

DELLE ASTE RITROMETRICHE, E DI UN NUOVO
PENDOLO PER TROVARE LA SCALA DELLE
VELOCITA' DI UN' ACQUA CORRENTE.

DI TEODORO BONATI.

Ricevuta li 19 Nevoso An. VII. (8 Gennaio 1799.)

SE ad un' Asta AC (fig. 1.) di legno più leggiero dell' acqua si aggiunga una tal porzione CB di metallo, che mettendo tutta l' asta in una acqua stagnante essa galleggi con una porzione AD di un piede o più, fuori dell' acqua ed a piombo, si avrà una delle *Aste ritrometriche* da me proposte nel 1784. in questa Raccolta per iscoprire le velocità sotto la superficie dell' acqua nei fiumi. Mostrai, che se la stess' asta AB (fig. 2.) messa in un' acqua corrente da M verso N verrà portata colla porzione AD inclinata all' avanti, la velocità maggiore starà alla superficie; e che si avrà il contrario se la parte AD penderà all' indietro.

Mi avvanzi ancora a mostrare come colle medesime aste si potrebbe trovare la Scala delle velocità, ossia la legge, colla quale le velocità crescono, o decrescono dalla superficie sino al fondo. Il mio calcolo suppone tra le altre cose, che sia dato l' angolo ADE d' inclinazione dell' asta.

Di queste aste vedo, che ne parla il P. Ferrari Bernabita nella settima delle sue Dissertazioni Idrauliche date alla luce l' anno scorso 1797. in Milano. Egli conviene, che possano indicare se la velocità sia maggiore in superficie, o sotto. Ma disconviene, che si possa colle medesime rinvenire la Scala delle velocità. La difficoltà sua riguarda non i miei raziocinj, nè i miei calcoli, ma l' esecuzione, anzi una parte soltanto della esecuzione, cioè dove si tratta di misurare l' angolo d' inclinazione dell' asta, parendogli questa una cosa praticamente impossibile.

E penetrato dal vantaggio, che ne verrebbe alla Scienza delle acque se si arrivasse al conseguimento di questa Scala si è studiato di supplire al concepito difetto delle

mie aste indagando un altro stromento atto all' intento; *
 sercherò di spianare prima le difficoltà dell'Autore contro le mie aste per poi passare all' esame del suo strumento da esso chiamato *Nuovo Pendolo*.

Trova l'Autore una certa analogia tra le sperienze fatte in passato colla *Palla a pendolo*, e le fatte da me colle aste ritometriche. Le prime si facevano con una palla P (fig. 3.) attaccata a un filo CYP fermato in un punto C, ed immersa sotto la superficie XZ di un' acqua corrente da X verso Z. Dall'angolo XCY di deviazione del filo CY fuori dell' acqua dalla verticale CX si pretendeva di poter dedurre la velocità dell' acqua nel sito P della palla sotto la superficie XZ (*). Il Ferrari la discorre così.

Nel caso delle palle a pendolo l' osservatore sta a piè fermo, e può notare da vicino, e con agio, l'angolo XCY, o sia ACD sul Quadrante graduato; dovechè nello sperimento dell' asta l' osservatore dee dar giudizio dell' angolo ADE (fig. 2.) senza l' ajuto del Quadrante, e per via d' una semplice estimazione oculare stando sulla sponda del fiume, e per ciò di lontano, ed in uno stato di agitazione per dover seguitare l' asta camminando con un passo ora più, ed ora meno celere.

In secondo luogo il filo della palla pende da un punto fisso C, ed il piano del Quadrante impedisce in parte i movimenti laterali del filo; dovechè l' asta si trova tutta libera in mezzo alle perpetue agitazioni dell' acqua corrente, cosicchè s' inclina ora alla destra, ed ora alla sinistra.

Ma nello sperimento della palla a pendolo si stenta non poco a decidere quale sia il vero angolo di deviazione del filo. Dunque attesi tutti gli svantaggi qui sopra notati nel caso delle aste molto più si deve penare per dire il vero loro angolo d' inclinazione.

