- mo Intervallo in 1"	Tempi del secon- do Intervallo in 1"	Differenze
1	5	5, 56	5, 87	0, 31
2	5	4, 38	4, 97	0, 59
3	9	4, 07	4, 47	0, 40
4	14	3, 66	3, 56	— 0, 10
5	15	3, 50	3, 33	— 0, 17
6	17	3, 29	3, 52	0, 23
7	20	2, 83	3, 23	0, 40

La seguente Tavola seconda offre gli stessi risultati dipendentemente da una variazione indotta nell'apparato, consistente nel far percorrere alla lamina dopo giunta alla equabilità tre spazi in vece di due soli, e ciascheduno di essi della lunghezza di $\frac{7}{6}$ di B.^o Fiorentino, e quindi cresce una colonna per le differenze tra i tempi dei secondi, e dei terzi intervalli.

TAVOLA II.

Numeri dei Risultati	Pesi Me- tori Ouncie	Tempi del primo In- tervallo in 1"	Tempi del secondo Intervallo in 1"	Tempi del Terzo In- tervallo in 1"	Differenze tra i primi tempi e i secondi	Differenze tra i secon- di tempi, e i terzi
1	5	7, 38	7, 55	7, 65	0, 17	0, 08
2	15	4, 75	5, 64	5, 67	0, 91	0, 03
3	20	4, 58	4, 60	5, 04	0, 02	0, 44
4	30	3, 47	4, 21	4, 42	0, 74	0, 21
5	34	3, 20	3, 36	3, 36	0, 16	0, 00
6	37	3, 18	3, 38	3, 44	0, 20	0, 06
7	39	2, 65	3, 00	3, 35	0, 37	0, 33
8	42	3, 30	3, 10	3, 30	-0, 10	0, 20
9	43	2, 25	2, 50	3, 30	0, 25	0, 80
10	47	2, 12	3, 00	3, 24	0, 88	0, 24
11	52	2, 12	2, 15	2, 30	0, 03	0, 15

I diciotto risultati raccolti da un sì gran numero di esperienze e compresi in queste due Tavole non mi permisero di porre in dubbio l' aumento che subisce la Resistenza quando il solido si muove più vicino alla superficie del fluido. Il Cav. de Borda nelle Memorie di Parigi nell' anno 1767. si incontrò in un risultato analogo che giova qui di riportare. Faceva esso muovere una sfera di 59 Linee di diametro orizzontalmente dentro all' acqua, e con un pendolo a mezzi secondi osservava in quanto tempo la sfera terminava due spazi eguali. Egli trovò come può vedersi dalla seguente Tavola, che animata dal medesimo peso la sfera impiegava sempre minor tempo a percorrere il dato spazio, quando lo percorreva 6 pollici sotto la superficie, che quando lo percorreva due Linee sotto la superficie medesima. Si osservi la Tavola seguente rilevata dalle osservazioni di questo Geometra, ed osservazioni tanto meno soggetto a preven-
zio-

zione in quanto che occorre all'Autore medesimo, senza che fossero il diretto oggetto delle sue ricerche.

TAVOLA III.

Pesi mo- tori	Vibrazioni del pendolo es- sendo la sfe- ra immersa 6 pollici sot- to la superfi- cie del flui- do.	Vibrazioni del pendolo es- sendo la sfe- ra immersa due Linee sotto la su- perficie del fluido
3 Oncie	171 $\frac{1}{4}$	173 $\frac{1}{2}$
2 Libbre	84	87 $\frac{1}{2}$
3 Libbre	42	47 $\frac{1}{4}$

Ma per assicurarmi che tale modificazione delle Resistenze nascesse dall'elemento in questione, cioè dalla maggiore, o minor facilità con cui il fluido passa dall' anterior parte del solido alla posteriore, credetti necessario variare le esperienze nel modo seguente. Stando fermo l'istesso apparato, variò soltanto la situazione della stessa lamina di ferro dalla orizzontale alla verticale, obbligandola ad ascendere a traverso al fluido per il suo taglio di grossezza insensibile. Immaginati che se veramente la diminuita facilità con cui il flui-

fluido si getta dalla anteriore parte del solido alla posteriore sia quella, che produce l' aumento di resistenza, qualora l' istessa lamina si muovesse verticalmente, e per taglio, non avrebbe avuto più luogo il rimpiazzo del fluido alla posterior parte del corpo, e per conseguenza il fenomeno sopra esposto, se era prodotto da questa causa, non doveva più comparire. Anzi attesa l' insensibile grossezza della lamina, in questo caso la Resistenza non poteva nascere altronde che dalla pressione, ed attrito del fluido sopra ambedue le verticali superficie della lamina, e dovendo necessariamente la pressione, e l' attrito diminuire all' avvicinarsi di essa alla superficie, era probabile che s' invertesse l' ordine delle Resistenze, e diminuissero esse a misura che la lamina si approssimava alla superficie del fluido. Ecco i risultati di questo tentativo nella seguente

TAVOLA IV.

