DELL' APPARECCHIO IDROSTATICO

PIÙ SEMPLICE ED UNIVERSALE

MEMORIA

DELL' ABATE GIUSEPPE ZAMBONI

PROFESSORE DI FISICA SPERIMENTALE E MATEMATICA APPLICATA

NELL' I. R. LICEO DI VERONA

Ricevuta adì 21. *Febbrajo* 1823.

Quantunque il provare con nuovi sperimenti verità Fisiche già conosciute non sia un avanzarsi gran fatto nella scienza, tuttavia i nuovi mezzi di sperimentare, che si trovino di gran lunga più semplici degli usati comunemente, sogliono pregiarsi poco meno di una vera scoperta. Cotesto pregio non ha guari si riconobbe nella bella sperienza del Sig. Prevost di Ginevra, che è quella di lasciar cadere nell'aria una piastrella metallica portante sopra di sè leggerissima cartolina; con che senza bisogno di macchina pneumatica, che voti un' altissima colonna d'aria, si mostra uguale la velocità de' gravi comunque diversi di massa cadenti nel voto.

A quanto di sifatta lode aspirar possa l'apparecchio idrostatico, che io vengo a proporre, nè giudicheranno i dotti Fisici; ad ogni modo l'esser questo di facilissima costruzione, ed acconcio a tutte le sperienze fondamentali dell'Idrostatica, mi confortò a pubblicarlo, colla speranza, che agevolandosi l'istruzione sperimentale di questa parte di Fisica, non dovessi renderle un servigio affatto inutile.

Un fluido contenuto in vasi tra loro comunicanti somministra a' Fisici il mezzo di provare alcuni principj dell' Idrostatica; quali sono la ugual pressione reciproca delle moleco-

le fluide in qualunque direzione; l' altezza uguale de' fluidi omogenei in ogni vaso comunicante di qualsiasi figura, capacità, e posizione; e l' altezza reciprocamente proporzionale alla gravità specifica de' fluidi eterogenei. Or noi vedremo lo stesso mezzo, colla giunta di altri congegni di poco numero, e agevolissima costruzione, dimostrare eziandio tutte l'altre verità idrostatiche con maggior facilità e commodo degli usati sinora.

Sia pertanto il vaso ABCD (*Fig.* 1.) comunicante col tubo OFH di diametro molto minore di quello del vaso, e assai inclinato all' orizzonte. Ecco tutta la macchina fondamentale dell'apparecchio; nella quale versandosi dell' acqua, ogni variazione del suo livello ex. g. GE anco insensibil nel vaso ABCD potrà apparir visibilissima nel tubo FH nella ragione di OH ad OE.

Ora per misurare le variazioni successive del detto livello, che si avrebbero dal successivo aggiungersi di una stessa quantità di acqua nel vaso ABCD, è mestieri di una scala graduata annessa al tubo FH; per l'esattezza della quale basterebbe dividere senza più in parti uguali la lunghezza del tubo FH, se questo, non che il vaso ABCD fossero perfettamente uniformi. Altrimenti o bisogna aggiungere successivamente una stessa misura d'acqua nel vaso, e notare ogni volta l' alzamento del livello nel tubo FH; oppure (il che torna più commodo ed esatto) procedere nella seguente maniera.

Abbiasi un recipiente M di forma cilindrica, che galleggi diritto sull' acqua del vaso ABCD, la quale sia tanta, che ricevuto a galla il detto recipiente, tocchi col suo livello il principio del tubo in F. Poscia lasciando cadere l' un dopo l' altro dentro il galleggiante dei piccioli pezzi metallici tutti di peso eguale, ad ogni peso aggiunto crescerà nel tubo FH il livello egualmente, come se in luogo di ciascuno dei pesi si fosse aggiunto egual peso di acqua nel vaso ABCD. E però il successivo innalzarsi del livello nel tubo FH ad ogni peso messo nel galleggiante, darà esattamente tutti i gradi della scala ricercata.

Per questa operazione, l' apparecchio fornito del detto galleggiante è divenuto una vera bilancia, che servirà a pesare tutti quei corpi, che possono allogarsi dentro il recipiente M senza affondarlo tutto sott' acqua. E servirà certo più commodamente delle comuni bilancie, nelle quali è pur sempre nojoso quel doversi aggiungere o levar pesi ad un piattello per trovare il giusto equilibrio; mentre nel nostro apparecchio, caduto appena un corpo sul fondo del galleggiante, eccoti di presente innalzarsi il livello dell' acqua nel tubo FH per alcuni gradi, e metter sott' occhio il peso del corpo là entro caduto.