Nè gioverebbe (siegue l' A.) che le aste venissero osservate da uno, che le accompagnasse in un battello, perchè anche così manca tuttavia il Quadrante, nè l' osservatore può accostarsi bene alle aste per non perturbare cogli ondeggiamenti del battello i movimenti naturali delle aste.

(*) Queste sperienze sono state da me dimostrate fallacissime.

Rispondo. Nel caso della palla a pendolo la difficoltà in fissare l'angolo di deviazione del filo deriva da un'oscillazione, che si osserva nel filo stesso più, e meno forte secondo ch'è maggiore, o minore il contrasto, che fanno il filo, e la palla all'acqua, che urta l'uno, e l'altra con tutta la sua velocità. Ma questo contrasto non può trovarsi nel caso delle aste, perchè queste vanno a seconda dell'acqua. Nè è vero, che in un tratto regolare di un fiume, quale io propongo per tali sperimenti, l'asta soggiaccia a quelle agitazioni, ed a quelle inclinazioni a destra ed a sinistra, che teme l'autore. Se l'alveo è sufficientemente regolare anche il corso dell'acqua è regolare, e le aste vanno di un passo sì equabile e regolare, che non son troppo lontano dal dire, che vi si potesse applicare con buon successo un qualche Quadrante con un indice leggiero.

Si rifletta però, che il Quadrante non è poi quella tal cosa, che senza di esso non s'abbia a poter avere l'angolo ADE (fig. 2.) Basta avere la lunghezza AD della porzione dell'asta fuori dell'acqua, e la verticale AE, il che si ottiene accostandosi con un battello senza toccare l'asta; e da chi abbia un poco di destrezza questo si può eseguire ottimamente senza gli ondeggiamenti temuti, e con della precisione; giacchè avendo allora il battello, e l'asta una velocità poco diversa da quella dell'acqua sarà come se si operasse in un'acqua quasi stagnante.

Tanto io propongo trattandosi di fiumi navigabili almeno a seconda dell'acqua; perchè nel caso di un torrente in piena già io aver detto nella mia Memoria (n. 100) che conviene *contentarsi di osservare l'angolo di ogni asta all'ingrosso stando sulla riva, al più coll'occhio armato* per avere una scala delle velocità di qualche approssimazione, il che pure potrebbe dare dei lumi non disprezzabili.

E mi giova il ripetere qui quanto dissi al n. 90. nella stessa Memoria dopo di avere mostrato, che qualora la Scala delle velocità fosse una retta, la velocità dell'asta sarebbe esattamente la media delle velocità dell'acqua fin dove arriva l'asta; e che essendo la detta scala una curva, la velocità dell'asta s'accosta bene alla media dell'acqua. Conclusi adunque, che „ quando non si cerchi la scala

,, delle velocità, ma soltanto la portata di una verticale IS',
 ,, e che non si curi di aver questa con tutto il rigore (il
 ,, quale in molti casi è superfluo) si potrà ottenere l' in-
 ,, tento a sufficienza (ed al certo cento volte meglio, che
 ,, con qualunque degli altri metodi finora proposti) stando
 ,, all' ipotesi, che le velocità terminino ad una retta, co-
 ,, me al n. 71. Ed in questo caso si declina dal fastidio di
 ,, quei calcoli prolissi, che occorrono nelle ipotesi, che la
 ,, scala delle velocità sia una qualche curva, e l' angolo
 ,, dell' inclinazione dell' asta (ch' è il più difficile da rileva-
 ,, re) in questo caso basterà, che si abbia affatto all' in-
 ,, grosso per poter dedurre da esso la *Cq*, la quale con
 ,, tre, o quattro gradi di più o di meno riesce sensibil-
 ,, mente la medesima. =

Per ultimo l' Autore mi vien contro dicendo, che an-
 che secondo me è necessario, che per mezzo di replicate
 sperienze fatte con altri stromenti conoscesi prima la legge
 univertale, con cui le velocità delle acque correnti vanno de-
 cretendo dalla superficie al fondo = *H*o detto bensì di desi-
 derare, che altri ancora si occupino in esperimenti di questa
 natura, come desidererei, che se ne occupasse anche il
 Ferrari; ma non ho detto mai, che di sperienze fatte con
 altri stromenti io ne abbia una necessità, perchè intendo,
 che colle sole mie aste si possa ottenere l' intento cento
 volte più, che con altri stromenti dei proposti.