Numero del Risultati	Pesi Motori Onzie	Tempi del primo Intervallo in 1°	Tempi del secondo Intervallo in 1°	Tempi del terzo Intervallo in 1°	Differenze tra i primi e i secondi	Differenze tra i secondi e i terzi.
1	5	2, 25	2, 10	2, 01	0, 15	0, 09
2	7	2, 30	2, 48	2, 40	0, 12	0, 08
3	10	2, 05	2, 00	1, 98	0, 05	0, 02
4	15	1, 60	1, 41	1, 36	0, 18	0, 06
5	25	1, 27	1, 00	1, 00	0, 27	0, 00

Avendo pertanto in tal guisa levata ogni sensibile influenza alla maggiore, o minor facilità con cui il fluido si getta dalla parte posteriore del corpo esposto alla resistenza (mentre la lamina non aveva grossezza considerabile a questo riguardo) resta non solo confermato ciò che suggeriscono i
pre-

precedenti risultati, cioè che le resistenze crescono quando il solido è più distante dalla superficie del fluido, ma ancora è manifesto che la pressione delle colonne fluide superincombenti alle molecole aderenti al solido influisce sulla Resistenza che il solido risente dalle molecole stesse. E riflettendo alla corrente del fluido che si forma dalla anterior parte del solido alla posteriore, si scorge che la sopraccennata pressione deve influire in questa corrente, la quale modifica le resistenze, o queste in conseguenza vengono a dipendere assai dalla maggiore, o minor facilità con cui il fluido si getta dalla parte posteriore del corpo; e levandò questa circostanza almeno sensibilmente, mediante la nostra lamina verticale abbiamo ottenuto nell'avvicinarsi alla superficie un aumento di Resistenza, dal che l'influenza della corrente che si forma attorno ai solidi esposti alle Resistenze, cioè della facilità con cui il fluido si getta al di dietro di essi (quando non sono nel caso della nostra lamina verticale), si è venuta mirabilmente a porre in evidenza.

Ho voluto ulteriormente illustrare questa verità con una indagine fatta sulle esperienze di D' Alembert, Condorcet, e Bossut nel 1777., le quali sebbene destinate particolarmente ad altro scopo mi hanno potuto fornire delle combinazioni, onde costruire altre tre Tavole di risultati coerenti al mio divisamento, avendo così da quell'Opera eccellente potuto dedurre delle verità forse neglette dai tre celebri Autori, come si negligono dai raccoglitori delle ampie messi molte spighe che restano a profitto di chi anche da lungi gli segue.

Tra i piccoli Battelli posti a prova nell'esperienze del 1777. ve ne era uno segnato ivi di numero 3, il quale aveva la fronte rettangolare con la sua orizzontale larghezza di un piede e mezzo in circa. Questo Battello fu mosso per l'istessa lunghezza di 50 piedi in un'acqua stagnante con celerità diverse e con diverse profondità di immersione, in ciascheduna delle quali però rimaneva una parte di esso fuori della superficie dell'acqua, sicchè veniva sempre a formarsi sulla sua fronte
quel-

quella elevazione, o labbro di fluido che i Francesi chiamano *Remou*, e del quale fu in ogni esperienza osservata l'altezza. È noto che questo Labbro è prodotto dalle particelle di fluido che si accumulano avanti al solido che progredisce, non potendo cedere ad esso il luogo con tanta velocità quanta sarebbe necessaria, acciò il livello del fluido stagnante non si inalzasse avanti al solido; è chiaro inoltre che questo Labbro di fluido sarà a pari circostanze del resto tanto minore, quanto sarà maggiore la facilità con cui le dette particelle lambendo i lembi del rettangolo passeranno dalla anterior parte di esso alla posteriore.

Ciò posto io considerai che qualora la pressione del fluido superincombente a ciascuna particella aderente al lembo del solido, influisca a farla passare dalla anterior parte di esso alla posteriore, è indubitabile che se il solido progredisca sempre con la stessa celerità, ma si aumenti l'immersione di esso sotto la superficie del fluido, sicchè per esempio in vece di una fronte profonda sotto la superficie un solo piede, ne abbia una di egual larghezza, ma profonda di piedi due, le molecole acquee aderenti al lembo del secondo, e più profondo piede di superficie debbono esser premute da colonne più alte di fluido, e se la pressione di queste colonne coopera al passaggio delle molecole stesse dalla anterior parte alla posteriore, la superficie anteriore esposta alla resistenza si accrescerebbe in minor proporzione di quello che si accresse la pressione delle colonne superincombenti alle molecole che incontrano il solido, e per conseguenza esse molecole si troverebbero in proporzione più disposte per questo aumento di profondità del solido a passare alla posteriore parte di esso; e quindi il loro cumulo sulla parte anteriore, ed il Labbro di fluido che indi si produce dovrebbe nell'aumentarsi la profondità del solido, almeno in proporzione diminuire. Tanto appunto riscontrai accadere effettivamente consultando le altezze di questi *Remou*, o Labbra di fluido misurati nelle esperienze del 1770. Dai paragoni che ho fatto di tali espe-