Chi poi volesse sperimentare nel modo più prossimo all' esattezza, è mestieri avvertire.

I. Che tutte le sperienze si facciano con acqua della stessa temperatura.

II. Che l' apparecchio sia ritenuto costantemente in una data posizione, mediante due livelli a bolla d' aria collocati sulla base registrata da tre o quattro viti, le quali scuseran piedi del vaso.

III. Il tubo FH non debb' essere gran fatto capillare, acciocchè l' attrazione dell' acqua colle pareti del medesimo non aumenti di troppo l' altezza del livello.

IV. Il tubo medesimo sia sempre bagnato internamente al di là del luogo occupato dall' acqua, per togliere alla medesima ogni resistenza nel muoversi.

V. Mediante un anello scorrevole lungo il tubo FH si prenderà l' altezza del livello, segnando coll' anello il punto più infimo del menisco formato dall' attrazione dell' acqua colle pareti del tubo.

VI. Il volume del galleggiante M sia appropriato alla grandezza dell' apparecchio. Un gallegiante troppo piccolo non darebbe sensibili le piccole differenze del suo affondamento; troppo grande non potrebbe reggersi facilmente nel mezzo del l' apparecchio; e venendo a toccare le sponde, perderebbe in quello sfregamento la necessaria sua mobilità.

Le quali avvertenze non saranno poi da osservarsi tutte fino allo scrupolo, per aver soltanto dall'apparecchio una maniera facile e pronta d'istruire gli studiosi con l' esperienze. Quella a cagion d' esempio comunemente premessa dagli Idrostatici per provare contro gli antichi Peripatetici il peso de' fluidi, anche allora quando sieno parte di una massa fluida, non altro esige nel nostro apparecchio, se non di appiccare sotto il fondo del galleggiante M una bottiglietta, che vuota d'acqua, e chiusa da un turacciolo, formi parte della porzione immersa del galleggiante. Imperocchè notato allora il luogo, ove il detto galleggiante tocca il livello dell' acqua, e indi sturata la bottiglia, ed immersa da capo, si vedrà il galleggiante un pò più affondato pel nuovo peso dell'acqua entrata nella bottiglia.

Ma venendo a sperimenti di maggiore importanza, incominciamo dalla pressione dei fluidi contro il fondo dei vasi.

Questa pressione, come insegna l'Idrostatica, è uguale al peso di una colonna del fluido premente, che ha per base il fondo stesso premuto, e per altezza la distanza verticale di esso fondo dal livello.

Per prova di questa legge, io mi servo già da più anni dell' apparecchio espresso nella (*Fig.* 2.) ABCD è un vaso metallico comunicante col tubo verticale EF di cristallo. La bocca del vaso è contornata in BC da una vite, e questa coronata da un labbro, intorno al quale si lega una membrana assai molle, che chiude esattamente il vaso già prima riempiuto d' acqua. Appresso sono disposti tre vasi, uniforme I, divergente II, convergente III, eguali in altezza verticale, e di uguale apertura in *ab*, *cd*, *ef*, guernita ciascuna internamente di una madrevite, colla quale inserire l' un dopo l' altro ciascuno dei tre vasi alla bocca del già descritto ABCD. Pertanto la membrana ond'è chiusa questa bocca scuserà fondo eguale a ciascuno dei tre vasi, che riempiuto d' acqua mostrerà ugual pressione sulla membrana, per l' uguale alzamento, ch' essa produce nell' acqua lungo il tubo EF. Ora un simil con-

gegno applicato alla bocca AD della macchina fondamentale (*Fig.* 1.) potrebbe dimostrare la detta uguaglianza di pressione sul fondo dei tre vasi, per l'uguale alzamento del livello nel tubo FH.

