DELLA FERMEZZA O RESISTENZA DE' CANALI CONTRO LO SFORZO DELL' ACQUA

MEMORIA

Di Gregorio Fontana

Ricevuta il dì 25. Novembre 1801.

TEOREMA I.°

1. Se ad una conserva piena d' acqua si adatta un canale cilindrico esteriormente chiuso, e di pareti puramente superficiali, la pressione del fluido contro la superficie interna del canale produce in ciascun elemento della periferia d' una qualunque sezione circolare del canale una tensione o distrazione, la quale ha per misura il prodotto del suo semidiametro per la distanza del centro di quella sezione dalla superficie dell' acqua della conserva.

Dim.

Rappresenti il cerchio GPR (fig. 1.ª) la sezione circolare del canale; e poichè l' acqua preme tutti i punti della circonferenza circolare nella direzione dei raggi, piglisi sul prolungamento del raggio CO la retta OB, la quale esprima la pressione contro il punto O, e prodotti egualmente i due elementi o latercoli eguali CO, OP della circonferenza, formisi intorno alla diagonale OB il rombo NM, i di cui lati ON, OM denoteranno le tensioni generate negli elementi OP, OG della forza premente OB risoluta nelle due ON, OM. Starà dunque la pressione del fluido nel punto O alla tensione dell' elemento OP come sta OB ad ON, ovvero per la similitudine de' triangoli NBO, CPO come sta OP a CP; e va-

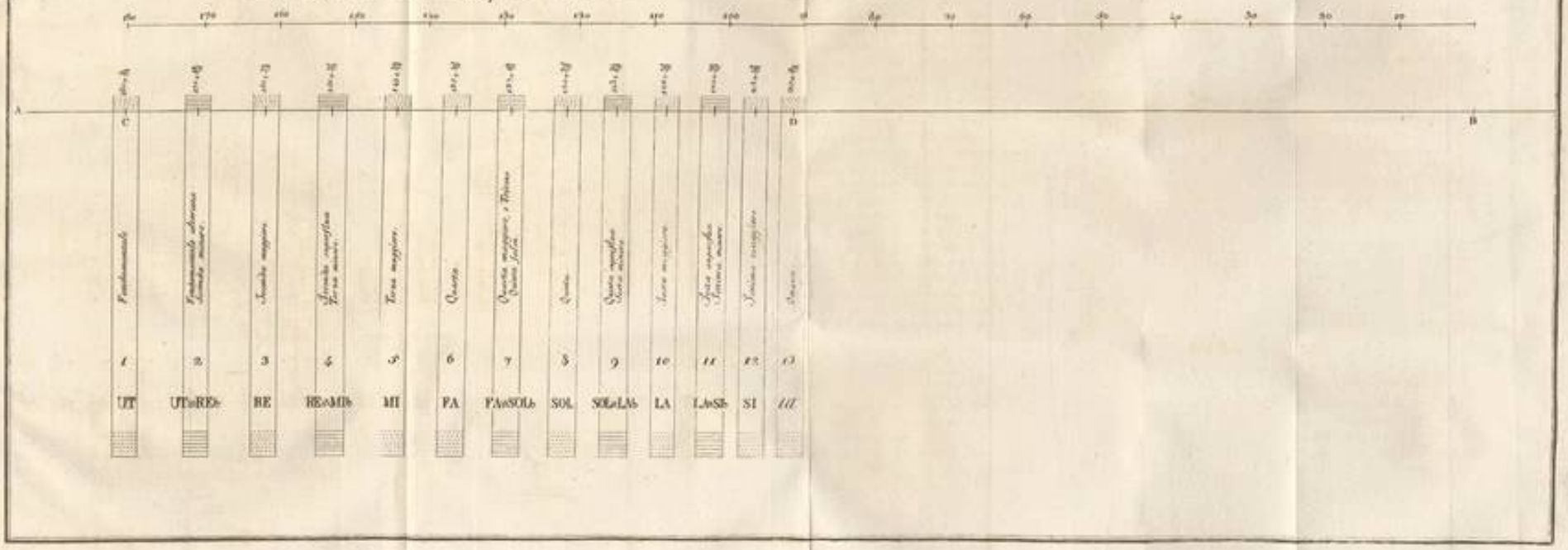
valendo questo discorso per tutti i punti della circonferenza GPR, ne viene in conseguenza, che la pressione contro tutta la circonferenza sta alla tensione di essa in ciascun de' suoi elementi, come sta la circonferenza GPR al raggio CP. Ma dagli ordinarj principj Idrostatici si raccoglie che la pressione contro la circonferenza GPR viene rappresentata con moltiplicare la stessa circonferenza per la distanza del suo centro dalla superficie dell' acqua del recipiente; perciò la tensione di ciascun elemento della circonferenza sarà espressa dal prodotto del semidiametro CP per la distanza del centro C dal livello dell' acqua della conserva. Il che era &c.

La dimostrazione di questo Teorema è del Sig. Ab. Bossut nella sua Idrodinamica §. 40, ed è la più semplice e rigorosa di quante finora sieno state prodotte.

2. Chiamata A l' altezza dell' acqua del recipiente sopra il centro della sezione circolare del canale, R il raggio della stessa sezione, sarà AR l' espressione della forza tutta impiegata a tendere le fibre della sua circonferenza, cioè della forza, che tutta si esercita a fendere o spaccare il canale. Di quì si scopre il grossolano errore di chi suppone, che tutta la pressione del fluido sia impiegata a produrre la rottura del canale, mentre non è che una parte di tal pressione quella che tende a spezzarlo, cioè una parte simile dell' intera pressione, come è il raggio della circonferenza del cerchio, vale a dire meno di un sesto.