espe-

esperienze si raccolgono le tre seguenti Tavole, in ognuna delle quali la prima colonna esprime in mezzi minuti secondi il tempo impiegato dal Battello a percorrere 50 piedi; la seconda porta in testa in pollici, e linee segnata la profondità dell'immersione del Battello, e con i numeri corrispondenti verticalmente sottoposti esprime in linee l'altezza del Labbro fluido che si sollevava sulla parte anteriore del Battello; la terza colonna finalmente porta in testa descritta in pollici, e linee la maggior profondità d'immersione del Battello stesso, e con i corrispondenti numeri verticalmente sottoposti dimostra quante linee si sollevava il Labbro di fluido sulla parte anteriore del Battello in ogni corsa.

TAVOLA V.

Tempi impiegati a percorrere 50 piedi espressi in mezzi i'	Altezza espressa in linee Parigine del Labbro di fluido camminando il Battello alla profondità di pollici 7, e linee 10.	Altezza espressa in linee Parigine del Labbro di fluido camminando il Battello alla profondità di Pollici 12, e linee 10.
51, 49	18	15
47, 00	18 $\frac{1}{2}$	17
38, 53	28	24
33, 40	42	34
36, 20	55	29

TAVOLA VI.

Tempi impiegati a percorrere 50 piedi espressi in mezz' 1 ^o .	Altezza espressa in linee Parigine del Labbro di fluido camminando il Battello alla profondità di pollici 7, e linee 10	Altezza espressa in linee Parigine del Labbro di fluido camminando il Battello alla profondità di pollici 15, e linee 10
50, 75	18	15
46, 50	$18 \frac{1}{2}$	18
33, 69	42	39
38, 57	28	$27 \frac{1}{2}$

TAVOLA VII.

Tempi impiegati a percorrere 50 piedi espressi in mezz' 1 ^o .	Altezza espressa in linee Parigine del Labbro di fluido camminando il Battello alla profondità di pollici 12, e linee 10	Altezza espressa in linee Parigine del Labbro di fluido camminando il Battello alla profondità di pollici 15, e linee 10
46, 50	17	18
38, 70	24	$27 \frac{1}{2}$
36, 50	29	33
33, 69	34	39

Dalla Tavola 5.^a, e 6.^a si scorge una effettiva diminuzione del Labbro di fluido quando il Battello è più profondo, sebbene il numero delle molecole che debbono sbarazzarsi dall' anterior parte del solido, sia per rispetto alla superficie che incontra la Resistenza cresciuto anco più della metà, come è nel caso dell' aumento d' immersione dai 7 pollici ai 15; e quindi è chiara l' influenza della pressione delle più alte colonne fluide, e se ne manifesta la preponderanza sull' aumentato numero delle molecole. Nè farà specie se nella Tavola 7.^a non si riscontra una assoluta diminuzione, mentre facendosi allora il paragone tra le due profondità di pollici 12, e linee 10 con 15 pollici, e linee 10, 3 pollici non sono relativamente a 12 un aumento capace di produrre una pressione molto maggiore, come facilmente si manifesterà a chiunque vi faccia una mediocre riflessione.

Venendo adunque da tante, e così varie esperienze convalidato il raziocinio, il quale suggerisce che la maggiore, o minore facilità con cui le molecole fluide (dipendentemente dalla pressione delle superincombenti ad esse) passano dall' anterior parte del solido alla posteriore, influisce significativamente nelle intensità delle Resistenze, o degli urti dei fluidi, la spiegazione di vari fenomeni, ed il tentativo di istituire qualche calcolo meno lontano dall' esattezza vengono a facilitarsi.

Primieramente il repentino e quasi saltuario aumento eccessivo di resistenza osservato da Robins, quando le palle delle armi da fuoco traversano con una grandissima celerità l' Atmosfera, si conferma non altronde dipendere (come altri sospettò) che dall' esser maggiore la celerità con cui la palla si muove, di quello che sia in quel caso la celerità con cui l' aria si getta dalla parte posteriore della palla a rimpiazzarne il posto, e per conseguenza restar la palla medesima esposta a tutta l' azione anteriore dell' aria senza alcuna forza che di dietro la contrabbilanci. In seguito resta egualmente spiegato il fenomeno sopraccennato occorso al

Cav. de Borda, e riferito da lui senza fermarsi ad indagarne la causa. La sua sfera alla profondità di 6 pollici doveva più facilmente sbarazzarsi dalle molecole fluide, e per conseguenza soffrìne Resistenza minore che alla profondità di due sole linee. In simil guisa, e per l' istessa ragione, si vedono i pesci ammaestrati dalla Natura, che volendo passare rapidamente da un punto all' altro dell' acqua preferiscono alla linea retta una curva più lunga, ma che offre minori difficoltà al loro passaggio, profundandosi sotto lo strato d' acqua a cui si trovano; e non mancano Nuotatori i quali hanno sperimentato, che il passaggio di qualche corrente veniva loro facilitato profundandosi sotto la superficie dell' acqua.