Se non che per maggiore simplicità di costruzione, basterà usare di un piccolo cilindro metallico *gmnh* (*Fig.* 3.) chiuso in *gh* dalla membrana, e guernito in *mn* d'una vite, alla quale innestare successivamente i tre vasi I, II, III. Ciascuno di questi, avendo la stessa membrana in *gh* per fondo si cali vuoto nell'apparecchio ABCD (*Fig.* 1.) già libero dal galleggiante M, tanto solamente che la membrana o fondo tocchi il livello dell'acqua, che suppongo corrispondere al principio F del tubo FH. Tenuto fermo in tal posizione qualsiasi dei tre vasi, si riempia d'acqua; e la membrana ossia il fondo premendo nel gonfiarsi l'acqua sottoposta dell'apparecchio, noterà nel livello del tubo FH, di sostenere ugual pressione in ciascuno dei tre vasi. Già s'intende, doversi, in questa ed altre sperienze da farsi colla membrana, usare di una pression moderata; tale cioè, che variando sensibilmente l'altezza dell'acqua premente sulla membrana, possa questa indicare la variazione nel tubo FH coll'innalzarvi più o meno il livello.

La detta legge ha luogo eziandio nella pressione, ch'esercitano i fluidi esternamente contro il fondo dei vasi.

A veder ciò basterà versare prima dell'acqua in alcuno dei tre vasi I, II, III già chiuso in fondo dalla stessa membrana *gh*, che si rimarrà gonfia quanto porta la pressione dell'acqua contenuta nel vaso. Poscia calandolo nell'acqua dell'apparecchio ABCD, allora solamente la membrana si appianerà per intero in ciascuno dei tre vasi, quando l'altezza verticale dell'acqua circostante dell'apparecchio si pareggi con l'altezza pur verticale dell'acqua contenuta nel vaso.

Finalmente alla stessa legge appartiene quello che è detto *paradosso idrostatico;* ed è il prodursi uno sforzo medesi-

mo con masse d'acqua tanto fra loro diverse quali sono le contenute nei tre vasi I, II, III.

Del che potrebbesi dare altra prova col vaso I vuoto d'acqua, e chiuso in *ab* dalla membrana *gh* tangente il livello dell'acqua dell'apparecchio ABCD. Se in tal vaso, tenuto sempre fermo nella detta posizione, s'introduca altro vaso simile, ma più stretto di poco del primo, e col fondo solido, che rimanga un pò distante dalla membrana o fondo del primo vaso; si avrà uno spazietto tra la membrana, ed il fondo solido del vaso introdotto, ed altro spazietto tutt'all' intorno fra un vaso e l'altro. Or si vedrà, la pochissima acqua, che riempie que' due spazietti, premer la membrana collo sforzo medesimo, che facea tutta l'acqua contenuta nel vaso I.

E volendosi paragonare la pression verticale sul fondo colla totale nelle pareti di un vaso, si tuffi nell'acqua dell' apparecchio ABCD un cilindro vuoto alto egualmente che largo, il cui fondo sia formato da una membrana, e la bocca aperta di tal cilindro abbia il suo profilo a livello dell'acqua circostante. Certo che la membrana dovrà incurvarsi entro il cilindro per la pressione dell'acqua di sotto in su; e l'immersione di tal cilindro nell'acqua alzerà nel tubo FH il livello, quanto l'avrebbe alzato un volume d'acqua, che uguale al volume del cilindro si fosse aggiunto all'acqua dell'apparecchio; meno però quel volume d'acqua, che riempie il concavo avvenuto nella membrana. Se impertanto il cilindro tenuto fermo in tal posizione si riempisse d'acqua, la membrana si appianerebbe del tutto, per la pressione d'alto in basso pari alla prima di sotto in su. Ma la membrana appianandosi avrà cacciata dal suo concavo tutta l'acqua, e quindi cresciuto il livello nel tubo FH, di quella quantità, che compie la misura di un volume d'acqua eguale esattamente al volume del cilindro immerso. Essendo poi questo alto ugualmente che largo, la pressione verticale sulla membrana messa per fondo, debb' essere per legge idrostatica, doppia di quella che soffrirebbe la stessa membrana ov'ella facesse l'uf-

fizio di parete nello stesso vaso. Levisi adunque il cilindro dall' apparecchio, e vuotatolo di tutta l' acqua, chiudasi ancora la sua bocca con altra membrana uguale alla prima. Indi calato nell' acqua dell'apparecchio il cilindro stesso, ma col suo asse orizzontale, quanto bisogna per affonda reappena sott'acqua le due membrane divenute pareti, si vedrà innalzarsi il livello nel tubo FH al grado medesimo d'allora, che il cilindro vuoto stava immerso nell' acqua dell'apparecchio con una sola membrana per fondo; vale a dire l' effetto veduto allora nel concavo della membrana messa per fondo, si trova adesso bipartito nei due concavi delle membrane divenute pareti. Dunque ciascuna di queste soffre la metà di quella pressione che operava sul fondo verticalmente.

