OSSERVAZIONI

SOPRA VARJ EFFETTI DELLA PRESSIONE DE' FLUIDI.

Del Sig. Simone Stratico.

1 *Boyle* diede il nome di paradossi idrostatici alle leggi fondamentali dell'equilibrio e pressione de' fluidi, perchè riescono esse affatto fuori dell'espettazione e del prevedimento che se ne ha, volendo dipendere dal ragionamento, e non dall'esperienza. E non pertanto è certissimo, che quelle leggi non sono diverse dalle leggi statiche de' corpi solidi, delle quali non altro esser possono, se non che una modificazione.

2 La gravità opera ne' fluidi, come ne' solidi, ma a prima giunta, e forse anche dopo qualche meditazione non si comprende bene come una massa di diaccio che riempie un vaso cubico di fondo orizzontale, prema soltanto il fondo con tutto il suo peso, e non eserciti veruna pressione nelle pareti verticali dello stesso vaso: e questa medesima massa ridotta fluida prema la base del vaso appunto, come da prima con tutto il suo peso, ed insieme prema le pareti dello stesso vaso, e la pressione che esercita in ciascheduna parete sia la metà di quella ch'esercita sulla base; per modo che la stessa mole d'acqua, la quale nello stato di solidità preme come uno, nello stato di liquidezza prema effettivamente nel fondo e pareti del vaso come tre, pesando in amendue questi stati come uno. E se la medesima mole d'acqua liquida si contenga in un vaso parallelepipedo, la di cui base sia doppia, o la metà di quella del vaso cubico poc'anzi considerato, la pressione nella base orizzontale sarà sempre come il peso di tutta la mole d'acqua, e la pressione nelle pareti

sarà come due volte e mezza, o come sei volte il peso della stessa mole.

3 La forza di gravità, che sollecita le pareti de' fluidi ad allontanarsi dalla massa e scorrere verso i lati, se non siano sostenute, non può operare altrimenti, se non che facendole discendere per piani inclinati, e la pressione che esercitano allorchè sono quiete deve ridursi alla legge di pressione de' corpi solidi posti in equilibrio sopra piani inclinati. Suppongasi il corpo *C* sul piano inclinato *AE*. La sua forza di gravità rappresentata da *CB* si risolve nelle due *CA*, *AB*, con la prima delle quali preme il piano *AE*, coll' altra *AB* è sollecitato a discendere: sicchè, se vi sia un piano verticale *FG*, il quale trattenga la discesa di *C*, esso sarà premuto con la forza *AB*. Queste tre forze sono rappresentate dai tre lati del triangolo *BDE*, simile a *CAB*, onde *BE* mostra la forza totale di gravità, *DE* la pressione sul piano inclinato, *DB* la pressione nell' appoggio verticale *GF*. E poichè le due *BD*, *DE* prese insieme sono maggiori di *BE*, è manifesto che generalmente i corpi gravi possono esercitare per la loro gravità delle pressioni, la somma delle quali sia maggiore del loro peso.

Fig. I

4 Ma se il corpo *C* fosse collocato in *D* sul piano orizzontale *DE*, tutta la sua pressione si eserciterebbe sullo stesso piano, e non affatto sul piano verticale *FG* contiguo al detto corpo. E se fossero collocati verticalmente sopra *D* molti corpi, la pressione sarebbe come la somma de' pesi loro, ma esercitata solamente nel piano orizzontale, e non mai nel verticale. Ed ancora, se *BD* rappresenti una serie verticale di corpi, *DE* una serie orizzontale di corpi eguali, non si troverà mai, che il punto *E* d'un piano ivi sollevato verticalmente sia premuto da questi; nè in verun altro modo si potrà intendere l'effetto della pressione esercitata nel parete verticale, se non che ritornando alla posizione del corpo *C* sopra il piano inclinato. Quindi poichè non si considera mai una serie di sole particelle fluide nella verticale e nell' orizzontale d'un vaso, ma sempre una massa che ne occupi la capacità, perciò la pressione ch' esercita una mole di fluido contenuta da fondo orizzontale e pareti verticali dovrà essere dedotta dalla legge statica del piano inclinato.

5 Con la ſteſſa altezza AD ſi poſſono fare de' piani diverſamente inclinati, come AF ad angolo ſemiretto aF, αF ad angoli maggiore, e minore del ſemiretto. Ciò poſto s'oſſervi, che la gravità totale dello ſteſſo corpo collocato ſopra qualſivoglia de' ſuddetti piani ſi riſolverà nel caſo d'equilibrio in modo, che la preſſione eſercitata nel piano verticale BF ſia coſtantemente rappreſentata dalla linea AD eguale a DF, e la preſſione ſul piano inclinato ſia rappreſentata dalle linee DF, dF, δF. Lo che eſſendo vero per ogni punto q della BF relativamente alla ſerie verticale di parti fluide inſiſtenti ſopra t, o, p, ſi dedurrà che la ſomma delle preſſioni in BF ſarà rappreſentata dalla ſomma delle linee DA, nA, cioè dall'area del triangolo iſoſcele rettangolo ADF, e la preſſione ſul piano inclinato ſarà rappreſentata dalla ſomma delle linee αB, pq: AB oq: aB, tq, cioè dall'area de' triangoli aBF, ABF, αBF. Laonde ſuppoſto che ſi contenga un fluido ne' vaſi la ſezione verticale de' quali ſia $\alpha\delta FB$, $ADFB$, $adFB$, la preſſione nella parete BF ſarà ſempre come il triangolo rettangolo iſoſcele ADF, e la preſſione ſulla baſe ſarà come la ſomma de' due triangoli αBF, $\alpha\delta F$ uno eſprimente la preſſione ſul piano inclinato, l'altro eſprimente la preſſione ſulla baſe: e così dicasi di $ADF+ABF$, e di adF, aBF: al che corriſponde l'eſperienza. Fig. II

6 Ma inoltre ſe ſopra una tavola OP ſi diſpongano due piani inclinati FA, FS, i quali per mezzo di peſi attaccati a due fili avvolti a due carruccole pendenti da due ſtanti BR, br reſtino equilibrati e formino angolo retto tra di loro, e ſemiretto con la tavola, indi ſi collochi un globo G ſopra entrambi, è certo che per mantenere i piani nella reſpettiva loro poſizione, converrà aumentare i peſi attaccati ai fili, ed è certo inſieme che la tavola OP ſoſterrà la preſſione di tutto il peſo G: giacchè ſe tutto queſto apparecchio ſi metta in equilibrio ad una bilancia, indi ſi levi dal medeſimo il peſo G, converrà ſcemare dal contrappeſo egual miſura per mantener l'equilibrio. Parimente ſupponendo che i piani inclinati ſiano tre o più, i quali formino un angolo ſolido, ed il corpo G poſi ſopra tutti, premerà eſſo tutti i piani con forza eguale, e premerà ſulla baſe di tutti queſti piani con forza eguale al ſuo peſo. Così ne' fluidi la Fig. III

legge di pressione nella base e ne' pareti va del pari con la legge statica di pressione de' solidi ne' piani inclinati ad angolo semiretto.

7 Le parti dell' acqua sconnesse tra di loro per la fluidità non solamente pesano ed aggravano le pareti ed il fondo de' recipienti, ma anche gli strati di fluido sottoposti. Quindi è manifesto che l' acqua pesa nell' acqua. Per altro, siccome la volgare sperienza insegna che un vaso pieno d' acqua immerso nell' acqua s' alza si abbassa e si trasporta lateralmente con forza minima, e da non paragonarsi con quella che si deve impiegare per produrre gli stessi movimenti nell' aria; così i Peripatetici dedussero che l' acqua non gravita nell' acqua, e generalmente che i fluidi non gravitano nel proprio elemento.

8 *Boyle* dimostrò il contrario con la nota esperienza, cioè che esplorando il peso d' una boccetta vuota chiusa immersa nell' acqua, e resa così pesante sicchè di fatto s' immerga, indi aperta la boccetta così immersa sicchè v' entri dell' acqua, essa pesa appunto tanto di più quanto è il peso dell' acqua che è entrata. Di questa esperienza si servono generalmente i Fisici per dimostrare che l' acqua nell' acqua pesa per l' appunto come nell' aria. Dall' altra parte, essendo certo che il vaso pieno d' acqua immerso nell' acqua si move con forza minima, e che una nave affondata, se si prescinda dall' aderenza al fondo fangoso, si solleva con forza di gran lunga minore del peso dell' acqua ch' essa contiene, bisogna sviluppare l' equivoco, che nasce da questi confronti.