Parimente i tre celebri Autori delle esperienze dell' anno 1777. nel cap. V. sezione II. della loro eccellente Opera sopra citata, esaminando le Resistenze alle diverse ampiezze di superficie mosse con velocità costanti, trovarono che quando l' ampiezza cresce orizzontalmente, le Resistenze crescono in maggior proporzione che le superficie, ed in proporzione minore quando cresce l' ampiezza della superficie verticalmente. Ambedue questi fatti discordano (sebbene in senso opposto) dalla comune teoria. Spiegano il primo caso quei dottissimi Uomini facendo una general riflessione sulla difficoltà maggiore colla quale il fluido può liberarsi dalla maggior superficie che l' urta, „ car plus la surface est „ grande, plus l'eau qu'elle pousse continuellement devant „ elle a de peine à se détourner, et à se remettre de „ niveau avec le reste du fluide „, con che sembra abbiano voluto intendere la maggior difficoltà con cui il fluido può portarsi alle dilatate estremità laterali, altrimenti, „ la Surface „ est plus grande ancora quando cresce verticalmente; eppure accade precisamente l' opposto, come essi rilevano al §. 19. ove accennano il secondo caso senza altrimenti fermarsi a discuterlo. Inerendo però alle vedute fino ad ora da me esposte, e considerando che le molecole fluide nel passare più facilmente dalla parte anteriore del solido alla posteriore,

re, non solo diminuiscono la Resistenza con liberare la strada che il solido deve percorrere, ma ancora con gettarsi a contrabbilanciare dalla parte posteriore una porzione dell'azione che il solido stesso subisce sulla anteriore, ne segue che l'ampiezza di superficie aumentata verticalmente favorisce questi due elementi, e perciò deve scemare in proporzione la Resistenza, al contrario appunto di ciò che per l'istesse cause deve succedere quando l'ampiezza di superficie cresce orizzontalmente.

Sembra a prima vista che contrasti con questa teoria l'autorità del celebre Commendator D. Giorgio Juan, allorchando asserisce che una tavola rettangolare mossa con il suo lato maggiore orizzontale soffre minor Resistenza, che posto il lato medesimo verticale, ma bisogna riflettere ad una diversità sostanzialissima che vi è tra il caso fino ad ora da me contemplato, e quello avuto in mira dal citato Geometra.

Io ho considerato finora una porzione del corpo immerso sempre fuori della superficie dell'acqua, come portano le esperienze Parigine del 1777, laddove il Geometra Spagnolo sottintende dovere in ambedue i casi il suo rettangolo essere totalmente immerso sotto la superficie, e che o sia orizzontale, o verticale il maggior lato, il centro del rettangolo resti sempre ad una egual distanza dalla superficie del fluido in cui si muove.

Con questa condizione, lungi dall'opporci, combina a meraviglia il fenomeno da lui esposto, e viene anzi all'appoggio della considerazione del passaggio del fluido dai lembi del rettangolo, dipendentemente dalle colonne fluide superincombenti. Infatti assumendo una ipotesi delle velocità che queste colonne possono produrre sulle sottoposte molecole, l'analisi somministra facilmente un'espressione approssimata della somma delle celerità con cui le molecole fluide passeranno dai lembi del rettangolo al didietro di esso, e

questa somma si troverà maggiore nel caso del maggior lato orizzontale, che nel caso del maggior lato verticale.

Discendono ancora da questi miei stessi modi di vedere le Resistenze, e gli urti dei fluidi altre conseguenze, della novità ed importanza delle quali giudicheranno gli Idraulici. Non sono molti anni che non si ripete più esser l' istessa cosa, o che un solido si muova dentro un fluido con una data celerità, o che con la celerità medesima il fluido incontri egualmente il solido. Si è appreso in una parola da poco in quà esservi una differenza tra la Resistenza, e l'Urto de' fluidi indefiniti; ben inteso che si conosceva ancor prima che le vene fluide urtanti i solidi osservavano delle leggi particolari. Ignorasi però tuttora un principio onde dedurre questa differenza, ed assegnarne la misura con il calcolo, come sembrami tentabile per mezzo delle precedenti mie considerazioni nel modo seguente.

Nel caso in cui un piano rettangolo di insensibile grossezza si muova in una situazione verticale orizzontalmente in un fluido stagnante, restandone una porzione fuori della superficie, si eleva il Labbro dalla parte anteriore, come si escava una concavità dalla posteriore, e si forma una corrente di fluido dalla anteriore alla posterior parte del solido, la qual corrente ha la pendenza del suo pelo limitata tra la massima altezza del Labbro, e la minima della concavità. I lembi del rettangolo sono continuamente lambiti dalle molecole fluide che contribuiscono a questa corrente. Consideriamo una di tali molecole, e converremo che la primaria causa del suo moto consiste nel moto progressivo del rettangolo, il quale dislivella il fluido, e dà luogo all' azione della colonna fluida che ad essa molecola sovrasta, la quale colonna premente eccita nella molecola una celerità con cui essa si getta nel senso della corrente; cioè dalla parte posteriore del corpo strisciando presso la superficie posteriore, ove l'abbassamento del fluido si rende più sensibile.

