

*Prop. VI.* SI TVBI DVO CVIVSCVMQVE AMPLITVDINIS, ET QVOMODOCVMQVE INCLINATI COMMVNI BASI IVNGANTVR, FLVDVM HOMOGENEVM AD EAMDEM ALTITVDINEM IN VTROQVE TVBO SVBSISTIT.

*Dem.* Etenim quum pressiones sint in ratione composita basium et altitudinum (*prop. praeced.*); habebitur aequilibrium, si producta illa sint aequalia, hoc est, si altitudines fuerint aequales ob communem basim. Verum si tubi contineant fluida diversae densitatis, quo maior erit fluidi densitas, eo maior erit, ceteris paribus, particularum prementium numerus, ac proinde pressio in basim excitata erit in ratione composita basis, altitudinis et densitatis. Ideoque obtinebitur aequilibrium, si producta ex densitate in altitudinem fuerint respective aequalia, hoc est, si altitudines sint in ratione reciproca densitatum. Itaque hac methodo comparari poterunt inter se gravitates specificae fluidorum, quae sunt, ut densitates. Datis enim fluidorum altitudinibus, nota etiam erit gravitatum specificarum ratio.

Demonstratis haecenus fluidorum legibus contraria sunt *tuborum capillarum* phaenomena. Tubi capillares appellantur minimi canaliculi, qui capillorum tenuitatem fere imitantur.) In his tubis illud est omnino singu-

lare; si nempe tubi capillaris utrumque aperti extremitas una aquae immergatur, ad altitudinem satis magnam aqua adscendet, ibique manebit suspensa. Si autem plures tubi capillares eidem fluido immittantur, ad diversas altitudines adscendet fluidum, eritque altitudo in ratione reciproca diametri. Experimentum illud, quod praecipuum est, referre nunc satis sit. Cetera vero tuborum capillarum phaenomena in sequenti conclusione describemus atque explicabimus.

### CONCLUSIO.

EX MUTVA AQVAE ET VITRI ATTRACTIO-  
NE REPETENDA VIDENTVR TVBORVM CA-  
PILLARIVM PHAENOMENA.

*Prob.* Aquam a vitro suspendi et retineri quotidianis experimentis patet. Si tubo vitreo ad horizontem inclinato gutta aquea adhaerescat, haec deinde aucto pondere non secundum directionem perpendicularem decidit, sed iuxta latus tubi ad oram infimam devolvitur. Vitrum quoque ab aqua retineri et suspendi, certissimum est. Si enim lamellae vitreae aqua perfusae, imponatur horizontaliter tubulus vitreus, hic ab aqua aegre sursum distrahitur; immo tubulus ille non decidit, etiam deorsum spectet, lamina scilicet inversa. De hac mutua attractione iam



multa explicavimus in physica generali. Verum haec attractio satis non est, ut statim concludamus, huic mutuae attractioni referendum esse adsensum aquae per tubos capillares. Ostendi enim debet, quomodo et quare aqua ad hanc vel illam altitudinem in datis quibusdam circumstantiis ascendant. Ut autem ex legibus attractionis distincte explicentur tuborum capillarum phaenomena, mutua quoque particularum aquearum attractio illarumque pondus considerari debent. Itaque ex trium virium compositione tota quaestio pendere videtur, nempe ex mutua vitri et aquae attractione, ex particularum aquearum attractione inter se, et tandem ex ipsa particularum aquearum gravitate.

Moleculas aqueas se invicem attrahere, iam demonstravimus in physica generali. Neque necesse est, ut demonstremus, eas graves esse. Iam vero attractioni resistit molecularum aquearum gravitas, quod quidem evidens est. Quare si pondus guttae maius evadat, quam attractio sustinere possit, iam guttam relabi necessum est. Atque hinc fit, ut vapores aquei, si in guttam satis magnam coalescant, quod in fenestris observari solet, tandem defluant. Aquam ad vitrum fortius attrahi quam ad aquam, ostendunt experimenta. Si tubo vitreo ad angulos rectos iungatur crus capillare, tuboque immitatur aqua, donec guttula ex cruris capillaris ori-