9 Un vaso chiuso e vuoto appeso ad una bilancia, immerso sott' acqua e messo all' equilibrio, da qualsivoglia forame aperto nelle sue faccie laterali, o nel fondo, o nel coperchio si riempie d' acqua, ed anche se sia affatto senza fondo aggrava la bilancia nello stesso modo, e per restituire l' equilibrio conviene aggiungere tanto contrappeso, quanto è il peso dell' acqua che occupa la capacità del vaso. Ora siccome, quando si giudica del peso d' un corpo posto sulla bilancia, vi si connette necessariamente l' idea della pressione ch' esso esercita nella lance, ed in questo senso suol sembrare dimostrativa l' esperienza di *Boyle*; così può recar confusione l' osservare nell' esperienza modificata col vaso senza

fondo,

fondo, che l'acqua occupa bensì la capacità del vaso, ma non esercita sopra d'esso alcuna pressione, e non pertanto l'aumento del peso sia il medesimo, come se il vaso avesse un fondo. Quindi sebbene sia vero che l'acqua pesa nell'acqua, l'esperienza di *Boyle* non lo prova direttamente, siccome suol sembrare.

10 L'acqua introdotta nella boccetta immersa preme col suo peso nelle pareti e nel fondo di essa, ma non turba l'equilibrio per questa pressione, giacchè quanto preme al di dentro la contenuta, altrettanto preme al di fuori con direzione contraria l'acqua che la circonda, e tenta d'entrare e d'occupare il luogo occupato dalla boccetta. Il volume del vaso chiuso ed immerso nell'acqua è composto dal volume delle sue pareti, e dal volume o spazio vuoto d'acqua che le pareti stesse racchiudono: quindi la forza che fa l'acqua posta d'intorno al vaso pareggia il peso d'un volume d'acqua eguale ai due indicati volumi. Aperto il vaso da qualsivoglia parte ed occupato d'acqua lo spazio, che per l'innanzi n'era vuoto, la forza che fa l'acqua posta d'intorno per entrare e sostenere lo stesso vaso diventa minore appunto di tanto quanto è il peso dell'acqua introdotta, e perciò a mantenere l'equilibrio richiedesi tanto peso di più dall'altra parte della bilancia, quanto è il peso dell'acqua che entrò nella boccetta, o nel vaso aperto da qualunque delle sue faccie.

11 Il peso dell'acqua nell'acqua si manifesta con la pressione che esercitano gli strati superiori negl'inferiori, la quale è tanto maggiore quant'è maggiore l'altezza del fluido, e produce effetti corrispondenti ne' corpi immersi e cedevoli, o compressibili. Per dimostrare coll'esperienza questa verità, ho intrapreso di confrontare il peso d'alcuni corpi immersi appena sotto la superficie dell'acqua, col peso loro, mentre erano immersi alla profondità di sei piedi sotto la stessa superficie. Questo confronto fu da me fatto con un pesce, un pezzo di carne di bue, un pezzo di lardo, un pomo, una vescica piena d'aria, ed un tubo di vetro chiuso dalla parte superiore, ed immerso coll'estremo inferiore aperto nell'acqua. A tutti ho attaccato un pezzo di piombo, onde nell'acqua fossero preponderanti. Il peso che ebbero calati a sei piedi

fu in tutti maggiore di quello, che moſtravano immerſi poco ſotto la ſuperficie del fluido, ond'è paleſe che i loro volumi ſi ſono ſcemati, e quindi, che eſſendo minore il volume d'acqua ſcacciato dal ſuo luogo ſcemavaſi meno il peſo totale del corpo immerſo.

12 Quindi ſi può aſſerire con certezza, che il corpo d'un peſce o d'un animale qualſivoglia ſecondo la varia profondità, alla quale è immerſo nell'acqua, eſſendo più o meno premuto, è anche più o meno diminuito di volume nelle ſue parti cedevoli, come ſono le carni ed il graſſo; e che ſe eſſo ſia peſante poco più dell'acqua, quando è immerſo appena ſotto la ſuperfice del fluido, diviene relativamente ſempre più peſante ſecondo che più s'affonda. Diminuito così il volume non s'altera, nè si difforma ſenſibilmente la ſua figura, ma appariſce ſimile a quella che ha nell'aria, ſebbene effettivamente ſi alteri, atteſo che il volume del capo e del torace, che ſono oſſei, non cede, e la diminuzione ſi fa ſoltanto nelle parti molli e capaci di condenſazione.

Fig. IV 13 Calando nell'acqua per mezzo d'un filo, e tenendo ſoſpeſa una veſcica chiuſa e piena di mercurio, eſſa prende quella figura che compete al ſuo peſo ed alla cedenza delle ſue pareti, e la mantiene a qualunque profondità ſia calata. Se s'introduca un cannello di vetro nella veſcica, e queſta vi ſi leghi d'intorno ſtrettamente, il mercurio ſi ſolleva nel cannello all'altezza che corriſponde alla profondità dell'immerſione. In queſta facile ſperienza è da notarſi, che l'acqua eſercita nella veſcica una preſſione indicata dall'altezza del mercurio nel cannello: ſicchè *AB* di mercurio s'equilibra con *DB* d'acqua: e ſe degli altri cannelli ſorgeſſero da *b*, *B*, il mercurio s'alzerebbe in *a*, *α* allo ſteſſo livello di *A*, e diminuirebbeſi il volume della veſcica ſimilmente, atteſe le compreſſioni eguali in tutti i punti. Nè per quanto ſi moltiplicaſſero i cannelli ſi varierebbe *AB*, poſto che la ſuperficie dell'acqua reſtaſſe in *CD*, e che la capacità della veſcica foſſe maggiore di quella de' cannelli preſi inſieme. E perciò ſebbene la colonna d'acqua che preme in *c* ſia maggiore di quella che preme in *b*, e la corriſpondente colonna di mercurio *a b c* ſia maggiore della *AB*, ſono però egualmente premuti i punti *B C*, perchè eſſendo equilibrato il mercurio tra *B b*, la preſſione in *c* è eguale

ad $ab = AB$. Per la qual cosa mi sembra meno esatta l'osservazione di *Gravesande* (Elem. Phys. § 1469), che quando un solido è immerso in un fluido a grande profondità, la pressione nella parte superiore appena differisce dalla pressione nella parte inferiore; sicchè i corpi immersi profondamente nell'acqua siano premuti da ogni parte quasi egualmente. Si deve dire invece che sono da ogni parte premuti con esatta eguaglianza, mentre a ciò che manca, per la disuguaglianza d' altezza delle colonne di fluido esterno prementi, supplisce la mole del corpo immerso o per la sua continuità, o per la sua resistenza nascente dalla coerenza delle sue parti e dalla sua figura, e fa lo stesso effetto delle colonne di mercurio equilibrate in $B\ b$.