Stando così le cose nel caso della resistenza del fluido
con-

consideriamo la molecola stessa, (nelle stesse circostanze quanto al resto) ma nel caso dell'urto del Fluido, cioè quando il rettangolo stà fermo, ed esposto all'urto perpendicolare della corrente. Allora si forma parimente il Labbro, e la concavità, e la corrente limitata tra la massima altezza del Labbro, e la minima della concavità non è più l'unica dislivellazione che esista nel fluido, il quale già ne aveva una, perchè il fluido non era stagnante, ma corrente. E per conseguenza venendo in questo caso la molecola eccitata al moto dalla corrente che si forma attorno al rettangolo, essa non resta unicamente affetta di quella celerità che quindi può venirgli impressa, perchè ne aveva già un'altra dipendente da quella comune alla corrente di tutto il fluido, all'urto del quale è esposto il rettangolo.

Per brevità chiamerò corrente parziale quella che si forma attorno al corpo nell'urto, o nella Resistenza, corrente totale quella di tutto il fluido in mezzo al quale stà fermo il solido urtato, e supponendo che il Lettore possa da sè per ajuto della immaginazione formarsi una figura, mi dispenso dal descriverla nello spiegare il mio concetto.

La celerità impressa dalla corrente parziale sarà diretta come nel caso della Resistenza nel senso della corrente stessa, cioè prossimamente nel piano del rettangolo, e quella impressa dalla corrente totale sarà pressochè normale al piano medesimo, l'intensità poi di ciascheduna di queste due celerità verrà a regolarsi sulla pendenza rispettiva del pelo delle correnti onde nascono, dal che può inferirsi che la prima sarà per lo più non poco maggiore della seconda. Dunque la celerità con cui effettivamente la molecola passerà alla posterior parte del rettangolo sarà composta di queste due, e la direzione di essa divergerà dal piano del rettangolo, mentre nel caso della Resistenza era prossimamente nel piano stesso.

Riflettendo pertanto che le molecole fluide che si gettano dalla parte posteriore del rettangolo vengono con la loro

ro presenza a contrabbilanciare da quella parte porzione dell' azione che il solido soffre dall' altra, o sia, come altri dicono, a diminuire la non pressione, ne seguirà che nel caso dell' urto le molecole fluide si accumuleranno sulla posterior parte del rettangolo con minor facilità, che nel caso della Resistenza, e così l' azione esercitata dal fluido sulla parte anteriore resterà men energica nel caso delle Resistenze, che nel caso dell' urto; e questa sembrami che sia la caratteristica e non osservata differenza tra un caso, e l' altro.

Essendo le celerità dipendenti dalla corrente parziale assai variabili corrispondentemente ai lembi verticali del rettangolo, e quelle dipendenti dalla corrente totale (che ordinariamente non è rapida) volendosi in questo caso supporre costanti, le direzioni delle celerità risultanti in ogni molecola che è su i lembi formeranno una superficie, della quale il calcolo può facilmente dare l' Equazione. I differenziali di questa superficie apparterranno ai differenziali di un solido, dall' integrazione dei quali potrà prendersi regola per modellare la figura da darsi alla poppa dei Bastimenti, e specialmente di quelli destinati a rimontare contro le correnti dei Fiumi, o Canali, e mi pare che per mancanza di questa teoria le prescrizioni a tal oggetto suggerite dai Professori sieno suscettibili di ulteriore perfezione.

Introducendo questo elemento per calcolare la differenza tra l' urto, e la Resistenza dei fluidi, non comparisce più sproporzionata la forza necessaria a condurre i Battelli contro le correnti, specialmente nei Canali stretti.

Finalmente anco il fenomeno dei galleggianti, i quali acquistano nell' andare a seconda delle correnti velocità maggiori delle correnti medesime, sembrami che con questo principio possa spiegarsi, e forse con maggiore evidenza di quella che trovasi nel Cav. du Buat (§. 220 della sua opera intitolata *Principes d'Idraulique &c.*) Infatti tostochè un corpo galleggi, è chiaro che la velocità prodotta dalla corrente totale farà sempre divergere le molecole che per la velocità pro-

prodotta dalla corrente parziale andrebbero ad accumularsi dalla parte opposta a quella che soffre l'urto della corrente, la quale adunque aumenterà la velocità del galleggiante fino a tanto, che esso per corrispondente Resistenza corregga l'eccesso della velocità concepita, e pervenga al moto equabile.