In questa esperienza è mestieri toglier la resistenza dell' aria interna del cilindro chiuso dalle membrane fatte pareti. E però si darà sfogo a quest' aria per un cannellino aperto, saldato a mezzo del cilindro, e sporgente fuori dell'acqua; il qual cannellino non possa variar sensibilmente il volume del cilindro, e serva eziandio a ritener colla mano il cilindro stesso sotto il pelo dell'acqua. Malgrado però di quest' avvertenza, lo sperimento non potrà riuscire esattissimo a tutto rigore; perciocchè la maggior pressione, che soffrono le membrane divenute pareti si è verso il lembo loro inferiore; ma ivi appunto le membrane resistono di più all' incurvarsi attesa la vicina legatura delle medesime attorno all' orlo del cilindro.

Or passiamo alle leggi idrostatiche risguardanti un solido immerso nel fluido. E primieramente, che un solido di gravità specifica maggiore di quella del fluido in cui s' immerge, perde tanto di peso quanto pesa un volume di fluido eguale al volume del solido.

La prova sperimentale di cotal legge verrà dall'apparecchio convertito in bilancia, come fu descritto a principio. Vale a dire messo il galleggiante M vuoto sull' acqua, sospendasi all' estremità di sottilissimo filo un pezzo di metallo mas-

siccio; e tenuto in mano il filo per l'altro capo, si cali giù entro il galleggiante M il metallo finche vada a gravitar liberamente con tutto il suo peso sul fondo, conservandosi però il tutto galleggiante. Il peso assoluto del metallo verrà tosto mostrato dal livello del tubo FH. Si versi di poi nel galleggiante M tant' acqua, che sollevandosi alcun tratto sopra il metallo giacente nel fondo, mantenga ancora galleggiante il vaso M, e si noti nel tubo FH il peso dell' acqua aggiunta. Dopo ciò levisi per mezzo del filo il pezzo metallico quanto abbisogna perchè più non tocchi il fondo del gallegiante, e rimanga tuttavia sott' acqua. Calerà il livello nel tubo FH, ma non quanto porta il difetto del peso assoluto del metallo innanzi notato. Dunque calò il peso di questo solido giacente sul fondo quando fu coperto di acqua. E stando ancora il metallo sott' acqua senza toccare il fondo l'acqua contenuta nel galleggiante pesa adesso sul fondo del medesimo, più di quello che comporta la sua quantità già notata poc'anzi. Il che vuol dire, aver l' acqua nel galleggiante guadagnato tutto il peso perduto dal solido immerso nella medesima. Ma questo guadagno fatto dall' acqua non può essere, che quello del peso di un volume della stessa acqua pari al volume del metallo; perchè infatti il metallo tiene innalzato nel galleggiante un volume d' acqua eguale al suo, come si vede, levando il metallo fuor dell' acqua, ch' essa ritorna al peso proprio della sua quantità.

Il peso perduto dal solido immerso nel fluido è in ragione composta dalla diretta della gravità specifica del fluido, e dall' inversa di quella del solido.

Ciò potremo avverar facilmente, ripetendo l' anzidetta esperienza.

I. Coll' immergere il medesimo solido successivamente in diversi fluidi di varia gravità specifica, ciascuno de' quali sia versato nel galleggiante.

II. Coll' immergere l' un dopo l' altro dei solidi uguali in peso assoluto, ma diversi in gravità specifica, nello stesso fluido contenuto nel galleggiante.

Riguardo ai solidi di gravità specifica minore di quella del fluido, che sono i galleggianti, la legge porta: che il volume di fluido eguale al volume della loro porzione immersa, pesi ugualmente come tutto il solido galleggiante.

Per dimostrar questa legge, vada uno di tai solidi a gravitar liberamente sul fondo del galleggiante M già vuoto; e si avrà tosto il peso assoluto di tal solido nel tubo FH. Indi il solido cavato fuori dal galleggiante mettasi a galla dell'acqua dell' apparecchio, ed il livello del tubo FH noterà lo stesso peso di prima. Ma questo peso è dovuto adesso al peso del volume d' acqua innalzato dal solido, il qual volume appunto si pareggia col volume della parte immersa del solido or galleggiante.