3. Non si è quì tenuto conto della grossezza del canale, la quale si è assunta infinitesima, ma se questa nella pratica in paragone del raggio R riuscirà sensibile, allora nominando R il semidiametro della superficie interna, R' quello dell'esterna, per ottenere lo sforzo diretto a fendere l'anello converrà prendere il medio aritmetico $\frac{1}{2}R + \frac{1}{2}R'$, e questo moltiplicato per A ne somministrerà assai davvicino il valore.

Monocordo Temperatore.



PROBLEMA I.°

4. Conoscendo con un esperimento immediato l' altezza del fluido sopra una data sezione d' un canale, e il diametro dello stesso canale che è sul punto di fendersi nella data sezione, ritrovare per ogni altro canale della stessa materia e grossezza del precedente l' altezza del fluido, e il diametro che dovrà avere per resistere alla pressione senza spezzarsi.

Sol.

Egli è evidente, che ne' canali fatti della stessa materia e forniti di pareti della stessa grossezza gli anelli dell'uno opporranno uguale resistenza ad essere spezzati che gli anelli dell' altro. Ora se A indica l' altezza nota dell' acqua sopra il centro d' un dato anello nel canale dell' esperimento, R il semidiametro noto del canale, ovvero dell' anello, supposta assai picciola la grossezza delle pareti in confronto della larghezza del tubo, si ha RA = allo sforzo dell' acqua per rompere l' anello, e nello stato di equilibrio RA = alla resistenza dell' anello: e così nell' altro tubo, dove a, r denotano l' altezza dell' acqua, e il semidiametro, trovasi nello stato di equilibrio ar = alla resistenza dell' anello contro lo sforzo che tende a distaccare le pareti. Essendo pertanto uguale una siffatta resistenza così in un canale come nell'altro, nasce quindi $AR = ar$, e però 1.° $a = \frac{AR}{r}$, 2.° $r = \frac{AR}{a}$. Il che era &c.

5. Se la grossezza delle pareti del tubo non sarà molto picciola per rapporto alla sua larghezza, allora R, r nella formola precedente denoteranno (§. 3) i medj aritmetici fra i semidiametri della superficie interna ed esterna del tubo.

6.

6. Es. Un tamburo di piombo d' un piede di diametro, e di $2\frac{1}{2}$ linee di grossezza presso Mariotte (Mem. des Eaux Part. V. Dis. II.) portò l' acqua a 100 piedi di altezza senza rompersi, s' ingobbò però un tal poco all' infuori. Fatto radere il piombo nella gobba fino a che si riducesse a un poco meno d' una linea di grossezza, si spaccò con una fessura lunga tre pollici. Perciò posto $R = \frac{1}{2}$ piede, $A = 100$, si ha $RA = 50$. Se ora si cerca a quale altezza sosterrà l' acqua un tubo di piombo di egual grossezza, cioè d' un pò meno d' una linea, e che ha un pollice di semidiametro, fatto $r = \frac{1}{12}$, si troverà $a = \frac{RA}{r} = 50.12 = 600$ piedi. E parimenti cercandosi qual raggio dovrà avere un tubo di piombo di questa stessa grossezza per resistere alla pressione dell' acqua alta 1000 piedi sopra il centro d' un dato anello del tubo, si farà $a = 1000$, e si otterrà

$$r = \frac{RA}{a} = \frac{50}{1000} = \frac{1}{20} \text{ piede} = 7\frac{1}{5} \text{ lin.}$$

TEOREMA II.°

7. La forza di tenacità o aderenza assoluta dei solidi in ciascuna fibra o in ciascun punto fisico, colla qual forza resistono a quella che tende a strapparli perpendicolarmente alla sezione di rottura, seguita la ragione composta della diretta del peso massimo che possono sostenere senza rompersi, e dell' inversa della sezione di rottura.

Dim.

Supponendosi uniforme l' adesione in ciascuna fibra o particella costitutiva del solido, senza la qual supposizione non potrebbe stabilirsi alcuna teoria intorno all' adesione de'

corpi, chiaramente apparisce, che se richiedesi una certa forza per distaccare una particella dall' altra nella sezione di rottura, la forza intera che le distacca e schianta tutte, sarà come il numero di esse, cioè come la sezione di rottura.

Chiaminsi dunque P, p i pesi massimi, che possono reggersi dai solidi senza schiantarsi, S, s le sezioni di rottura nell' ipotesi che le adesioni o tenacità T, t sieno eguali in un solido e nell'altro, si avrà $P : p :: S : s$; e supposte uguali le sezioni di rottura, e diseguali le adesioni, egli è evidente, che sarà $P : p :: T : t$. Perciò assunte ineguali le sezioni, e le tenacità, nasce $P : p :: ST : st$, e di quì si deduce immediatamente $T : t :: \frac{P}{S} : \frac{p}{s}$. Il che era &c.

Più brevemente così: La forza necessaria per rompere una sola fibra è appunto la misura della tenacità; dunque la forza necessaria per romperle tutte non è altro che la tenacità moltiplicata pel numero di quelle, cioè $P = TS$, e quindi $T = \frac{P}{S}$. Il che era &c.