Passerò attualmente ad esporre la corrispondenza che mi pare vi sia tra le precedenti speculazioni, e la scala delle velocità nelle acque correnti per i Fiumi, o Canali. Modernamente si sostiene che tale scala sia prescindendo dalle Resistenze o costante, o decrescente, andando dalla superficie verso il fondo, da' molti rispettabili Autori dai quali mi stimerò onorato, se vorranno gettare uno sguardo sugli argomenti che io sono per addurre in contrario, e se con candidezza pari a quella con cui oso proporli si degneranno di rettificargli.

La scala decrescente dalla superficie al fondo, oltre ad alcune teorie affette della dubbiezza indivisibile da siffatta materia, si appoggia ancora a degli esperimenti. Tra i più seducenti sono le Sfere di Mariotte, le Aste Ritrometriche del meritissimo Sig. Bonati, e molte dirette osservazioni del Cav. du Buat riportate nell'Opera sopraccitata. A me sembra che dovendo la Sfera che indica la celerità degli strati inferiori esser di gravità specifica maggiore dell'acqua, come di gravità specifica minore quella che segna le celerità della superficie, possono gli strati inferiori eccedere in velocità i superiori in ragione minore di quella, che ha la gravità specifica della inferiore Sfera a quella della superiore, ed in tal caso resta equivoco se la Sfera inferiore rimane indietro, perchè gli strati inferiori abbiano minor celerità dei superiori, o perchè le forze motrici degli strati, che si paragonano non sieno proporzionate alle masse che devono spingere. Il dubbio prende maggior vigore dal rilievo fatto dallo stesso Mariotte, il quale dice, che sotto il Ponte Reale della Senna (cioè dove per la strettezza degli archi il pelo d'acqua prendeva maggior declive, e la corrente maggior rapi-

dità) la Sfera inferiore precedeva la superiore, dal che si presenta a me l'idea, che ove le celerità erano tanto energiche da rendere meno sensibile la differenza tra le due gravità specifiche delle due Sfere, e da variare l'influenza delle Resistenze del fondo, si manifestava la scala delle celerità non decrescente dalla superficie al fondo, ma crescente, come in ogni corrente non alterata credo che sia.

Le Aste Ritometriche dovendo nell'estremità inferiore essere impiombate, e perciò cadendo assai prossimo ad essa estremità il centro di gravità della parte immersa, sembrami che soggiacciano, per ragioni analoghe all'istesso dubbio promosso sulle Sfere, e quanto agli esperimenti del Cav. du Buat questi sono fatti in Canali di così poca profondità, che le Resistenze del fondo era impossibile che non si facessero risentire negli strati inferiori.

Infatti a pag. 85 e seg. del Vol. II dei suoi principj d'Idraulica, trovansi i risultati delle sue esperienze, e vedonsi fatte in Canali non più profondi di pollici 10, e la maggior parte di 7, di 4, e per fino di due soli pollici di profondità. Egli in tali Canali esperimentò delle Sfere, e dei Mulinetti, e trovò sempre le velocità della superficie maggiori di quelle degli strati sottoposti. Ma non solo si può, come ho avvertito, sospettare la Resistenza del fondo, ma la stessa analisi della sua Tavola offre il fondamento ad un tal sospetto. Si vede ogni volta che il Canale è più profondo, o la corrente è più rapida, ravvicinarsi le velocità degli strati superiori a quella degli inferiori, e questo risultato è così vistoso che lo stesso Autore nelle successive osservazioni principia dal dire = Plus les vitesses à la surface sont pe-

„ tites, plus les vitesses au fond sont avec elles en petit rap-

„ port; & au contraire plus les vitesses à la surface sont

„ grandes, plus celles au fond approchent de les égaler. =

Dal che parmi che sia naturale l'indurre che continuando la progressione, le celerità degli strati inferiori supereranno quelle dei superiori, lo che combina con il caso osservato

sotto il Ponte Reale da Mariotte, l' esperimento del quale fu in un Canale di tre piedi e 6 pollici di profondità ripetuto dal Cav. du Buat.

Mentre compariscono a me soggetti a gravissimi dubbj questi esperimenti, ai quali possono almeno contrapporsi gli esperimenti istituiti con altri metodi da molti antichi e moderni, fra i quali oso citare quelli che io ho fatti con l' Istrumento da me proposto nelle mie Memorie Idrauliche, e che indicano il contrario, credo che le Resistenze dei fluidi provate minori nelle maggiori immersioni conducano ad opinare, che nelle correnti libere, la scala delle celerità debba essere crescente dalla superficie verso il fondo.

Considero la corrente parziale che si forma attorno al solido, il quale restando con una parte di sè fuori dell' acqua, soffre la Resistenza, vedo tale corrente combinata con una pendenza della rispettiva sua superficie, e rilevo che quando il solido s' immerge d' avvantaggio, cioè quando la corrente si fa più profonda, evidentemente passa in egual tempo con tal corrente una quantità d' acqua, che alla quantità che passava prima ha una maggior proporzione che quella della seconda profondità alla prima; dunque ho motivo di concludere che gli strati inferiori di tale corrente aggiunti colla più grande immersione del solido si accelerano con maggior proporzione che i superiori, ed in conseguenza di dedurre che questa sia la naturale economia delle correnti non alterate da Resistenze, e regolate sulla pendenza della superficie.