14 Consideriamo in fatti il caso d'un corpo molle, o d'un corpo vuoto e tenue compresso dall'acqua. Riposti in una vescica piena d'acqua un guscio d'uovo vuotato per un piccolo buco, otturato poi con cera, un globo di vetro vuoto e di tenui pareti, un pezzo di cera molle di qualsivoglia figura, un pesce, un girino, indi chiusa con forte legame la vescica si metta in un vaso cilindrico proporzionato, e di robuste pareti. Sopra la vescica s'aggiunga quanto peso piace che prema sulla sezione orizzontale del cilindro. La pressione di 200 libbre e più ancora non danneggia punto nè schiaccia gli animali, nè il guscio d'uovo, nè il globo di vetro, che dentro si contiene, nè altera la figura del pezzo di cera molle. Se il corpo immerso vuoto e fragile come il vetro sia della figura d'un cilindro a base piana e bastantemente ampia, è certo che la pressione a certo grado accresciuta cederà e si romperà; come appunto accade, se alla macchina pneumatica s'applichi un recipiente cilindrico con base piana e non conformata a campana, mentre quello dopo poche estrazioni d'aria si rompe: la campana resiste per quanto si continuino l'estrazioni. Quando la superficie premuta è piana, le parti vicine al mezzo cedono più di quelle vicine alla circonferenza, e trovando sotto di sè spazio non resistente cedono: ma quando la superficie è convessa e di sostanza rigida, essa non può cedere in un punto senza che il punto vicino s'innalzi, ed il vicino egualmente premuto dal primo non può innalzarsi. Non può avvicinarsi

una parete del guſcio d'uovo alla ſua oppoſta, ſenza che la figura del guſcio ſi dilati, ed a queſta dilatazione reſiſte la preſſione che s'eſercita in que' punti che dovrebbero diſcoſtarſi. Realmente però non è eguale la preſſione che il guſcio d'uovo ſoffre in tutti i punti dall'acqua che lo circonda: giacchè in *c* ſoffre maggior preſſione di quello che in *m* o in *B*. Qualora dunque la forza di coerenza del guſcio baſti a ſoſtenere la differenza naſcente da *bc*, lo ſchiacciamento non può accadere per quanto s'accreſca la forza dell'acqua premente. Quanto poi al pezzo di cera molle che non muta figura o agli animali immerſi che non ſoffrono danno dalla preſſione dell'acqua, ſe queſte maſſe ſi conſiderino come compoſte di materia a un dipreſſo uniforme, e ſiano atte a diminuirſi di volume per la compreſſione, eſſe ſi diminuiranno ſenza cambiamento della loro figura, poichè ſono preciſamente al caſo della veſcica di mercurio, nella quale il punto *B* è premuto come il punto *c*, quello dalla colonna *AB*, queſto dalla colonna *ab*, mentre per la differenza *bc* eſſa è equilibrata dalla contrapreſſione di *Bc*. La figura del corpo, che s'immerge nell'acqua, o ſi muta perchè le di lui parti non avendo alcuna coerenza tra di loro, per la gravità loro non ſoſtenute cadono, o ſe le ſue parti ſono coerenti, punto non s'altera dalla creſciuta uniforme eſterna preſſione. Quando ſi getta un fluido nell'acqua, con la quale non ſia meſcibile, prende eſſo una figura diſſimile da quella che aveva cadendo, ſecondo che richiede la gravità delle ſue parti, e la tenacità o viſcoſità loro. Se nel cadere s'addenſi, come ſarebbe del ſego liquido che ſi verſaſſe nell'acqua fredda, conſerva la forma che prende, e la continuità della maſſa prodotta equilibra le differenze *bc* tra le preſſioni in *B* ed in *c*.

15 Per la ragione che abbiamo ſopra indicata § 3 e ſeg. non biſogna confondere l'effetto della preſſione de' fluidi col peſo de' medeſimi eſplorato con la bilancia. Si fa dai Fiſici queſta ſperienza. Appeſo ad una bilancia per mezzo d'un manico abbaſtanza lungo un bicchiere non affatto pieno d'acqua ſi mette in equilibrio con un contrappeſo. Dall'alto d'uno ſtante fiſſo ſulla tavola ſporge orizzontalmente un braccio di legno fiſſato allo ſtante, e dall'eſtremo del brac-

cio discende un cilindro di legno, immobile. Si dispone la bilancia per modo, che il cilindro si possa immergere nell' acqua contenuta nel bicchiere, l'equilibrio si turba e preponderà il bicchiere, nel quale l'acqua s'innalza. Per restituire l'equilibrio bisogna aggiungere alla bilancia tanto contrappeso, quanto è il peso dell' acqua, che si dovrà versare nel bicchiere, onde s'innalzi allo stesso segno, a cui è innalzata per l'immersione del cilindro. Ma se il cilindro, invece d'essere annesso al braccio fisso orizzontale, sia attaccato al manico del bicchiere, in questo caso l'equilibrio resta il medesimo e senza alterazione di contrappesi, o che il cilindro sia fuori, o che sia immerso nell'acqua. In questo secondo caso senza veruna alterazione di peso, la pressione nel fondo del bicchiere s'accresce coll' immersione del cilindro, ma questo accrescimento non si manifesta sulla bilancia. Ed è appunto lo stesso, come accade se un uomo stando sul suolo prema una delle due lancie della bilancia posta in equilibrio, oppure prema la stessa lance, mentr'egli è sulla medesima collocato. Quindi, se il cilindro fissato al braccio orizzontale s'immerga alla stessa misura in un vaso di grande o piccola capacità messo in equilibrio alla bilancia, sarà sempre eguale l'aumento del peso per restituire l'equilibrio dopo l'immersione, ma la pressione nel fondo sarà molto diversa e relativa all'altezza a cui sarà asceso il fluido per l'immersione del cilindro.

16 Corrisponde a questa l'altra esperienza, che se sullo stesso fondo circolare sieno eretti successivamente tre vasi d'eguale altezza, uno cilindrico, uno conico divergente, l'altro conico convergente, ed il fondo sia mobile, sicchè possa abbassarsi ed alzarsi scorrendo con moto parallelo a sè stesso senza lasciar sortire l'acqua di cui si riempiano, la pressione sul fondo sarà in tutti eguale, ancorchè i pesi dell' acqua contenuta ne' vasi siano molto diversi tra di loro. Nel cilindrico la pressione è eguale al peso di tutta l'acqua: nel vaso conico divergente all'insù, tutto il volume d'acqua che eccede la misura del cilindro è sostenuto dai lati del vaso inclinati all'infuori, nel vaso conico convergente all' insù, ogni punto dei lati del cono fatti di materia resistente opera come il cilindro di legno affisso al manico del bic-

chiere, e ſenza accreſcere il peſo accreſce la preſſione ſul fondo, per quanto l'acqua s'innalza. E che di fatto non accreſca il peſo ſcorgeſi ad evidenza, mentre iſtituendo queſta eſperienza, il vaſo conico divergente all'insù ed il cilindrico reſiſtono al contrappeſo, che equilibra la preſſione ſul fondo; ma il vaſo conico convergente non reſiſte ed è ſollevato dal contrappeſo, ſicchè biſogna ritenerlo con una forza fiſſo alla tavola, ſulla quale ſi fa l'eſperienza.

17 Da queſte oſſervazioni facilmente s'intende come una nave di qualſivoglia peſo galleggiante ſul mare, non accreſca la preſſione ſul fondo del mare ad eſſa ſottopoſto, più che l'acqua che v'era da prima nel luogo della nave. Perchè la nave occupa nell'acqua un luogo eguale al volume d'acqua, che peſa quanto eſſa, e che diſcaccia dal luogo ſuo. E poichè l'acqua ſcacciata non aumenta l'altezza del mare in tutta la ſua eſtenſione comunicante, non vi ſarà preſſione maggiore nel fondo ſottopoſto alla nave ſteſſa.

18 Così ancora le nuvole ſoſpeſe nell'atmosfera e galleggianti per la loro gravità relativa minore di quella dell'aria non peſano affatto nelle regioni inferiori: perciocchè ſono ſoſtenute ed equilibrate dalle colonne d'aria poſte d'intorno, e l'altezza dell'atmosfera troppo inſenſibilmente ſi può inalzare per l'aggiunta de' volumi delle nuvole, atteſa la libera comunicazione in tutta la ſua eſtenſione.

19 *Leibnizio* per iſpiegare le variazioni del barometro prima che cada la pioggia e mentre cade, pensò che le nubi ed i vapori rendeſſero più peſante l'atmosfera prima di cadere, e nell'atto di cadere, non eſercitando più il proprio peſo ſull'aria, queſta premeſſe meno il barometro.