8. Coll' ajuto di questo Teorema si viene in cognizione della tenacità delle diverse sostanze, qualora siasi esplorato con un esperimento il massimo peso che possono sostenere, ovvero il minimo peso schiantante.

9. Es. Il Sig. Dan. Bernoulli (Hydrodyn. p. 28.) ridusse un filo rotondo di bronzo di $\frac{2}{11}$ lin. di diametro all' estremo di schiantarsi col peso di 18 libbre di Norimberga, ed una lastra rettangola di piombo larga $\frac{5}{4}$ lin. e grossa $\frac{1}{131}$ lin. col peso di $\frac{7}{32}$ libbre. Cercasi il rapporto delle tenacità del bronzo e del piombo. Nel filo di bronzo la sezione di rottura è un cerchio, che ha per diametro $\frac{2}{11}$ lin., e conseguente-

men-

mente per circonferenza $\frac{2}{11} \times 3,14$; e però

$= \frac{1}{11} \cdot \frac{1}{11} \cdot 3,14 = \frac{1}{121} \cdot 3,14$; e $P = 18$. Laonde

$T = \frac{P}{S} = \frac{18 \cdot 121}{3,14}$.

Nella lastra di piombo la sezione di rottura è $f = \frac{5}{4} \cdot \frac{1}{131}$, $p = \frac{7}{32}$. Dunque $t = \frac{p}{s} = \frac{7.4.131}{32.5} = \frac{7.131}{40} = \frac{917}{40}$. Perciò $T : t :: \frac{18.121}{3,14} : \frac{917}{40} :: \frac{18.121.40}{917.3,14} : 1 :: 30,25 : 1$. Di quì si scorge, che la tenacità del bronzo è più di trenta volte maggiore che non quella del piombo.

10. E' quì necessario avvertire, che ne' corpi arrendevoli, come sono appunto i metalli, le fibre si stirano e dilatano prima di rompersi, e quindi si muta sensibilmente la loro figura nel tempo dell' esperienza, e la grossezza del solido diventa minore nel sito della rottura. Nasce adunque la quistione se in questi casi debba aversi riguardo alla sezione di rottura dopo l' assottigliamento del solido per la distensione delle sue fibre, o piuttosto alla sezione da concepirsi nello stesso luogo avanti lo stiramento. Gli sperimenti di Musschenbroek lasciano la cosa indecisa accordandosi altri colla prima, altri colla seconda sezione (Musschen. Introd. ad Cohaer. Corpor. Firm. Exper. 51.) Stando al puro ragionamento pare che la seconda non basti, avvegnachè il peso schiantante non agisce solamente strappando le fibre nella sezione di rottura, ma ancora stirandole e distendendole.

PROBLEMA II.°

11. Fissare ne' canali il rapporto delle loro grossezze, diametri, tenacità, e delle altezze dell' acqua premente, nel caso dell' equilibrio tra la forza fendente dell' acqua, e la resistenza del canale.

Sol.

Sol.

Ritenute le precedenti denominazioni, e chiamate G, g le grossezze dei canali si osservi, che la sezione di rottura d' un dato anello del canale non è altro che la linea, la quale rappresenta la grossezza dello stesso canale. Moltiplicando adunque la tenacità per la grossezza, il prodotto TG esprimerà (§. 7.) la resistenza, che oppone il tubo alla forza sfiancante dell' acqua; e questa essendo = AR (§. 1), si ha nello stato di equilibrio TG = AR, e $tg = ar$. Laonde

1.°

$$T : t :: \frac{AR}{G} : \frac{ar}{g}$$

2.°

$$G : g :: \frac{AR}{T} : \frac{ar}{t}$$

3.°

$$A : a :: \frac{TG}{R} : \frac{tg}{r}$$

4.°

$$R : r :: \frac{TG}{A} : \frac{tg}{a}$$

Il che era &c.

12. Avuto riguardo alle diverse specifiche gravità de' fluidi prementi, e chiamate queste M, m, è manifesto che nascerà TG = ARM, $tg = arm$, e quindi cinque differenti teoremi espressi da cinque analogie.

13. Intorno ai valori di R, r si osservi la cautela prescritta al §. 5.

14.

14. Es. I.° Si cerca la grossezza da darsi ad un tubo di piombo di 6 pollici di diametro per sostenere senza rompersi lo sforzo d' una colonna d' acqua di 100 piedi di altezza. Convien partire da un' esperienza nota: ora Parent ha sperimentato che un tubo di piombo di un piede di diametro e di 60 piedi di altezza aver dee 6 linee di grossezza per sostenere verticalmente senza crepare lo sforzo dell' acqua. Fatto adunque nel tubo di Parent $R = \frac{1}{2}$ pi., $G = 6$ lin., $A = 60$ pi., e nel tubo proposto $r = \frac{1}{4}$ pi., $a = 100$ pi., e $T = t = 1$, si ha l' analogia $\frac{AR}{T} : \frac{ar}{t} :: G : g$, cioè

$$\frac{1}{2} . 60^{pi.} : \frac{1}{4} . 100^{pi.} :: 6^{lin.} : g = \frac{25^{pi} . 6^{lin.}}{30^{pi.}} = \frac{25 . 6^{lin.}}{30} = 5 \text{ lin.}$$