Per le cose dette fin qui parmi di poter continuare
 nel sentimento, che le mie aste sieno benissimo atte a sco-
 prirci la più volte nominata scala delle velocità dell' ac-
 qua, che passa per una verticale dalla superficie al fondo
 in un fiume.

Ora passerò ad esaminare se per lo stesso intento pos-
 sa servire egualmente, o anzi meglio (il che è sempre desi-
 derabile) il nuovo stromento proposto dallo stesso Fer-
 rari.

Consiste questo in un pendolo, o sia in un filo
AB (fig. 4) attaccato a un punto fisso *A* fuori dell' ac-
 qua, e che sostiene un cilindro *BC* più pesante dell' ac-
 qua, immerso sotto la superficie *DV* di un' acqua corrente
 da *D* verso *V*, e che tiene il pendolo deviato dal perpen-
 dicolo *AD*. Prescrive l' Autore, che l' estremo superiore

B stia sempre appena sotto la superficie DV dell' acqua, il che si ottiene allungando, ed accorciando opportunamente il filo AB.

Questo cilindro BC si dee poter fare lungo, e corto a piacere, perchè dev' essere composto di più cilindri piccoli, tutti eguali tanto nella lunghezza che nel peso, che devono potersi unire e disunire quando si voglia.

Comincia una sperienza con un solo dei cilindri piccoli CF (fig. 5) lungo per esempio mezzo piede, e nota l' angolo BAC. Indi aggiunge un altro cilindro KG. Nel caso, che la velocità dell' acqua dalla superficie in giù si conservi la stessa, mostra l' Autore che il filo resterà in AC, e che se la velocità dalla superficie al fondo sarà crescente il filo passerà come in AD. In quest' ultimo caso nota l' altr' angolo BAD. Indi aggiunto un nuovo cilindro OP nota il terz' angolo BAE; e così di seguito.

Con questi angoli, e col sapere il peso di ogni cilindro, e quello di un egual volume di acqua, calcolando trova delle formole di velocità, una per l' acqua, che va contro il cilindro CF, un' altra per l' acqua, che dee investire il cilindro KG, un' altra per l' acqua del cilindro OP, ec.

Egli è questo in sostanza ciò, che ci ha detto l' Autore, che intendeva di darci la maniera di conoscere *la scala delle velocità in tutta un' intiera sezione di un fiume, che a molta profondità si estenda.* (n. 74.)

Era molto desiderabile (pare a me), che l' Autore ci avesse aggiunto qualche altra cosa intorno all' esecuzione delle sperienze proposteci. Se la sezione è molto profonda, come ottenere un punto fisso A nel filone, per esempio, del Po in piena? Non in altra maniera al certo, che in una barca ancorata. Se questa è piccola sarà troppo agitata pel fiero contrasto, che dovranno fare e la fune, che tiene la barca all' ancora, e la barca stessa contro il corso violento dell' acqua. O la barca è delle grandi, ed allora farà un' alterazione grande al circostante corso dell' acqua, e quantunque la barca stasse in una sufficiente quiete lo sperimento sarà sempre troppo sospetto perchè non fatto in un corso naturale al fiume. Quello stesso Ferrari, che non sa sofferire i piccolissimi ondeggiamenti di un battello, che va

a seconda dell' acqua presso una mia asta, quì con tanta indifferenza passa sopra a sì notabili alterazioni di corso, sia che si faccia uso pel suo pendolo di una barca piccola, o di una grande?