20 Sul primo aſſunto non ſi è moſſa alcuna difficoltà, ancorchè ſi poteſſe per quello che abbiamo poc'anzi notato. Sul ſecondo produſſe egli un'ingegnoſa eſperienza, la quale appartiene alle preſenti noſtre oſſervazioni, e che non ho per anche veduto compiutamente ſpiegata. Abbiaſi un tubo del diametro di tre pollici, e lungo circa piedi quattro, ripieno d'acqua, e s'appenda all'eſtremo dell'aſta d'una bilancia. Dal manico del tubo, o dall'eſtremo dell'aſta penda per un filo un globo di piombo, il quale ſia appena immerſo ſotto la ſuperficie dell'acqua del tubo. Facciaſi l'equili-

brio: indi si tagli o s'abbruci il filo dal quale pende il globo: nel tempo della discesa del globo si turba l'equilibrio, e prepondera il contrappeso, e giunto il globo al fondo, l'equilibrio si restituisce. L'illazione è, che il globo nell'atto di discendere non pesa sulla bilancia, e che perciò lo stesso dee dirsi de' vapori, quando raccolti in goccie discendono nell'atmosfera, che perciò non premono, ond'essa gravita meno nel mercurio del barometro.

21 Ora considerando l'esperienza stessa, indipendentemente dall'applicazione, che ne fece l'Inventore, s'osservi essere verissimo che mentre un corpo discende non può esercitare veruna forza per la sua gravità sopra un altro corpo, col quale non abbia alcuna connessione. Se l'esperimento s'istituisse nel tubo occupato soltanto dall'aria, non vi sarebbe alcuna meraviglia per la preponderanza del contrappeso, perchè il globo non avendo alcuna connessione col tubo, o con la bilancia, allorchè è rotto il filo, non può ne' medesimi esercitare alcuna azione.

22 Ma il caso è diverso, quando nel tubo v'è l'acqua, per cui il globo deve aprirsi la strada discendendo ed esercitando una pressione. Se si faccia sorgere dall'ima parte del tubo un cannello di vetro più alto del tubo stesso, nel quale l'acqua si metterà allo stesso livello, esso serve d'indice per vedere, come l'acqua sia premuta nell'atto della discesa del globo. In fatti essa s'innalza notabilmente sopra il livello, che aveva nello stato di quiete.

23 Se il filo da cui pende il globo non sia annesso al manico del tubo o all'estremo dell'asta della bilancia, ma ad un braccio fisso, onde la bilancia non sia punto gravata dal peso del globo nello stato d'equilibrio, allora tagliato o bruciato il filo, nell'atto che cade il globo per l'acqua, il tubo prepondera, e molto più quando il globo è giunto al fondo. Che se il tubo sia occupato soltanto dall'aria, allora mentre il globo cade l'equilibrio non si turba, ma bensì propondera il tubo, quando il globo è giunto al fondo.

24 Per ispiegare questi fatti bisogna distinguere la pressione dal peso. Quando il globo pende dal manico del tubo esso aggrava la bilancia con tutto il suo peso, e l'aggrava nello stesso modo se sia o non sia immerso nell'acqua.

Allorchè discende per l'acqua, ciò succede per l'eccesso del suo peso sopra quello d'un pari volume d'acqua, che ascende mentre il globo cade. Non grava dunque con tutto il suo peso la bilancia, e perciò prepondera il contrappeso. Quando il globo pende dal bracio fisso, non accresce peso alla bilancia o immerso o no che sia nell'acqua del tubo. Tagliato o bruciato il filo s'aumenta il peso del tubo di tanto quanto è il peso d'un volume di acqua pari al volume del globo: ed inoltre s'aggrava la bilancia di quella parte di peso, che preme sulla bilancia stessa discendendo, onde prepondera il tubo.

25 Per vedere poi, come il peso cadente non aggravi di tutta la sua quantità la bilancia, si osservi il seguente fatto di Statica. Se ad un filo avvolto ad una carrucola s'appendano due pesi disuguali, e la carrucola col filo e pesi s'appenda ad una bilancia, e si faccia equilibrio, indi sollevato il peso maggiore fino alla carrucola si lasci cadere, sicchè sollevi il minore, nel tempo della discesa l'equilibrio si turba e prepondera il contrappeso. In questa sperienza non preme sull'asse della carrucola e per conseguenza nella bilancia la parte di peso che cade, e preme quella che non cade. Se i due pesi siano p, q, la parte, che non cade e preme è $\frac{4pq}{p+q}$, e la parte che cade e non preme è $\frac{(q-p)^2}{p+q}$ (Vedasi *Desagulier* Cours de Physique Not. sur la Leç. III. pag. 171) Lo stesso accade al globo che discende per l'acqua, una porzione del quale cadendo non preme, l'altra preme nella bilancia.

Se $q = 11$ peso del globo di piombo, $p = 1$ peso d'un pari volume d'acqua, la parte di peso che non cade e preme sarà eguale a $3\frac{2}{7}$, e la parte che cade e non preme sarà eguale a $8\frac{2}{7}$.

26 E perciò quando il globo pende dal manico, e tagliato il filo cade, lo sbilanciamento deve farsi per quella parte che cadendo non preme, cioè il tubo deve riuscire più leggiero di $8\frac{2}{7}$, quindi deve preponderare il contrappeso, e restituirsi l'equilibrio, allorchè il globo è giunto al fondo. Quando poi il globo pende dal braccio fisso, e tagliato il filo cade, primieramente deve rendersi preponderante il tubo, perchè vi si aggiunge un volume equivalente nel peso

ad

ad un pari volume d'acqua. In fatti se il globo fosse della stessa gravità specifica dell'acqua, tagliato il filo, esso non discenderebbe, ma la bilancia ne sentirebbe il peso, ed il tubo si renderebbe preponderante. Nell'atto poi di cadere la parte premente la bilancia è, come nell'altro caso, $3\frac{3}{7}$, e la non premente è $8\frac{4}{7}$. Ma la premente non avendo contrappeso che la equilibri fa preponderare dalla stessa parte la bilancia. E ritornando alla sperienza della carrucola, questo secondo caso sarebbe come se il peso maggiore annesso al filo non avesse contrappeso nella bilancia, mentre allora sicuramente la bilancia stessa prepondererebbe nell'atto della discesa dalla parte della carrucola.

27 L'indice, nel quale s'alza l'acqua nell'atto della caduta del globo, dimostra la pressione, che s'esercita dall'acqua nel fondo del tubo, la quale non si deve confondere coll'effetto del peso nel produrre lo sbilanciamento. Il globo pendente dal braccio fisso immerso nell'acqua innalza la superficie dell'acqua, accresce la pressione sul fondo, e non turba punto l'equilibrio a cui siasi messo il tubo ripieno d'acqua senza il globo immerso. Se il fondo del tubo fosse mobile, e potesse scorrere parallelo a sè stesso, dimostrerebbe con la sua discesa, o con la forza occorrente per impedirla, la pressione che s'esercita sul suo fondo, per l'acqua innalzata coll'immersione del globo. Così ancora dimostrerebbe l'effetto della pressione nascente dal globo cadente, e che si fa strada per l'acqua: ma sì l'uno che l'altro effetto niente turbano la legge d'equilibrio del tubo col suo contrappeso. Lo stesso deve dirsi dell'innalzamento dell'acqua che si osserva nel cannello, il quale è un effetto della pressione sul fondo del tubo, che niente altera la legge del suo equilibrio col contrappeso. Così se un uomo con una tromba ed uno stantuffo fosse posto in equilibrio sopra una bilancia, ed agitando lo stantuffo facesse ascendere l'acqua in un tubo comunicante con la tromba, l'equilibrio punto non si turberebbe.

28 La varia altezza a cui sorge l'acqua nel cannello è un effetto della proporzione che passa tra la sezione del tubo e quella del cannello tanto nella sua origine, quanto nel suo progresso. La forza premente del globo che discende è

la ſteſſa, quando le due ſezioni del tubo e del cannello nella ſua origine ſiano le medeſime. Ma ſe il cannello dalla ſteſſa ſezione o forame aperto nel fondo del tubo ſorgerà cilindrico, o conico divergente o convergente, riuſcirà diverſa l'altezza a cui l'acqua s'innalzerà nel cannello ſopra il ſuo primo livello: perchè la ſteſſa quantità d'acqua cacciata fuori dovendoſi conformare in figure così diverſe ſulla ſteſſa baſe, produrrà altezze differenti. Laonde l'altezza a cui ſi ſolleva l'acqua nel cannello non è miſura della preſſione che ſoffre il fondo, ma ſoltanto un indizio, il quale però dimoſtra perchè la bilancia non ne riſenta alcuna alterazione, mentre all'azione del grave premente all'ingiù corriſponde eguale azione in ſenſo oppoſto dell'acqua ſpinta all'insù.