15. Es. II.° Si vuol sapere qual grossezza aver debba un canale di bronzo di 4 pollici di diametro per reggere senza fendersi al peso d' una colonna di mercurio di 30 piedi di altezza. Dall' analogia (§. 12) $\frac{ARM}{T} : \frac{arm}{t} :: G : g$ se ne dedurrà la risposta: imperciocchè supposto lo stesso esperimento di Parent, e però preso $G = 6$ lin., $R = 6$ poll., $A = 60$ pi., $M = 1$, $m = 14$ per essere la gravità specifica dell' acqua a quella del mercurio come $1 : 14$; e $T = 1$, $t = 30$, tale essendo il rapporto della tenacità del piombo e del bronzo (§. 9), e nel tubo proposto facendo $a = 30$ pi., $r = 2$ poll., la precedente analogia diventa $60^{pi.} . 6^{poll.} : \frac{30^{pi.} . 2^{poll.} . 14}{30} :: 6^{lin} : g = \frac{14 . 30^{pi.} . 2^{poll.} . 6^{lin.}}{30 . 60^{pi.} . 6^{poll.}} = \frac{14 . 30 . 2 . 6^{lin.}}{30 . 60 . 6}$

$= \frac{7}{15}$ lin.

PRO-

PROBLEMA III.°

16. Ritrovato con un esperimento immediato il peso che riduce all' estremo di schiantarsi un solido cilindrico d' una data materia, determinare in un canale della stessa materia la grossezza, il diametro, e l' altezza dell' acqua nello stato di equilibrio fra la resistenza del canale e lo sforzo sfiancante del fluido.

Sol.

Sia S la sezione di rottura del solido cilindrico, P il peso schiantante, e si concepisca una lastra della stessa materia, che abbia una larghezza $= l$, ed una grossezza $= g$. Dal Teor. II.° si raccoglie che il peso, da cui questa lastra sarà ridotta all' estremo di rompersi, sarà $\frac{Plg}{S}$ essendo lg la sezione di rottura di essa lastra. Incurvisi ora questa lastra medesima in un canale del semidiametro r, della grossezza g, e della lunghezza l, e chiamata a l' altezza dell' acqua sopra l' asse orizzontale del canale, si ha ra per l' espressione della forza impiegata a spezzare un anello qualunque del canale. Se pertanto si suppone, che la fessura del tubo si stenda per tutta la lunghezza l, converrà moltiplicare la forza ra per tutti i punti di questa lunghezza per avere l' espressione della forza operante in tutta la lunghezza. Sarà dunque ral un volume di fluido, il di cui peso rappresenta un tale sforzo, e però chiamando m la gravità specifica del fluido, il detto sforzo sarà $mral$. Ora dalla dimostrazione del Teor. I.° si fa palese che questo sforzo agisce in direzione perpendicolare alla fessura, cioè alla sezione di rottura; ed è altronde evidente, che la lastra o diritta, o incurvata in cilindro oppone la medesima resistenza alla forza operante in direzione perpendicolare alla sezione di rottura. Dunque lo sforzo, che spezza la lastra diritta, debb' essere uguale a quello,

che

che la spacca incurvata, cioè $\frac{lgP}{S} = mral$, ovvero $\frac{P}{S} = \frac{mra}{g}$, e perciò

1.°

$$a = \frac{gP}{mrS}$$

2.°

$$r = \frac{gP}{maS}$$

3.°

$$g = \frac{mraS}{P}$$

4.°

$$m = \frac{gP}{raS}$$

Il che era &c.

17. Es. I.° Cercasi a qual' altezza può sostener l' acqua senza crepare un tubo di bronzo di 1 piede di diametro, e $\frac{2}{11}$ lin. di grossezza.

Nell' esperienza del Sig. Bernoulli (§. 9) trovasi $S = \frac{3,14}{121}$ lin. quadr. $= \frac{3,14}{121 \cdot 144^2}$ pi. quadr., $P = 18$ libb., e per le condizioni si ha $r = \frac{1}{2}$ pi., $g = \frac{2}{11}$ lin. $= \frac{2}{11 \cdot 144}$ pi., $m = 70$ libb. per un piede cubico d' acqua. Perciò $a = \frac{2 \cdot 18 \cdot 2 \cdot 121 \cdot 144^2}{11 \cdot 70 \cdot 3,14 \cdot 144} = \frac{4 \cdot 18 \cdot 11 \cdot 144}{70 \cdot 3,14} = 518,9$ pi. Dun-

que il tubo può portar l' acqua a più di 518 piedi d' altezza senza crepare.

18. Es. II.° Si domanda a qual' altezza può sostenere l' acqua senza spezzarsi un cannone di 3 pollici di calibro e 3 di grossezza. In questo caso, siccome la grossezza è considerabile, ed uguaglia il diametro della superficie interna, dee pigliarsi r medio proporzionale aritmetico fra il semidiametro della superficie interna e il semidiametro dell' esterna; però si fa $r = \frac{1\frac{1}{2}+4\frac{1}{2}}{2}$ poll. $= 3$ poll. $= \frac{1}{4}$ pi. Conseguentemente essendo anche $g = \frac{1}{4}$ pi., sarà $a = \frac{gP}{mrS} = \frac{18 \cdot 121 \cdot 144^2}{70 \cdot 3,14} = \frac{9 \cdot 121 \cdot 144^2}{35 \cdot 3,14} = \frac{22581504}{109,9} = 205473,2$ pi.. Laonde potrà il cannone reggere a tanti piedi d' acqua senza crepare, cioè a più di 6421 volte la pressione dell' atmosfera, e perciò la forza espansiva e sfiancante della polvere nell' atto dell' accensione può sorpassare più di 6421 volte la pressione dell' atmosfera senza far crepare il cannone.