Non dirò del tempo lungo per le operazioni necessarie in una intiera sezione. A una sola stazione accaderebbe di dover allungare il cilindro fino ai venti, e venticinque piedi. Essendo il cilindro composto di tanti cilindri di mezzo piede l' uno, come pensa l' Autore, vi vorrebbero quaranta e cinquanta osservazioni per notare la deviazione del filo a ogni giunta dei piccoli cilindri.

Altre cose potrei quì aggiungere, ma troppo è da vedersi quanto reggano le formole delle velocità dall' Autore stabilite tutte col supposto, che tutti i cilindri CF, DG, EP, ec. nel loro stato di quiete (se pure siano per ridursi a una sufficiente quiete) si abbiano a comporre sempre nella direzione del filo. *La deviazion (dice l' Autore al n. 75) del filo non sarà forse quella stessa del cilindro urtato?* Cosicchè ogni qualvolta che sia nota dalla sperienza la deviazione del filo egli ha contato per nota anche quella del cilindro.

Nel caso delle velocità eguali la proposizione è vera. Ma la ricerca della Scala delle velocità suppone, che queste siano difformi, come se saranno crescenti, o decrescenti, ed in questi casi mostrerò, che il cilindro non può ridursi a una quiete se non facendo un angolo col filo, cosicchè la deviazione del filo osservata fuori dell' acqua non è altrimenti quella del cilindro sott' acqua.

In fatti sia ABC un nuovo pendolo, e sia L il punto di mezzo del cilindro. Una verticale LO esprima il peso del cilindro nell' acqua, che è l' eccesso del peso assoluto del cilindro sopra quello di un egual volume di acqua. Il rettangolo MN mostra, che il peso LO equivale alle due forze LM, LN. Inoltre sia FH quella impressione, che farebbe un velo sottilissimo EH dell' acqua se questa correndo incontrasse in H il cilindro BC in una positura verticale. Il rettangolo GI fa vedere, che lo stesso velo fa al cilindro attualmente inclinato una impressione, che equivale alle due IH, GH, delle quali l' ultima è inoperosa perchè come di un' acqua che strisciasse lungo il cilindro; cosicchè

chè la FH rapporto al cilindro equivale a una sola impressione IH normale al cilindro. Lo stesso si dica di tutti gli altri veli egualmente sottili, e componenti tutta l'acqua dell'altezza DS, e che va ad incontrare il cilindro BC.

Se la velocità di ogni velo EH da D sino in S sarà la stessa, tutte le impressioni IH saranno eguali; E perchè inoltre sono egualmente distribuite lungo il cilindro BC, il centro di tali impressioni caderà nel punto L di mezzo del cilindro, e tutte insieme equivaleranno a una sola forza applicata in L, come la LK normale al cilindro.

Ma se le velocità degl' indicati veli scostandosi dalla superficie variassero o crescendo o decrescendo, il centro delle impressioni nel primo caso caderebbe sotto L, come in P, e nel secondo caso caderebbe sopra L, come in Q; cosa manifesta, ma sfuggita all'Autore, il quale al n. 79, nel tempo stesso che suppone le velocità crescenti, mette che il centro delle loro impressioni cada nel mezzo dei cilindri.

Nel primo caso, cioè delle velocità eguali, va bene il dire, che ridotto il cilindro alla quiete debba questo trovarsi nella direzione del filo, perchè si vede come le forze, che lo agitano possano allor equilibrarsi. Basta, che l'angolo DAC sia tale, onde risultino tutte le IH, o sia la LK, eguale alla contraria LM, giacchè l'altra forza LN trova sempre il suo equilibrio nella tensione BT del filo.

Ma se passeremo al caso delle velocità crescenti dalla superficie in giù, le impressioni IH allora crescenti, invece della LK, somministreranno una loro equivalente Pk, la quale perchè applicata a un punto diverso dal punto L, da se sola non potrà, come la LK, fare equilibrio colla LM, e tutte e due insieme le Pk, LM tenderanno a spostare il cilindro dalla direzione del filo, e cagioneranno in B un angolo del cilindro col filo, come si vede nella fig. 7.