29 Inoltre queſta preſſione ſul fondo ſarà diverſa a miſura che il globo ſarà maggiore, o minore riſpetto alla ſezione del tubo, o che invece della figura sferica ſi darà al corpo che diſcende una figura conica cilindrica o altra che ſia, e l'oſſervazione dell' altezze a cui s' alza l' acqua nel cannello, difficile per altro da farſi con eſattezza, potrebbe moſtrare le varie reſiſtenze che ſoffrono i corpi diſcendenti per l' acqua, dipendentemente dalla loro figura. Finalmente ſe ritenendo il medeſimo tubo e globo facciaſi che il cannello abbia il medeſimo diametro del tubo, l' innalzamento dell' acqua nel cannello ſteſſo ſarebbe inſenſibile, eppure la forza eſercitata dallo ſteſſo globo cadente nel fluido, da cui naſce la preſſione, ſarebbe la ſteſſa.

30 Induce queſta oſſervazione a penſare quanto importi la proporzione de' forami al fondo de' vaſi, per regolare la velocità dell'acqua che dai medeſimi eſce, e l'altezza a cui può ſalire. In fatti quando ad un vaſo ripieno d' acqua ſi toglie d'un tratto il fondo, la preſſione dell'acqua contenuta nel vaſo è nulla ſopra quella che eſce, e tutte le parti del fluido diſcendono col moto naſcente dalla gravità liberamente eſercitata, e perciò eguale. Ma quando invece di togliere il fondo s'apre in eſſo un forame, la preſſione dell'acqua ſuperiore ſull'inferiore non è della colonna d'acqua inſiſtente ſopra il forame, ma di tutta quella che è contenuta nell'ampiezza del vaſo, come ne fa certa prova l'abbaſſamento uniforme di tutta la ſuperficie del fluido. La re-

cente teoria di M. *Bernard* (Nouveaux Principes d' hydraulique) è la più ſoddisfacente ch' io trovi ſino ad ora a ſpiegare i fenomeni di queſta claſſe , ſopra i quali ſi fonda gran parte dell' Idraulica. Il fluido contenuto nel vaſo opera premendo con la ſua gravità , mentre è aperto il forame, nello ſteſſo modo come un grave poſto ſopra un piano inclinato, la di cui altezza alla baſe abbia la proporzione dell' ampiezza del forame alla proporzione di fondo che rimane non occupata dal forame. Quando la baſe del piano inclinato è nulla, cioè che il forame occupa tutto il fondo, la preſſione del grave cadente ſul piano è nulla : e il fluido cade per la ſola ſua gravità, quando la baſe ha una proporzione inſigne all' altezza , allora la preſſione è grande . Si deduca a confronto lo ſpazio percorſo in un dato tempo dal fluido in un vaſo cilindrico in queſta ipoteſi de' piani inclinati, e la maſſa di fluido così diſceſa ſi trasformi in un cilindro la di cui baſe ſia eguale all' area del forame, l' altezza che ne riſulterà ſarà lo ſpazio percorſo dal fluido nel dato tempo , cioè l' altezza a cui potrebbe aſcendere . Se l' area del fondo ſia 30 , quella del forame ſia 1 , l' altezza del vaſo ſia 15 , ſi troverà l' altezza del getto , o lo ſpazio percorſo dal fluido eguale a 29 $\frac{1}{2}$. Se l' area del fondo ſia 30 , il forame 29 , l' altezza del vaſo ſia = 15 , ſi troverà lo ſpazio percorſo 14 $\frac{1}{2}$.

31 Queſta verità, che pure è di fatto, fu conoſciuta per molto tempo , anzi *Gicard* (Hiſt. Reg. Acad. Paris. lib. 1 Sect. 3 Cap. 4) intrapreſe di dimoſtrare coll' eſperienza che l' ampiezza del vaſo e del fondo contribuiva poco o molto ad alterare la quantità d' acqua ch' eſce da un forame aperto nel fondo ſteſſo . *Daniele Bernoulli* (Hydrodyn. Sect. 5. §. 4) vide ſagacemente , che non ſi poteva traſcurare la proporzione dell' area del fondo a quella del forame, e deduſſe dai ſuoi principj la formula $b = \frac{m^2 a}{m^2 - n^2}$, nella quale b eſprime l' altezza corriſpondente alla velocità con cui l' acqua eſce dal forame , n l' area del forame , m l' area del fondo , a l' altezza dell' acqua nel vaſo . In queſta formula però ſuppoſto n infinitamente piccolo , diventa $b = a$, che corriſponde all' eſperienza : ma ſuppoſto $m = n$, b diviene

infinita, che è una conseguenza troppo lontana dal vero, e dalla realità, perciocchè la forza, per cui l'acqua discende, quando il fondo è distrutto, è realmente la forza di gravità, che non esercita veruna pressione sul fluido sottoposto.

32 Ho voluto riscontrare coll'esperienza, se corrisponda al fatto la teoria dedotta dalle varie pressioni del fluido contenuto in vasi di diverso fondo ed aperti con lo stesso forame. Si sono preparati due vasi parallelepipedi alti pollici 40, di base quadrata, una del lato di linee 102, l'altra del lato di linee 30. Il fondo di ciascheduno de' detti vasi è munito d'una grossa lastra d'ottone, nella quale è aperto un forame circolare del diametro di linee 18, il di cui contorno è solcato a vite. A questo forame s'applica una lastra circolare col contorno solcato a vite simile alla precedente. In questa lastra rotonda assottigliata nel mezzo è aperto un forame circolare del diametro di linee 6. Si ha inoltre un' altra simile lastra rotonda col contorno solcato a vite perforata nel mezzo con buco circolare del diametro di lin. 6, esternamente munito d'un tubo cilindrico dello stesso calibro lungo lin. 10, ed internamente munito d'un imbuto che dall'ampiezza del forame s'espande ad un cerchio del diametro di lin. 16. Ciascheduna di queste due lastre si può applicare a ciascheduno de' mentovati due vasi, onde il forame per cui esce l'acqua sia precisamente lo stesso nell'esperienze di confronto. La proporzione dell'area de' forami all'area del fondo nel vaso maggiore è di 200 : 1, nel minore di 17 : 1 prossimamente. Empiuti successivamente detti vasi, e mantenuti pieni, facendo versar l'acqua sempre dallo stesso uomo, con pari avvertenza, nascente da molta abitudine (il che equivale a qualsivoglia artifizio, che immaginar si possa per l'uniformità del riempimento) si è raccolta e misurata l'acqua che in pari tempo uscì da ciaschedun vaso per lo stesso forame.

I. Dal vaso maggiore per il forame aperto nella lastra assottigliata nel tempo di 30 minuti secondi si sono raccolte d'acqua - - - - - - - - - - lib. 32 $\frac{1}{4}$

II. Dallo stesso, per il forame munito di tubo e d' imbuto, nello stesso tempo, si sono raccolte d'acqua lib. 45.

III. Dal vaso minore, per il forame, come nell'Esp. I.,

nello ſteſſo tempo, ſi ſono raccolte d'acqua - - lib. 30 $\frac{1}{4}$

IV. Dallo ſteſſo vaſo, per il forame, come nell'Eſp. II., nello ſteſſo tempo, ſi ſono raccolte d' acqua - - lib. 42 $\frac{1}{2}$

33 E' certo che la quantità d'acqua, la quale uſcirebbe libera affatto dagli effetti della contrazione della vena, ſarebbe maggiore di quella, che ſi è raccolta nell'eſperienze ſuddette. Tolgono in gran parte gli effetti ſteſſi, il cilindro eſteriore, e l'imbuto interiore, di cui è munito il forame nell' eſp. II. e IV., e quindi ſi ſcorge quanto notabile ſia la differenza della quantità raccolta nello ſteſſo tempo, a confronto di quella che ſi raccoglie nell'Eſp. I. e III. Ma ciò, che importa all'oggetto noſtro preſente, è d'oſſervare, come coſtantemente dal vaſo di baſe più ampia eſca per lo ſteſſo forame da pari altezza in pari tempo maggiore quantità d'acqua, di quello che dal vaſo di baſe più riſtretta. Differenza che ben ſi prevede, ſe ſi fondi un calcolo ſull'aſſunto, che la gravità dell'acqua operi nel premere e ſollecitare l'uſcita per i forami aperti nel fondo del vaſo non liberamente ma con forza diminuita in quella ſteſſa proporzione in cui ſi diminuiſce la ſollecitazione d'un grave poſto ſopra un piano inclinato, la baſe del quale all'altezza abbia la proporzione dell'area del fondo non occupata dal forame all'area del forame. Onde ſi raccoglie che la preſſione idroſtatica non ceſſa giammai, ma ſoltanto ſi modifica con certe leggi, nel produrre l'uſcita e la velocità de' fluidi che eſcono dai forami diſcendendo, o zampillando, o elevandoſi in tubi aggiunti: e queſte leggi dipendono dalla proporzione tra l'aria del fondo e quella del forame, poſta l'altezza pari.