Che se voglia valutarsi tutto a disvantaggio delle precedenti tre Tavole 5^a, 6^a, e 7^a ciò che avvertono gli Autori delle esperienze Parigine del 1777 nel loro rapporto, cioè che l' osservazione dell' altezza del Remou, ossia Labbro di fluido è soggetta a qualche equivoco, e se voglia negarsi fiducia all' indizio di maggior rapidità della corrente parziale dedotto dal proporzionale decrescimento di questo Labbro, non credo almeno sarà da negligersi il prospetto offerto dagli

stessi Autori, delle Resistenze cresciute in proporzione delle superficie aumentate orizzontalmente, e scemate in proporzione delle superficie aumentate verticalmente, e che a differenza delle tre sopraddette Tavole è senza equivoco, come giova qui il porre sott' occhio, lasciando ciò che non interessa la questione

TAVOLA VIII.

Rapporto delle Resistenze dirette per superficie presso che egualmente immerse, ed inegualmente larghe.		Rapporto delle Resistenze dirette per superficie egualmente immerse, ed inegualmente immerse.	
Pesi calcolati.	Pesi sperimentati.	Pesi calcolati.	Pesi sperimentati.
23, 33	24	21, 15	20
27, 24	28	25, 12	24
30, 83	32	29, 96	28
35, 04	36	34, 15	32
38, 95	40	39, 47	36
40, 74	44	43, 37	40
46, 93	48	46, 64	44
		50, 24	48
Variate le dimensioni.	dimensioni.	Variate le dimensioni.	dimensioni.
20, 15	23	16, 44	16
24, 12	25	18, 86	18
27, 08	28	21, 69	20
29, 80	30	25, 54	24
32, 56	32	27, 89	26
26, 01	38	30, 20	28
		34, 06	30
		36, 37	32

Le Resistenze calcolate nel caso dell' eguaglianza d' immersione sono sempre minori di quelle effettive, e nel caso della disuguaglianza sempre maggiori, ed è notabile che in questo secondo caso l' eccesso è quasi sempre maggiore di quello che sia il difetto nel primo.

Riflettendo adunque che una causa molto energica deve concorrere a produrre questo proporzionale decremento di Resistenza, e che le molecole fluide col passare più facilmente alla parte posteriore del solido non solo scemano il carico alla anteriore, ma ancora tendono ad equilibrarne una porzione accumulandosi dalla parte opposta a quella che soffre la Resistenza, e considerando inoltre che non comparisce altra cagione di questo fatto, altronde innegabile, credo dover persuadermi che gli strati inferiormente aumentati alla corrente parziale hanno maggior celerità dei superiori come fu proposto di provare, e come con qualche piccola varietà di raziocinio, anco dalla Resistenza che scema per i solidi totalmente immersi quando cresce la distanza di essi dalla superficie del fluido, può venire a confermarsi.

Apprendo le differenze che possono rilevarsi tra la precipitata corrente parziale, e le stabilite correnti dei Fiumi, e Canali, e non ignoro che quelli i quali negano la scala delle celerità crescente dalla superficie verso il fondo, ed opinano che sia decresecente, ovvero costante, sicchè tutti gli strati abbiano l' istessa celerità (s' intende sempre prescindendo dalle Resistenze), sono appoggiati, oltre agli esperimenti sopraaccennati, ancora a delle teorie, tra le quali una delle più applaudite è la seguente.

Si fa pertanto l' ipotesi che ogni molecola fluida sia animata al moto da una quantità eguale per tutte, e tal quantità si suppone essere la differenza tra due colonne prossime, che sono necessariamente ineguali attesa la pendenza del pelo della corrente; quindi si conclude che ogni molecola a qualunque distanza sia dalla superficie, subisce l' azione d' una egual pressione della detta differenza tra le due
pros-

prossime colonne, e con questi principj il raziocinio conduce facilmente alle indicate conseguenze.

Io comprendo bene che dati due Tubi comunicanti, nei quali l'acqua sia tenuta forzatamente ad ineguale altezza, ogni molecola compresa tra il fondo, e la minore delle due altezze, sarà esposta a subire l'azione della differenza tra le due altezze del fluido, ma sia prevenzione per antichi insegnamenti, sia limitazione di talenti, non giungo a comprendere, come questo possa realizzarsi quando tutte le molecole componenti tanto la più alta, quanto la meno alta delle due prossime colonne, sono non in equilibrio ma in moto.

Aggiungo che quando osservo le onde, e le increspature della sola superficie di un Fiume, non si presentano le molecole delle correnti come mosse con direzioni sì varie, ed intralciate che non so come ammettere per unica e costante forza motrice quella risultante dal peso della differenza tra le due prossime colonne.