Dalle quali esperienze chiaro si scorge l' uso del nostro apparecchio per conoscere le gravità specifiche dei solidi non che de' fluidi.

Imperciocchè essendo convenuto tra i Fisici di riportare tutte le gravità specifiche de' corpi all' acqua distillata di un certo grado di temperatura, basterà quanto ai solidi conoscere.

I. il peso di un volume di tal acqua eguale al volume del solido.

II. il peso assoluto di tal solido nell' aria.

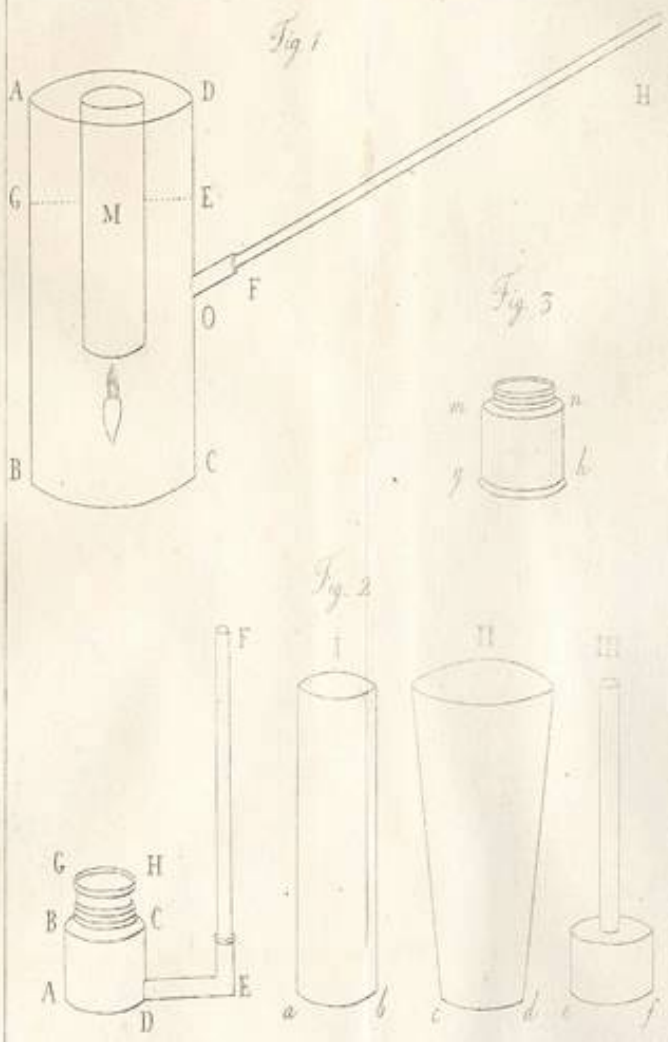
Ed il nostro apparecchio li mostra amendue nel modo più facile. Poichè calato il solido raccomandato ad un filo, sotto il livello di poca acqua contenuta nel galleggiante M, e tenuto questo solido sempre lontano dal fondo, l' aumento di peso, che guadagna l' acqua del galleggiante per tal immersione, darà appunto nel livello del tubo FH il peso di un volume di tal acqua eguale al volume del solido. Indi lasciato gravitare interamente il solido sul fondo del galleggiante, la somma del nuovo peso che preme sul fondo, e del peso guadagnato dianzi dall' acqua darà il peso assoluto di tutto il solido nell' aria.