34 *Danielle Bernoulli* (Hydrodyn. Sect. XII) eſaminò con particolare ſtudio le leggi di preſſione, ch'eſercitano i fluidi nelle pareti de' vaſi o tubi, per i quali ſcorrono, e chiamò idraulico-ſtatica queſta conſiderazione, che a dir vero ſembra ſublime e nuova. Se per un tubo il quale derivi da un vaſo mantenuto pieno d'acqua, e ſia d'un tratto ſpezzato, eſca l'acqua con la velocità corriſpondente all'altezza a, e prima che foſſe ſpezzato l'acqua eſca da un'apertura minima fatta nel tubo ſteſſo con velocità corriſpondente all'altezza b, la preſſione dell'acqua nelle pareti del tubo ſarà $a-b$. Sicchè, ſe per qualche combinazione avvenga

che b sia maggiore di a, la pressione del fluido nelle pareti del tubo sarà negativa, cioè non sarà dal fluido nelle pareti, ma da queste in quello, e si cangierà in succhiamento. Una tale combinazione si ha nel caso seguente. Abbiasi un vaso $ABFG$, dal fondo del quale discenda il tubo DE conico divergente; si mantenga pieno, e la pressione dell'acqua nel punto D, per la teoria dell'Autore, sarà espressa dalla formula $c - \frac{m^2 a}{n^2}$: nella quale l'area del forame $E = m$, la sezione del tubo in $D = n$, l'altezza dell'acqua sopra $E = a$, e l'altezza sopra $D = c$. E' manifesto, che la suddetta formula in questo caso esprime una quantità negativa. Quindi deduce egli, che se dal punto D discenda un tubo DL, e s'immerga nell'acqua, mentre quella del vaso discenderà per E, ne ascenderà dell'altra da L in D e caderà per E, atteso che la pressione negativa diventa succhiamento. L'esperienza corrisponde, mentre fatto il tubo conico DE lungo 4 pollici, il forame E di 5 linee di diametro, D di 4, l'altezza BA di pollici 18, BD di 19, DL di 10, e mantenuto il vaso pieno d'acqua, mentre essa discende per E, se n'alza per LD, e discende per DE.

35 Questa teoria e questa sperienza sembrano confermarsi a vicenda, sicchè non si possa negarvi l'assenso, e non pertanto lasciano nella mente una certa dubbiezza, che non si può vincere, principalmente per la strana frase di pressione negativa, e perchè non si scorge quale connessione aver possa una forza, che per qualsivoglia direzione s'eserciti sulla parete d'un tubo conico rigido, col movimento d'ascesa dell'acqua per il tubo laterale LD. Ommettendo di riferire gli studj fatti da molti, per rischiarare questo argomento, addurrò soltanto le mie osservazioni e pensieri. Primieramente la formula sopraddotta porta in conseguenza, che mantenendo le altezze medesime c a, s'avrà sempre pressione negativa e succhiamento qualunque sia la proporzione di m ad n, purchè m sia maggiore di n. Ma ciò non combina affatto all'esperienza. In secondo luogo lasciando n c come sono, ed allungando soltanto il tubo conico, sicchè s'accresca a ed m, dovrebbe il succhiamento farsi da maggiore altezza, cioè con forza maggiore: il che parimente non com-

bina coll'esperienza. In terzo luogo, se il tubo conico non fosse piantato verticalmente, ma uscisse dal vaso con direzione orizzontale del suo lato inferiore, non dovrebbe farsi la pressione negativa o succhiamento, perchè in questo caso *a* sarebbe eguale a *c*, e per quanto *m* fosse maggiore di *n*, non vi sarebbe accelerazione più in *m* che in *n*, atteso che l'altezza da cui dipende la velocità è la medesima: eppure col fatto succede il succhiamento.

36 Io non mi tratterrò qui a considerare gli elementi della teoria Bernulliana, dai quali è dedotta la suddetta formula, lo che troppo mi allontanerebbe dall'intenzione d'esaminare e d'investigare la cagione d'un fatto, il quale non combinando in tutte le sue modificazioni con la formula, avvisa già non essere gli elementi stessi conformi alla verità fisica. Ad oggetto pertanto di sviluppare il meccanismo di questo fenomeno, ho istituito la seguente breve serie d'esperienze.

37 *ABFG* è un vaso di vetro cilindrico dell'altezza di poll. 18 del diametro di poll. $3\frac{1}{2}$. Esso è circondato a ciaschedun estremo d'una fascia di lastra d'ottone, nel bordo della quale è scolpita una vite. Una serve per adattarvi un fondo d'ottone: l'altra per adattarvi un cilindro di vetro simile al primo, onde avere doppia altezza di vaso. Nel mezzo del fondo d'ottone è aperto un forame circolare del diametro di lin. 4. Intorno a questo forame è aderente alla superficie esterna del fondo un anello schiacciato d'ottone del diametro di dieci linee, concentrico al forame, col contorno interiore scolpito a vite, onde adattarvi i cannelli, de' quali si dirà. Un altro anello simile è aderente all'interna superficie del fondo. Il vaso di poll. 18 è mantenuto pieno d'acqua, e si nota con un cronometro a minuti primi, secondi, e terzi il tempo nel quale si riempie un vaso della capacità di lib. 20. Sebbene alcune dell'esperienze qui registrate non servano immediatamente all'oggetto, pure siccome erano nella serie e possono servire ad altre considerazioni, si riportarono.

I. Dal forame nudo aperto nel fondo .... Tempo. 0.50″.20

II. Dal forame munito esternamente d'un tubo cilindrico d'ottone, calibrato alla sezione del fo-

rame, lungo pollici 4. Questo tubo, come i seguenti, s' adatta al fondo del vaso con base fatta a vite, che s' unisce all' anello. - - - - - - 0.39".19

III. Dal forame munito del tubo precedente, allungato coll' aggiunta d' un altro eguale in lunghezza e calibro - - - - - - - - - - - - 0.41.26

IV. Dal forame munito esternamente del cilindro, come al n. 2, ed internamente d' un imbuto o cono tronco, la base minore del quale è eguale al forame, la maggiore è del diametro d' un pollice, l' altezza d' un pollice - - - - - - - 0.35.59

V. Dal forame munito del tubo come al n. 2, ed internamente d' un imbuto d' altezza doppia, e doppia espansione della sua base maggiore - - 0.35.56

VI. Dal forame munito di tubo cilindrico esteriore, dal quale all' altezza *DR* di linee 10 discende un tubo *DL* lungo poll. 12, del diametro di una linea e mezza aperto nell' aria - - - - - - - 0.39.24

chiuso il tubo laterale con cera in *L* - - - - - 0.39.22

immerso il tubo laterale in un vaso d' acqua alla profondità di 6. pollici - - - - - - - - - - 0.39.23

In questa sperienza l' acqua non esce per il tubo laterale, nè entra mai ascendendo, nè la vena d' acqua si altera punto chiudendo, o lasciando aperto nell' aria l' estremo *L*. Se mentre l' acqua discende per *E* si chiuda il forame *E*, essa discende per *L*, e lasciando libero *E* continua a discendere per *L*. Ma vuotato il vaso interamente, e di nuovo riempiuto per ripetere l' esperienza, l' acqua esce per *E* e non per *L*. Se questo tubo cilindrico si allunghi a quadrupla lunghezza, l' acqua nel discendere esce spontaneamente dal tubo laterale.