19. Es. III.° Si vuol sapere la grossezza, che aver debbe un canale di piombo di 1 piede di diametro per resistere allo sforzo dell' acqua alta 95 piedi. Nell' esperienza fatta dal Sig. Bernoulli sulla lastra di piombo (§. 9) si ha $S = \frac{5}{4} \cdot \frac{1}{131}$ lin. quadr., $P = \frac{7}{32}$ libb. Si faccia dunque $r = \frac{1}{2}$ pi. $= 72$ lin., $a = 95$ pi. $= 95 \cdot 144$ lin. e si ponga mente, che m dee sempre esprimere il peso diviso per un dato volume, cioè per 1 piede cubico, cioè per 144^3 linee cubiche, e che però essendosi quì ridotte le misure a linee conviene prendere $m = \frac{70}{144^3}$. In conseguenza risulta $g = \frac{70 \cdot 72 \cdot 95 \cdot 144 \cdot 5 \cdot 32}{144^3 \cdot 7 \cdot 4 \cdot 131} = \frac{160 \cdot 180 \cdot 95}{144^2 \cdot 131} = \frac{2736000}{2716416}$ lin. $= 1,01$ lin. vale a dire il tu-

tubo resisterà alla pressione dell' acqua senza spezzarsi purchè abbia 1 linea e $\frac{1}{100}$ di grossezza.

20. Il Musschenbroek nella cit. Dissert. Prop. 119. Schol. pretende che nelle lastre fatte dello stesso metallo, e dotato della stessa larghezza, ma di differente grossezza la resistenza alla rottura seguiti la ragione duplicata delle loro grossezze. Si fonda egli sopra il seguente unico esperimento. Una lastra di piombo larga $\frac{7}{36}$ poll., grossa $\frac{9}{200}$ poll. non si ruppe nel mezzo se non dopo aver sostenuto il peso di 10 libb., 6 onc., 2 dram., ed un'altra pure di piombo egualmente larga, ma due volte più grossa, cioè $\frac{9}{100}$ poll. non si ruppe che al peso di libbre 45; *adeoque*, conchiude Musschenbroek, *fuit firmitas hujus laminae in ratione duplicata crassitiei, quam proportionem Romerus etiam assumsit*. Ma oltrecchè questa esperienza non prova a rigore una tal proporzione, poichè la seconda lastra con doppia grossezza portò un peso notabilmente più che quadruplo della prima, non pare che un solo esperimento possa bastare per stabilire un Canone e piantare una regola generale.

21. Tre sono le regole, che per proporzionare le grossezze dei canali allo sforzo dell' acqua premente deduce quest' Autore da quell' unica esperienza: eccole colle sue stesse parole.

Regula Prima

Si manente altitudine aquae eadem, mutanda est tuborum diameter, ut firmitas maneat, sumenda est crassities metalli in ratione subduplicata diametri.

Regula Secunda

Si immutetur tuborum altitudo, manente diametro, etiam metallica crassities requiritur in ratione subduplicata altitudinum, ut maneat proporzionalis firmitas.

Regula Tertia

Hinc mutata tuborum altitudine et diametro, requiritur metallica crassities in ratione composita ex subduplicata diametrorum et subduplicata altitudinum ratione.

Queste regole vengono comprese nella seguente analogia

$$G : g :: \sqrt{AD} : \sqrt{ad}$$

dove D, d rappresentano i diametri dei tubi. Ma una tale analogia non si accorda punto colla ritrovata al §. 11, $G : g :: \frac{AR}{T} : \frac{ar}{t}$, la quale per essere ne' tubi della stessa materia $T = t$, e il rapporto de' raggi uguale a quello de' diametri, diventa $G : g :: AD : ad$; e quest' ultima proporzione essendosi ricavata con raziocinio diretto non può bastare un esperimento unico ed isolato per distruggerla.

22. Ma il più singolare si è che questo celebre Sperimentatore volendo calcolare una laboriosa Tavola per regolare nella pratica la grossezza de' Condotti di piombo, inciampa contro i suoi stessi principj, ed urta in un paralogismo, che falsificando tutti i risultati rende inutile anzi pericolosa la fatica intrapresa. Stabilisce egli pertanto le due analogie

1.ª

$$G : g :: \sqrt{A} : \sqrt{a}$$

2.ª

$$G : g :: \sqrt{D} : \sqrt{d}$$

e da queste, mediante la moltiplicazione, pretende di poter inferire la terza

3.ª

$$G^2 : g^2 :: \sqrt{AD} : \sqrt{ad}$$

cioè $$G : g :: \sqrt[4]{AD} : \sqrt[4]{ad},$$

la

la quale espressamente contraddice alla terza regola (§. 21) di questo medesimo Autore. È poi per se chiaro e palese, che dalla moltiplicazione delle due prime analogie non possono risultare i quadrati G^2, g^2, perchè le grandezze G, g della prima analogia non sono punto le medesime che quelle della seconda, fuorchè nell'unico caso che stia $A : a :: D : d$.