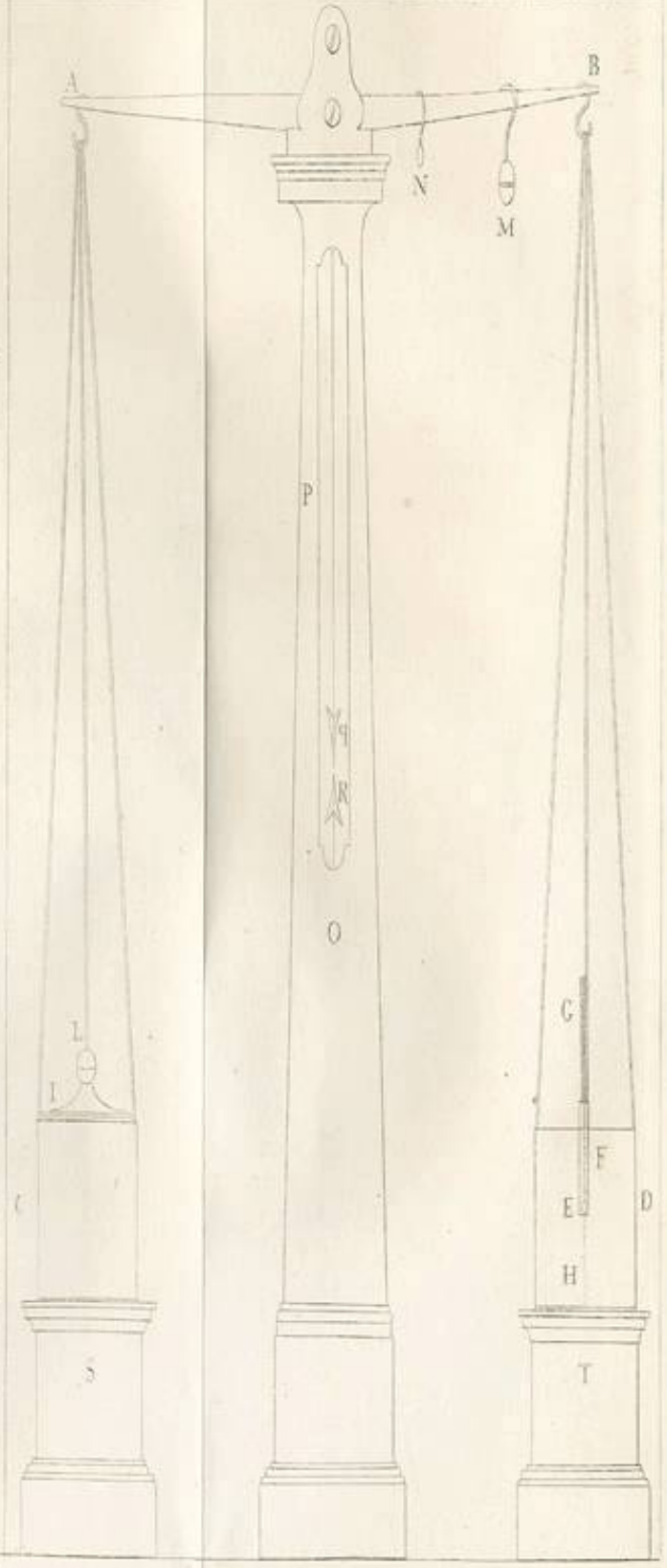
E trattandosi de' fluidi, qual cosa più facile di rinvenire collo stesso apparecchio la diversa loro gravità specifica? Ba-

Figure per la memoria Zambeni

Figure per la memoria Vaghelli

Tav. XVII. Mem. di Fisica del T. XIX. Soc. Ital. pag. 363.





sta mettere poca dose del fluido, che si vuol provare, nel gallegiante; e poi calare sotto il livello di tal fluido alcun solido, che sempre il medesimo raccomandato ad un filo dovrà tuffarsi in tutte le prove dentro il fluido del galleggiante; ed il guadagno di peso fatto da esso fluido per l' immersione del solido, darà il peso di un volume di tal fluido eguale al volume del solido immerso. Ora cotesto guadagno paragonato con quello, che in simile esperienza avrà fatto l' acqua distillata, per l' immersion in essa dello stesso solido, farà conoscere la gravità specifica di quel fluido. A questo modo, senza bisogno di altre macchine, senza la noja di aggiungere o levar pesi per trovare un equilibrio, il solo nostro apparecchio, oltre che dimostra con simplicissime sperienze tutte le leggi fondamentali dell' idrostatica, potrà servire eziandio a tutti gli usi importantissimi dell' areometro, della bilancia idrostatica, e del gravimetro universale.

Sarebbe al certo di non poca utilità specialmente per l' istruzione, se in altre parti della fisica sperimentale, anzichè distrarre ad ogni passo la mente degli studiosi colla descrizione di nuove macchine, ve n' avesse una così semplice e generale, che a guisa di formola algebrica, mettesse con ugual facilità e prontezza, alla prova le teorie.