VII. Dal forame munito di tubo esterno conico tronco, la di cui sezione minore è del diametro di lin. 4, precisamente eguale al forame, e la sezione maggiore è del diametro di linee 5. Il tubo è lungo pollici 4. - - - - - - - - - - 0.28.32

Dal punto *D* di questo tubo lontano lin. 10 dal

punto

punto *R* parte un tubo tenue del diametro di poco più d'una linea, il quale discende per 12 pollici fino a *L*. Questo tubo laterale nell' Esper. presente era chiuso con cera all'estremo suo inferiore.

VIII. Dallo stesso forame munito dello stesso tubo esterno, e dell'imbuto interno, come al n°. IV, col laterale chiuso come nella Sper. prec. - - 0.21".4

IX. Dallo stesso forame munito dello stesso tubo esterno, e dell'imbuto interno, ma col laterale aperto nell' aria - - - - - - - - - - - - 0.28.32

X. Dallo stesso forame munito, come nell'Esper. preced., ma col tubo laterale immerso nell'acqua 0.20.47

L'acqua è ascesa per il tubo laterale all'altezza di poll. 14 da *L* in *D*. Il tubo *DL* è immerso in un vaso del diametro di due pollici ripieno d'acqua, il livello della quale va abbassandosi a misura che essa è alzata e trasfusa in *DE*. Convenne perciò aggiungere a *DL* un tubo di vetro per allungarlo, giacchè l'altezza *LD* riuscì di poll. 14, nè l'acqua si potè innalzare da maggiore profondità.

Quando il tubo laterale si lascia aperto nell' aria, mentre l'acqua esce per il conico verticale, scorgesi la vena mescolata con molte bolle d'aria, rumorosa nel cadere, e gorgogliante. Chiudendo col dito il tubo laterale, o immergendolo nell' acqua, la vena comparisce unita e liscia.

XI. Dal forame munito di tubo conico simile al precedente e tre tubi laterali *DZ* chiusi con cera all'estremità inferiori, e l'imbuto interno 0. 24. 32

XII. Dallo stesso con i laterali immersi nell'acqua 0. 24. 3
l'acqua è ascesa per tutti tre i laterali all'altezza di circa pollici 14.

XIII. Dallo stesso con i laterali aperti nell'aria 0. 28. 0

XIV. Il vaso *ABFG* si è fatto d'altezza doppia cioè di pollici 36. Dal forame nudo come al n. I. 0. 38. 35

XV. Dal forame munito come al n. VI. di tubo cilindrico - - - - - - - - - - - - - - - 0. 29. 13

XVI. Dal forame munito di tubo esterno conico

come al n. VII., col laterale chiuso di cera - - o. 19". 34

XVII. Dal forame munito come nella precedente col tubo laterale immerso nell' acqua - - - o. 19. 29 l' acqua è ascesa dalla profondità *LD* di poll. 20.

XVIII. Dallo stesso aggiungendo l' imbuto interno o. 16. 32 l' acqua è ascesa per il laterale dalla profondità *DL* di poll. 24

Se si mantenga sempre pieno allo stesso modo il vaso in cui s' immerge il tubo laterale, la solita quantità d' acqua si raccoglie in tempo eguale a quello, che si osserva se il tubo laterale sia chiuso.

XIX. Allo stesso vaso si applicò orizzontalmente lo stesso tubo conico dell' esperienze precedenti, ed internamente vi si è apposto il solito imbuto. Per far ciò, e per l' esperienze relative all' uscita dell' acqua dai forami aperti nei lati dei vasi, si ha un vaso di metallo alto 5 pollici, il quale si può adattare al vaso di vetro in luogo del solito fondo. Nella parete di questo vaso di metallo è aperto il forame di lin. 4 di diametro, e sono applicati alla sua superficie esteriore ed interiore gli anelli sopra descritti, per apporvi i tubi e gl' imbuti soliti. Servono anche questi anelli per adattarvi delle piccole lastre col contorno a vite, e traforate con buchi di varia grandezza per le sperienze di questo genere. S' inclinò il vaso per modo, che il lato inferiore del tubo conico aggiunto riuscisse orizzontale. All' estremo del tubo laterale, che in questa esperienza riusciva pressochè orizzontale, s' adattò un cannello di vetro verticale, che si è immerso nell' acqua. Per questo l' acqua è ascesa dalla profondità di poll. 20.

XX. Al solito forame del fondo s' applicò un tubo conico lungo poll. 4, ma tale, che la sua sezione maggiore è del diametro di linee 10: e perciò la proporzione tra le aree del forame e dell' estremità del cono era di 16: 100. Parte da questo tubo il laterale *DL*, per il quale non ascende mai acqua, mentre discende per *DE* da qualsivoglia altezza di vaso. La quantità d' acqua che si raccoglie è poco maggiore di quella che in pari tempo esce dal forame nudo.

XXI. Si è allungato con un tubo aggiunto di 4 pollici il tubo conico adoperato al n. VII., sicchè formava un tronco

conico lungo pollici otto; non si osservò, nè differenza nel tempo per raccogliere la data quantità d' acqua, nè che l' acqua s' innalzasse da profondità maggiore di quella a cui s' innalzava adoperando il solo tubo conico lungo poll. 4.

XXII. Se il tubo laterale del conico n. VII. sia di vetro, e s' immerga nel mercurio, questo s' alza nel laterale più o meno secondo la velocità e quantità dell' acqua che esce dal conico.

XXIII. Se il tubo laterale di vetro si faccia assai lungo e si immerga nell' acqua, questa s' innalza sino a certo segno, e resta sospesa, ma non passa nel tubo *DE*, se *DL* non sia di lunghezza minore dell' altezza a cui si sostiene per la velocità e quantità di quella che esce per *DE*.

XXIV. Se il tubo laterale di vetro si faccia passare per un turaccio di sughero, col quale sia chiusa una bottiglia piena d' acqua, sicchè sia impedita ogni pressione dell' aria esterna nell' acqua della bottiglia, questa non passa mai da *LD* in *DE*, qualunque sia la velocità e quantità di quella che passa per *DE*.

XXV. Se il tubo apposto al forame sia conico convergente all' ingiù, ed abbia un laterale, l' acqua esce sempre per amendue i tubi.

38 Se si considerino queste sperienze, si rende manifesto che il fenomeno di cui si tratta non altro esprime, che un vuoto relativo, o una rarefazione dell' aria mescolata coll' acqua nel tubo verticale conico, la quale dà occasione all' aria esterna di preponderare premendo sull' acqua, in cui è immerso il tubo laterale, e di farla per esso salire. Come poi succeda questa rarefazione, mi pare che si spieghi soddisfacentemente in questo modo. Quando l' acqua esce per il forame nudo, viene in minor copia in pari tempo di quello che per il forame munito del tubo cilindrico esterno, e per questo in minor copia di quello che per lo stesso munito dell' imbuto interno. Dipende ciò dall' aderenza dell' acqua alle pareti del tubo cilindrico, la quale distrugge in parte l' effetto delle direzioni obbliquе con cui uscendo l' acqua dal forame nudo diminuisce e contrae la sezione della vena. Quando poi s' aggiunga l' imbuto interiore, non si distrugge soltanto, ma si previene e s' impedisce che le parti

dell'acqua nell'uſcire vengano con direzioni tanto obblique, e perciò in pari tempo ſe ne raccoglie quantità maggiore. Quando s' appone il tubo eſterno conico divergente, i di cui lati divergano con certa proporzione, o ritenendo l'imbuto interno, o no, ſi raccoglie dallo ſteſſo forame in pari tempo quantità maggiore di quello che dal tubo cilindrico, come facilmente ſi rileva dal confronto dell'Eſp. II e VII, IV e VIII. E' queſto un indizio, che l'uniformità di ſezione nel tubo cilindrico, per la ſua aderenza alle pareti, produce qualche reſiſtenza all' acqua che cade, reſiſtenza che, per l'allontanamento ſucceſſivo de' lati del conico, in queſto non incontra. Di fatto ſcorgeſi al n. III che il tubo cilindrico allungato dà la ſolita quantità d' acqua in tempo più lungo di quello che il tubo più corto. Queſta reſiſtenza è la cagione del fenomeno notato al n. VI. L'acqua forzata ad uſcire per il laterale del tubo cilindrico, continua a vuotarſi per eſſo, anche ſe ſi ſchiuda *E*, e dimoſtra ch' eſercita verſo l'origine del tubo laterale una preſſione, che di per sè non baſtava a determinare l' uſcita del fluido, ma che determinata coll' aver chiuſo il tubo *E* continua poi per l' aderenza delle parti dell'acqua tra di loro e con le pareti del tubo laterale. Quindi ſe il tubo cilindrico ſia aſſai lungo, mentre l'acqua per eſſo diſcende, paſſa anche nel laterale, come ſi notò al n. VI, appunto come fa quando il tubo è conico convergente all'ingiù, e ſi notò al n. XXV.