Parte pertanto Musschenbroek dal noto esperimento di Mariotte (§. 6.), supponendo che il tamburo di piombo d'un piede di diametro incominci a soffrire e alterarsi quando l'acqua giugne all'altezza di 100 piedi, essendo di $2\frac{1}{2}$ linee la grossezza del tubo. Riduce queste linee in 0, 2 poll., e dà il nome di linea alla decima parte del pollice, ed in tali linee immaginarie calcola la grossezza dei tubi da 1 sino a 9 pollici di diametro, e da 10 sino a 100 piedi di altezza; ma siccome tutti que' calcoli sono fondati sulla patentemente erronea proporzione $G : g :: \sqrt[4]{AD} : \sqrt[4]{ad}$, bisognerà ben guardarsi dal far uso nella pratica de' risultati della Tavola di quel celebre Fisico.

23. Potendo però essere di uso grandissimo in molti casi l'avere alla mano una tavola delle varie grossezze da darsi ai Canali di piombo per resistere allo sforzo dell'acqua senza restar danneggiati, credo opportuno di dar qui la rettificazione della Tavola erronea di Musschenbroek, e ciò tanto nell'ipotesi sperimentale, che le grossezze sieno come le radici delle altezze dell'acqua e de' diametri de' tubi, quanto nell'ipotesi teorica, che le grossezze sieno come le altezze e i diametri semplicemente. Preso adunque per base l'esperimento di Mariotte, nel quale un tubo d'un piede di diametro, e di due linee *immaginarie* di grossezza cominciò a risentirsi, e far gobba all'altezza di 100 piedi d'acqua, si fa A = 100 pi., D = 1 pi., G = 2 lin. immag. Quindi si passa tosto al maneggio delle tre formole seguenti

1.°

1.°

Formola erronea di Musschenbroek

$$g = G\sqrt[3]{\frac{a\,d}{A\,D}} = 2\sqrt[3]{\frac{a\,d}{100}} \text{ lin.}$$

2.°

Formola sperimentale, ma non ben certa

$$g = G\sqrt{\frac{a\,d}{A\,D}} = \frac{1}{5}\sqrt{a\,d} \text{ lin.}$$

3.°

Formola puramente teoretica

$$g = \frac{G\,a\,d}{A\,D} = \frac{a\,d}{50} \text{ lin.}$$

Ta-

Tavola delle Grossezze de' Canali di Piombo

Per il diametro di un pollice.

Altezze dell'acqua in Piedi	Grossezze del Tubo in linee immaginarie calcolate da Musschen. sulla formola erronea $g=C\sqrt[4]{\frac{ad}{AD}}=2\sqrt[4]{\frac{ad}{100}}$ lin.	Grossezze del Tubo calcolate da noi sulla formola sperimentale, ma non ben certa $g=C\sqrt{\frac{ad}{AD}}=\frac{1}{5}\sqrt{ad}$ lin.	Grossezze del Tubo calcolate da noi sulla formola puramente teoretica $g=\frac{ad}{50}$ lin.
10	0,6042	0,1826	0,0166
15	0,6687	0,2236	0,0250
20	0,7186	0,2582	0,0333
25	0,7598	0,2887	0,0416
30	0,7953	0,3162	0,0500
35	0,8060	0,3416	0,0583
40	0,8545	0,3651	0,0666
45	0,8801	0,3873	0,0750
50	0,9036	0,4083	0,0833
55	0,9253	0,4282	0,0916
60	0,9457	0,4472	0,1000
65	0,9648	0,4655	0,1083
70	0,9829	0,4830	0,1166
75	1,0000	0,5000	0,1250
80	1,0163	0,5164	0,1333
85	1,0315	0,5323	0,1416
90	1,0467	0,5477	0,1500
95	1,0633	0,5627	0,1583
100	1,0745	0,5774	0,1666

Ta-

Tavola delle Grossezze de' Canali di Piombo

Per il diametro di 2 pollici.

Altezze dell'acqua in Piedi	Grossezze del Tubo in linee immaginarie calcolate da Musschen. sulla formola erronea $g = G\sqrt[4]{\frac{ad}{AD}} = 2\sqrt[4]{\frac{ad}{100}}$ lin.	Grossezze del Tubo calcolate da noi sulla formola sperimentale ma non ben certa $g = G\sqrt{\frac{ad}{AD}} = \frac{1}{5}\sqrt{ad}$ lin.	Grossezze del Tubo calcolate da noi sulla formola puramente teoretica $g = \frac{ad}{50}$ lin.
10	0,7186	0,2582	0,0333
15	0,7953	0,3162	0,0500
20	0,8545	0,3651	0,0666
25	0,9036	0,4083	0,0833
30	0,9457	0,4472	0,1000
35	0,9829	0,4830	0,1166
40	1,0163	0,5164	0,1333
45	1,0467	0,5477	0,1500
50	1,0745	0,5774	0,1666
55	1,1004	0,6055	0,1833
60	1,1246	0,6325	0,2000
65	1,1474	0,6583	0,2166
70	1,1688	0,6831	0,2333
75	1,1892	0,7071	0,2500
80	1,2085	0,7303	0,2666
85	1,2270	0,7528	0,2833
90	1,2446	0,7746	0,3000
95	1,2615	0,7958	0,3166
100	1,2799	0,8165	0,3333

Ta-

Tavola delle Grossezze dei Canali di Piombo

Per il diametro di 3. pollici.