Per esprimere l'equilibrio tra tutte le forze, che ora agitano il cilindro ridotto in questo caso alla quiete, convien prolungare la CB verso Q. Il rettangolo QR mostra, che la tensione BT del filo equivale alle due forze BQ, BR; e qualora si veda il cilindro ridotto alla quiete, si potrà concludere in primo luogo; che la forza LN sia eguale alla contraria BQ; ed in secondo luogo, che vi sia equili-

brio ancora fra le tre forze PK, LM, BR, il che richiede 1.º che le due cospiranti PK, BR siano insieme eguali alla contraria LM, e 2.º che sia $LB:LP::PK:BR$.

Nel terzo caso poi delle velocità decrescenti, con un discorso simile al fatto qui sopra si trova, che il cilindro non si ridurrà ad esser quieto se non facendo col filo un angolo ABc contrario all'angolo ABC, cosicchè come nel caso precedente la deviazione del cilindro era maggiore di quella del filo, in questo caso è la deviazione del filo, ch'è maggiore di quella del cilindro.

Dunque le sperienze col nuovo pendolo non ci danno la deviazione del cilindro, ed in conseguenza non ci danno l'angolo d'incidenza dell'acqua nel cilindro, come sarebbe l'angolo EHB. Ma le formole dell'Autore involvono il seno α del detto angolo d'incidenza. Dunque involvono un elemento a noi incognito, e perciò sono inutili.

Per poter avere dalla sperienza anche la deviazione del cilindro urtato dall'acqua vi sarebbe il ripiego di abbandonare il filo, e fare, che il cilindro arrivasse fino al punto di sospensione A. Allora sì, che la deviazione della parte sott'acqua sarebbe nota, perchè eguale a quella della parte AB osservata fuori dell'acqua. Ma non per questo si ripiegherebbe a tutto. Vi sarebbe da introdurre nella formola il peso della parte AB del cilindro; e vi sarebbe da correggere l'errore commesso col supporre i centri delle impressioni dell'acqua ai punti di mezzo dei cilindri urtati. Nè io vedo, che tai centri si potessero trovare senza avere la scala delle velocità, ch'è quella, che si cerca.

Riflettendo pertanto sì a queste difficoltà, che alle sovraccennate risguardanti l'esecuzione, credo di dovermi astenere (finchè altro non comparisca) alle aste ritometriche, e di non occuparmi male a proposito se mi studierò di agevolarne l'uso; al qual fine prima di terminare verrò esponendo alcune poche cose.

Alla fine della mia Memoria 1784 suggerii, che per trovare la portata di un fiume si cercasse un tratto dei più regolari, e che di questo si sceglieressero 200 tese, o più; e che si facessero tre sezioni, una al mezzo, ed una a ogni estremo delle 200 tese.

Avendo fatto dopo più riflessioni mi sono indotto a

credere, che possa bastare una lunghezza di 60 tese, ed una sezione sola, e questa al punto di mezzo. Così sarà più facile l'incontrarsi in un corso uniforme; quei, che dovranno agire saranno più a portata d'intendersela fra di loro; il viaggio d'ogni asta importerà un tempo minore; e rincrenerà meno se converrà ripetere qualche operazione non riuscita a dovere.