Nella difficoltà di tracciare i moti particolari delle molecole credo, che prescindendo da ciò che i fatti sieno direttamente o indirettamente per suggerire, faccia d'uopo partirsi, e prender lume, ove possibil sia, da qualche principio generale. A me sembra che tale ne sia uno, il quale io chiamerò *Tendenza del fluido a spianarsi*. E' chiaro che ogni fluido, prescindendo dagli ostacoli solidi, e dalle chimiche affinità e rispettive particolari attrazioni dei suoi componenti, abbandonato sopra una porzione di quella superficie che le leggi della gravità assegnano al Globo terrestre, vi si spianerebbe sopra distendendosi fino all'ultima sottigliezza competente alle sue componenti molecole.

Io penso che sebbene l'attualità di tale spianamento non accada, sia però indivisibile dal fluido la tendenza a spianarsi, e questo principio abbracciando il moto e l'equilibrio, comprende il principio statico dell'eguaglianza di pressione in tutti i sensi, e se ne deducono molte altre proprietà generali, che dimostrerò in altra occasione, in cui

mi propongo di esporre come possa esprimersi analiticamente.

Frattanto inerendo a questo, io considero un Vaso cubico pieno d'acqua in equilibrio, e suppongo che momentaneamente si tolgano le verticali pareti del Vaso, sicchè la tendenza allo spianarsi si metta in attività. Ciò posto, io considero due molecole fluide situate in una superficie verticale, ed in una istessa verticale colonna del fluido a qualunque distanza l'una dall'altra. Nel momento in cui la tendenza allo spianarsi principia ad agire, la molecola inferiore concepisco che non può spingere la superiore verso la parte, ove per la tolta parete del Vaso è libero il movimento, ma la superiore concepisco che per mezzo di tutta la porzione di colonna intercetta tra le due, può bensì contribuire a sì fatto movimento dell'inferiore. Lo stesso dicasi di due molecole situate in una qualunque delle interne verticali colonne del fluido.

Si fatto discorso sembrami che non resti alterato, se suppongasì che tolgasi momentaneamente una sola delle pareti verticali, e nemmeno se in vece di una forma cubica abbia la figura di un lunghissimo e stretto parallelepipedo, a cui si tolga momentaneamente una delle due più strette verticali pareti, nel qual caso mi si presenta una corrente con le molecole degli strati inferiori più disposte al moto di quello che lo sieno le superiori.

Qualunque sia il valore che si accordi a questo raziocinio, io sono convinto che i teoremi generali adattabili alla pratica Idrometria si riducono a quello del Castelli, cioè che nelle correnti stabilite l'ampiezza delle sezioni è in ragione inversa delle velocità. Con esso credo che sia degno di andar del pari un altro non abbastanza valutato, e che sebbene non tanto preciso, è in genere egualmente sicuro, cioè, che le velocità delle correnti dipendono e si regolano dalla pendenza del pelo della superficie con una legge, che delle esperienze ben fatte sarebbe utile che determinassero. Ve

ne è finalmente un terzo che bisogna convenire aver luogo almeno in molti casi, e consiste negli aumenti, e decrementi delle velocità in ragione maggiore degli aumenti, e decrementi delle portate dei Fiumi, al che si riduce la famosa Teoria di Cennetè. Sono noti gli esperimenti instituiti per illustrarla in canali artefatti, e nei Fiumi specialmente tra la Samoggia, ed il Reno di Bologna; ma offrendo l'Arno per una singolare circostanza un argomento a favore di questa teoria, non voglio lasciare di riportarlo. La Chiana essendo per la maggior parte paludosa nei tre secoli trapassati, con lentezza somma tributava le sue acque all'Arno; da circa 30 anni in quà si principiarono a rendere molto sensibili i bonificamenti della Val di Chiana, ed oltre a nuovi incanalamenti delle sue acque, si tolsero loro degli ostacoli che soffrivano dalle pile di un Ponte che fu ridotto ad un solo arco, e furono in varie maniere animate al corso in guisa, che laddove nei tempi più remoti ingombrata d'acqua tutta quella paludosa Provincia non se ne liberava, cioè non la scaricava nell'Arno in meno di 10, o 15 giorni, moderatamente ve la scarica in due, o tre giorni al più. Aggiungasi che dopo un concordato stabilito tra i Governi di Firenze, e di Roma, è molto più esteso di quello che fosse avanti il Paese, che scarica le sue acque nell'Arno; di maniera che può dirsi all'ingrosso che laddove prima l'acqua tributata da un Territorio lungo 20 miglia entrava in Arno in 10 giorni, adesso l'acqua tributata dallo stesso Territorio ridotto alla lunghezza di miglia 30, entra nello stesso Arno in tre giorni soli. Ad onta però di questo rispettivo aumento sensibilissimo d'acqua si contano nell'Arno dal principio del secolo decimoquinto fino al 1761 trentuna grossissime piene, e da quest'epoca in poi non si conta più una piena insigne dell'Arno, sebbene non sia osservabile veruna perdita degli altri suoi Influenti.