Altezze dell'acqua in Piedi	Grossezze del Tubo in linee immaginarie calcolate da Musschen. sulla formola erronea $g=G\sqrt[4]{\frac{ad}{AD}}=2\sqrt[4]{\frac{ad}{100}}$ lin.	Grossezze del Tubo calcolate da noi sulla formola sperimentale ma non ben certa $g=G\sqrt{\frac{ad}{AD}}=\frac{1}{5}\sqrt{ad}$ lin.	Grossezze del Tubo calcolate da noi sulla formola puramente teoretica $g=\frac{ad}{50}$ lin.
10	0,7952	0,3162	0,0500
15	0,8361	0,3873	0,0750
20	0,9457	0,4472	0,1000
25	1,0000	0,5000	0,1250
30	1,0467	0,5477	0,1500
35	1,0877	0,5916	0,1750
40	1,1247	0,6325	0,2000
45	1,1582	0,6708	0,2250
50	1,1892	0,7071	0,2500
55	1,2178	0,7416	0,2750
60	1,2446	0,7746	0,3000
65	1,2701	0,8062	0,3250
70	1,2935	0,8367	0,3500
75	1,3160	0,8660	0,3750
80	1,3374	0,8944	0,4000
85	1,3582	0,9220	0,4250
90	1,3774	0,9487	0,4500
95	1,3961	0,9747	0,4750
100	1,4142	1,0000	0,5000

Tavola delle Grossezze de' Canali di Piombo

Per il diametro di 4 pollici.

Altezze dell'acqua in Piedi	Grossezze del Tubo in linee immaginarie calcolate da Musschen sulla formola erronea $g=C\sqrt[4]{\frac{ad}{AD}}=2\sqrt[4]{\frac{ad}{100}}$ lin.	Grossezze del Tubo calcolate da noi sulla formola sperimentale ma non ben certa $g=C\sqrt{\frac{ad}{AD}}=\frac{1}{5}\sqrt{ad}$ lin.	Grossezze del Tubo calcolate da noi sulla formola puramente teoretica $g=\frac{ad}{50}$ lin.
10	0,8304	0,3651	0,0666
15	0,9457	0,4472	0,1000
20	1,0163	0,5164	0,1333
25	1,0745	0,5774	0,1666
30	1,1247	0,6325	0,2000
35	1,1688	0,6831	0,2333
40	1,2085	0,7303	0,2666
45	1,2423	0,7746	0,3000
50	1,2778	0,8165	0,3333
55	1,3087	0,8563	0,3666
60	1,3374	0,8944	0,4000
65	1,3645	0,9309	0,4333
70	1,3900	0,9661	0,4666
75	1,4142	1,0000	0,5000
80	1,4372	1,0328	0,5333
85	1,4659	1,0646	0,5666
90	1,4802	1,0955	0,6000
95	1,5003	1,1255	0,6333
100	1,5196	1,1548	0,6666

Ta-

Tavola delle Grossezze de' Canali di Piombo

Per il diametro di 5 pollici

Altezze dell'acqua in Piedi	Grossezze del Tubo in linee immaginarie calcolate da Musschen. sulla formola erronea $g=G\sqrt[4]{\frac{ad}{AD}}=2\sqrt[4]{\frac{ad}{100}}$ lin.	Grossezze del Tubo calcolate da noi sulla formola sperimentale ma non ben certa $g=G\sqrt{\frac{ad}{AD}}=\frac{1}{5}\sqrt{ad}$ lin.	Grossezze del Tubo calcolate da noi sulla formola puramente teoretica $g=\frac{ad}{50}$ lin.
10	0, 9036	0, 4083	0, 0833
15	0, 9858	0, 5000	0, 1250
20	1, 0745	0, 5774	0, 1666
25	1, 1362	0, 6455	0, 2083
30	1, 1892	0, 7071	0, 2500
35	1, 2359	0, 7638	0, 2916
40	1, 2778	0, 8165	0, 3333
45	1, 3160	0, 8660	0, 3750
50	1, 3514	0, 9129	0, 4166
55	1, 3837	0, 9574	0, 4583
60	1, 4142	1, 0000	0, 5000
65	1, 4437	1, 0409	0, 5416
70	1, 4690	1, 0801	0, 5833
75	1, 4953	1, 1180	0, 6250
80	1, 5196	1, 1547	0, 6666
85	1, 5428	1, 1902	0, 7083
90	1, 5650	1, 2247	0, 7500
95	1, 5863	1, 2583	0, 7916
100	1, 6068	1, 2910	0, 8333

Tavola delle Grossezze de' Canali di Piombo

Per il diametro di 6 pollici

Altezze dell'acqua in Piedi	Grossezze del Tubo in linee immaginarie calcolate da Musschen. sulla formola erronea $g=G\sqrt[4]{\frac{ad}{AD}}=2\sqrt[4]{\frac{ad}{100}}$ lin.	Grossezze del Tubo calcolate da noi sulla formola sperimentale ma non ben certa $g=G\sqrt{\frac{ad}{AD}}=\frac{1}{5}\sqrt{ad}$ lin.	Grossezze del Tubo calcolate da noi sulla formola puramente teoretica $g=\frac{ad}{50}$ lin.
10	0, 9457	0, 4472	0, 1000
15	1, 0466	0, 5477	0, 1500
20	1, 1287	0, 6325	0, 2000
25	1, 1891	0, 7071	0, 2500
30	1, 2449	0, 7746	0, 3000
35	1, 2935	0, 8367	0, 3500
40	1, 3374	0, 8944	0, 4000
45	1, 3773	0, 9487	0, 4500
50	1, 4142	1, 0000	0, 5000
55	1, 4483	1, 0488	0, 5500
60	1, 4801	1, 0954	0, 6000
65	1, 5102	1, 1402	0, 6500
70	1, 5383	1, 1832	0, 7000
75	1, 5650	1, 2247	0, 7500
80	1, 5904	1, 2649	0, 8000
85	1, 6150	1, 3038	0, 8500
90	1, 6380	1, 3417	0, 9000
95	1, 6603	1, 3784	0, 9500
100	1, 6817	1, 4142	1, 0000