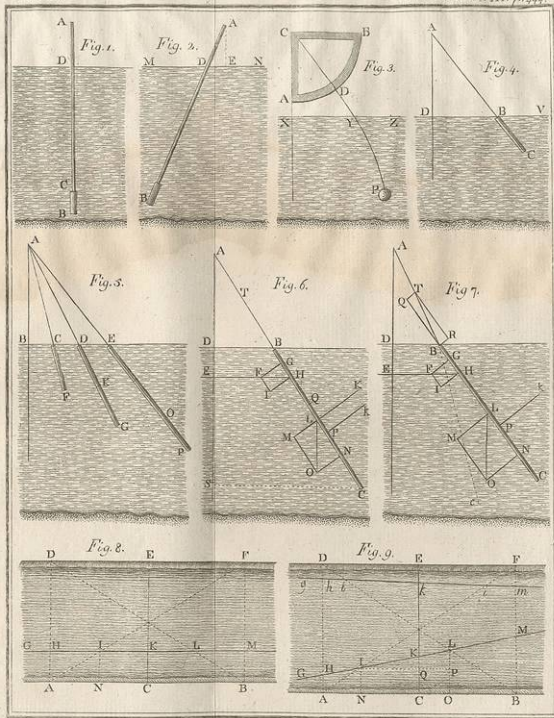
Una cosa potea essere imbarazzante, cioè il sapere il punto della sezione, pel quale passa l'asta portata dall'acqua. Per questo ho immaginato la maniera seguente, che mi pare delle più semplici.

Siano AB (fig. 8) la sponda destra, e DF la sinistra del tratto scelto, e la sezione sia stata fatta in CE . Normalmente alla CE sia misurata sulla sponda destra una linea retta ACB lunga da C in B 30 tese, e di altrettanto da C in A . Sulla sponda sinistra si mettano tre scopi, uno in E , ed altri due in D , ed in F , che cadano nelle visuali AD , BF normali alla AB . S'intendano altre due visuali AF , BD . Colla Tavoletta Pretoriana, o in qualche altra maniera, si misurino le AD , DF . Non importa, che queste sieno eguali.

Preparate così le cose, e collocati tre osservatori ai punti A , C , B , venga da G un'asta portata dall'acqua per una linea retta GHM , e gli osservatori diano il segno dell'arrivo dell'asta ai punti H , I , K , L , M , e con un orologio a secondi, o con un pendolo a secondi, oppure a semi-secondi, si notino i tempi impiegati dall'asta da H in I , da I in K , ec. Se si vedrà che i tempi per HK , e per KM sieno stati eguali, si potrà concludere, che la velocità dell'asta sia stata uniforme. E volendo supporre la GM parallela alla AB il viaggio HM sarà noto perchè = AB , e perciò sarà nota la velocità dell'asta.

Per avere il punto K della sezione CE , o sia per avere la distanza KC , s'intenda condotta la IN normale alla AB . Sarà $AN = HI$. E facendo come il tempo per HM al tempo per HI : : HM : HI : : AB : AN , si potrà avere la AN . E per essere AB : BF : : AN : NI , si avrà la $IN = KC$.

Che se si temesse del parallelismo della GM colla AB (come non v'è nella fig. 9), s'intenda condotta anche la LO normale alla AB . Posta la equabilità del moto



dell'asta, saranno come i tempi notati così le HI, IK, KL, LM, e così pure le AN, NC, CO, OB, onde anche di queste ultime linee rette si possono avere le misure.

E perchè $AB:BF::AN:NI$, e $BA:AD::BO:OL$, si avranno anche le NI, OL; e condotta la IP parallela alla AB si avrà $IP=NO$; $PL=LO-IN$; $LI=\sqrt{(IP^2+PL^2)}$; e perchè $IP:IL::AB:HM$ si avrà ancora la HM, spazio scorso nel tempo notato. Dunque la velocità dell' asta sarà nota.

Resta da trovare la distanza CK. Poichè $NO:NC::IP:IQ::PL:QK$ si avrà la QK, che aggiunta alla OP (=IN) darà la KC.

Ed ecco trovato il punto K del passaggio dell' asta per la sezione CE, e con quale velocità vi è passata.

Quindi si vede come convenga operare nel caso di qualunque altr' asta, che viaggiasse per altra linea, come per *ghkim*.

Per le aste più vicine alla sponda sinistra potrebbe tornare meglio il passare alla sinistra, come nel Po, attesa la sua larghezza. Nel resto mi riporto a quanto ho detto nella citata Memoria 1784, che fu ristampata in Pavia nel 1785.