39 La ſteſſa quantità d'acqua che paſſa per l'area del forame, paſſa altresì per qualſivoglia ſezione orizzontale del tubo cilindrico. Così ancora la ſteſſa quantità che paſſa per l'area del forame paſſa per ogni ſezione orizzontale del tubo conico divergente all' ingiù, ſebbene in queſto ſecondo caſo ſia maggiore che nel primo. Nel tubo cilindrico la quantità di fluido occupa ſimilmente le ſezioni ſucceſſive del tubo, che ſono eguali: non così nel cono, dove le particelle dell'acqua in ciaſcheduna ſezione che ſi dilata debbono eſſere più diſcoſte tra di loro, di quello che nella precedente più riſtretta. Si formano dunque tra le dette particelle degl' intervalli, i quali ſaranno occupati dall' aria meſcolata già coll'acqua, e per tale dilatazione ed eſpanſione del luogo, dove prima ſi conteneva, reſa più rara. Quindi l'aria eſterna pre-

mente ſulla ſuperficie dell'acqua, nella quale è immerſo il tubo laterale, non trovandoſi all'equilibrio con quella che ſi contiene ne' mentovati intervalli, fa aſcendere l'acqua nel tubo laterale a tanto maggiore altezza, quant'è maggiore lo sbilanciamento. E ſe il tubo laterale è aperto nell'aria, la medeſima entra ed aſcende, fa gorgogliare la vena meſcolandovi le ſue bolle, e ritarda la velocità del fluido che eſce per *E*, come ſi oſſerva al n°. IX.

4o Generalmente quando le due pareti d'un mantice ſi diſcoſtano tra di loro, tanto è più forte l'irruzione dell'aria nello ſpazio compreſo tra le due pareti, quant'è più diligentemente chiuſa d'intorno la caſſa del mantice. Del pari quanto più eſattamente è adattato ad una tromba lo ſtantuffo, tanto maggiore è la ſua efficacia a ſollevare l'acqua. Nel caſo noſtro ciò, che può diminuire il grado di rarefazione dell'aria negl'intervalli mentovati, è l'introduzione della medeſima per la baſe inferiore del tubo conico, qualora eſſa ſia troppo ampia, e l'aderenza delle parti dell'acqua tra di loro non baſti a tenerle unite in tanta diſtanza; il che appunto ſuccede, ſe il tubo conico ſia troppo divergente, come ſi oſſervò al n°. XX. Ma inoltre, ſe la caſſa del mantice non ſia perfettamente chiuſa, o ſe lo ſtantuffo non ſia adattato con ſomma eſattezza ed eſquiſito contatto alla tromba, la rarefazione d'aria che ſi produce con queſte macchine è comparativamente tanto maggiore, quant'è maggiore la velocità con cui eſſe s'agitano. Così nel caſo noſtro quanto più veloce è l'uſcita dell'acqua, o per l'altezza del vaſo, o per l'aggiunta dell'imbuto e del tubo, o per tutte queſte combinazioni preſe inſieme, tanto è maggiore in ogni iſtante la rarefazione dell'aria negl'intervalli conſiderati, tanto minore l'effetto di quella che cerca ſempre d'introdurſi e d'inſinuarſi per di ſotto nella vena di fluido, tanto maggiore lo sbilanciamento dell'aria atmosferica preponderante, e tanto maggiore l'altezza a cui l'acqua s'innalza da *L* a *D*. Corriſpondono a queſto meccanismo i fenomeni XIX, XXII, XXIII, XXIV, e ſe mal non m'appongo ſi rende ragione in queſto modo d'ognuna delle oſſervate particolarità. Quindi ſi rinunzia volentieri alla fraſe di preſſione negativa, la quale non reca un'idea chiara, nè come

Fig. 1.

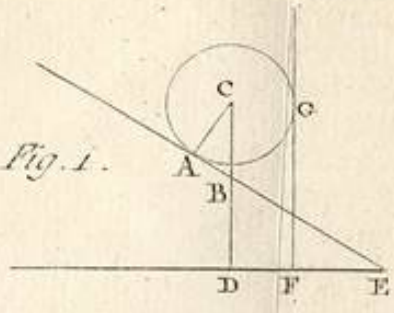


Fig. 2.

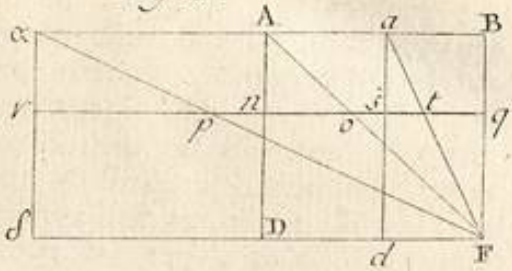
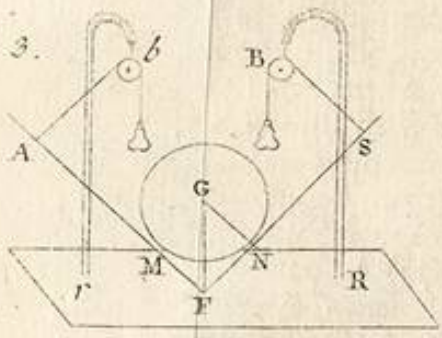


Fig. 3.



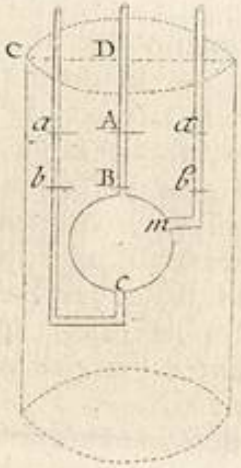


Fig. 4.

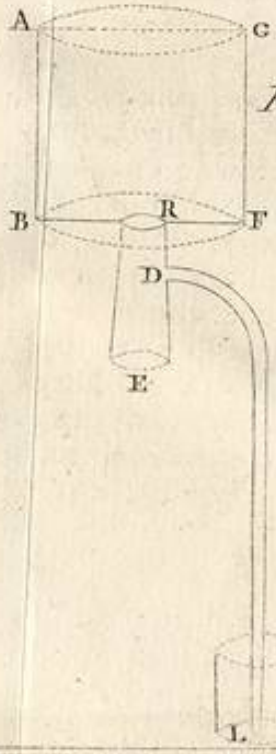


Fig. 5.

da principio si diceva, dà alcuna connessione tra l'effetto dell'acqua che discende per un tubo rigido verticale, e di quella che ascende per il laterale. E perciò il fenomeno invece d'essere idraulico statico è realmente idraulico pneumatico. (*)

(*) Nota del Sig. Cavalier Lorgna. *Mi compiaccio moltissimo di vedere avvalorata da quella del reputatissimo* Sig. Co. Stratico *l'opinione, che ho sostenuta vent'anni fa intorno a questo curiosissimo sperimento Bernoulliano. Sin dal* 1769 *in una Dissertazione coronata dall' Ac. R. di Mantova, e pubblicata in quella Città sopra la pressione dell' acqua, ho non senza fondamento considerato il fenomeno come idraulico-pneumatico* (pag. 18, 19), *ed ho attribuito l'ascesa del liquore alla preponderanza dell'aria esterna sull' acqua in cui è immerso il cannello laterale. In fatto non sembra che a forze ipotetiche e negative convenga dar luogo per ispiegarlo, come saptentemente il riflette il* Sig. Co. Stratico, *mentre l'effetto è naturale, se ben si estimi, e si riduce a quello de' sifoni.*