Ta-

Tavola delle Grossezze de' Canali di Piombo

Per il diametro di 7 pollici

Altezze dell'acqua in Piedi	Grossezze del Tubo in linee immaginarie calcolate da Musschen. sulla formola erronea $g=G\sqrt[4]{\frac{ad}{AD}}=2\sqrt[4]{\frac{ad}{100}}$ lin.	Grossezze del Tubo calcolate da noi sulla formola sperimentale ma non ben certa $g=G\sqrt{\frac{ad}{AD}}=\frac{1}{5}\sqrt{ad}$ lin.	Grossezze del Tubo calcolate da noi sulla formola puramente teoretica $g=\frac{ad}{50}$ lin.
10	0, 9829	0, 4830	0, 1166
15	1, 0877	0, 5916	0, 1750
20	1, 1688	0, 6831	0, 2333
25	1, 2359	0, 7638	0, 2916
30	1, 2934	0, 8367	0, 3500
35	1, 3444	0, 9037	0, 4083
40	1, 3900	0, 9661	0, 4666
45	1, 4315	1, 0247	0, 5250
50	1, 4698	1, 0801	0, 5833
55	1, 5052	1, 1328	0, 6416
60	1, 5383	1, 1832	0, 7000
65	1, 5693	1, 2315	0, 7583
70	1, 5987	1, 2780	0, 8166
75	1, 6265	1, 3229	0, 8750
80	1, 6530	1, 3694	0, 9333
85	1, 6783	1, 4083	0, 9916
90	1, 7022	1, 4491	1, 0500
95	1, 7251	1, 4888	1, 1083
100	1, 7478	1, 5275	1, 1666

Ta-

Tavola delle Grossezze de' Canali di Piombo

Per il diametro di 8 pollici

Altezze dell'acqua in Piedi	Grossezze del Tubo in linee immaginarie calcolate da Musschen. sulla formola erronea	Grossezze del Tubo calcolate da noi sulla formola sperimentale ma non ben certa	Grossezze del Tubo calcolate da noi sulla formola puramente teoretica
	$g = G\sqrt[4]{\frac{ad}{AD}} = 2\sqrt[4]{\frac{ad}{100}}$ lin.	$g = G\sqrt{\frac{ad}{AD}} = \frac{1}{3}\sqrt{ad}$ lin.	$g = \frac{ad}{100}$ lin.
10	1, 0163	0, 5164	0, 1333
15	1, 1277	0, 6325	0, 2000
20	1, 2084	0, 7303	0, 2666
25	1, 2777	0, 8164	0, 3333
30	1, 3373	0, 8944	0, 4000
35	1, 3900	0, 9661	0, 4666
40	1, 4372	1, 0328	0, 5333
45	1, 4853	1, 0955	0, 6000
50	1, 5195	1, 1548	0, 6666
55	1, 5560	1, 2110	0, 7333
60	1, 5919	1, 2649	0, 8000
65	1, 6226	1, 3165	0, 8666
70	1, 6530	1, 3662	0, 9333
75	1, 6818	1, 4142	1, 0000
80	1, 7091	1, 4606	1, 0666
85	1, 7312	1, 5055	1, 1333
90	1, 7602	1, 5492	1, 2000
95	1, 7841	1, 5917	1, 2666
100	1, 8080	1, 6330	1, 3333

Ta-

Tavola delle Grossezze de' Canali di Piombo

Per il diametro di 9 pollici

Altezze dell'acqua in Piedi	Grossezze del Tubo in linee immaginarie calcolate da Musschen. sulla formola erronea	Grossezze del Tubo calcolate da noi sulla formola sperimentale ma non ben certa	Grossezze del Tubo calcolate da noi sulla formola puramente teoretica
	$g = G\sqrt[4]{\frac{ad}{AD}} = 2\sqrt[4]{\frac{ad}{100}}$ lin.	$g = G\sqrt{\frac{ad}{AD}} = \frac{1}{5}\sqrt{ad}$ lin.	$g = \frac{ad}{50}$ lin.
10	1, 0466	0, 5477	0, 1500
15	1, 1582	0, 6708	0, 2250
20	1, 2446	0, 7746	0, 3000
25	1, 3161	0, 8660	0, 3750
30	1, 3774	0, 9487	0, 4500
35	1, 4315	1, 0247	0, 5250
40	1, 4802	1, 0954	0, 6000
45	1, 5240	1, 1619	0, 6750
50	1, 5650	1, 2247	0, 7500
55	1, 6028	1, 2845	0, 8250
60	1, 6380	1, 3417	0, 9000
65	1, 6712	1, 3974	0, 9750
70	1, 7024	1, 4492	1, 0500
75	1, 7320	1, 5000	1, 1250
80	1, 7600	1, 5492	1, 2000
85	1, 7871	1, 5969	1, 2750
90	1, 8128	1, 6432	1, 3500
95	1, 8417	1, 6881	1, 4250
100	1, 8612	1, 7320	1, 5000

Del