ficio defluat, haec non statim decidit; sed pro maiore vel minore cruris capillaris ad horizontem inclinatione vel elevatione, motu retrogrado infra tubum capillarem haerebit, et guttulam ovalem formabit. Aucto pondere per novae aquae adfluxum, guttula turgidior magisque protracta evadet: crescente pondere, gutta separari incipit, lapsumque minitari. Observandum autem est, separationem non fieri in ipsa vitri superficie; sed in notabili distantia incipit aqua in duas partes dividi, quarum superior vitro adhaeret, altera autem rupto tandem collo intermedio decidit. Porro si mutua aquae cohaesio vel attractio validior foret vi attractiva vitri, omnis aqua a vitro avelli deberet. Hinc fit, ut vitrum aquam omnem, quam attraxit, nunquam dimittat, sed partem aliquam retineat, quantum potest. Eadem de causa gutta aqua in fenestrarum vitris pondere suo delapsa semitam madidam relinquit, et ampullae omnes aqua imbutae, effusa etiam aqua, aliquantulum madidae remanent. Contrariam in mercurio observatur. Si enim mercurii globulus minimus vitro adhaerens augetur, ut pondus vim attractivam vitri superet, tum tota, quanta est mercurii massa, in unum globum coalescens decidit, nec quidquam, dummodo mercurius purus fuerit, vitro adhaerescit, ita, ut nullum mercurii maneat vestigium. Ex his omnibus patet, in ex-

Tom. V. C



plicando adscensu aquae per tubos capillares sedulo distinguendum esse inter effectus, qui a mutua actione vitri et aquae oriuntur, et inter eos, qui mutua particularum aquearum attractione illarumque gravitate producuntur.

His iam observatis, ita explicari posse videtur aquae per tubos capillares adscensus. Dum tubus capillaris superficiei aquae admoveatur, particula fluida in ipso contactu tribus diversis viribus sollicitatur. Primo enim versus anulum infimum superficiei internae vitri impellitur vi mutuae attractionis inter vitrum et aquam. Deinde huic adscensui resistit exigua fluidi attollendi massa pondere suo. Denique attractio, quae inter particulas aqueas in vase contentas intercedit, ipsam separationem impedit, atque hinc cylindrus aqueus producit. Est autem vis attractiva fortior inter aquam et vitrum, quam inter ipsas aquae particulas. Aqua igitur tubi capillaris cavitatem tantillum ingredi debet. Eadem valet ratiocinatio, ubi iam aliqua portio aquae tubulum ingressa in cylindrum aqueum adscendit; id nempe tandiu valere debet, quamdiu vis attractiva vitri oppositas vires superat. Itaque tota interna tubi capillaris superficies aquam attrahit, non quidem simul et eodem tempore, sed per gradus diversisque tempusculis. Hanc vero attractionem exercet tantum annulus ille vitreus, qui singulis tempusculis superficiei aquae conti-

guus est, ut patet. Neque enim pars superior tubi, quum levissima sit attractionis sphaera, quidquam agere potest; neque etiam superficiei vitreae pars illa, cui aqua iam attracta accumbit. Superest ergo, ut adscensus tribuatur annulo vitreo proxime superiori.

Vt autem singula tuborum capillarum phaenomena intelligantur, probe notandum est, cylindrum aqueum, qui intra tubum capillarem adscendit, gravem esse, et sua gravitate adscensui resistere. Verum in cylindro aqueo duo accurate distingui debent. Quum attractio aquae in vitrum ad minimam tantum distantiam vigeat, totus cylindrus a vitri parietibus non attrahitur; sed ea pars dumtaxat, quae in ipsa attractionis sphaera continetur. Quare si annihilari fingamus totam illam aquae partem, quae extra attractionis vitri limites posita est, iam in tubo capillari suspensus maneret canaliculus aqueus cavus in minima et ubique aequali a vitro distantia. Itaque reliquus cylindrus in hoc canaliculo cavo contentus non retinetur vi attractiva vitri, sed mutua particularum aquearum cohaesione. Huius autem cylindri massa ipsam canaliculi massam longe superat, et vi ponderis sui cohaesioni resistit. At canaliculus vi attractiva vitri cohibetur omnino, et firmiter adglutinatur ita, ut pondere proprio divelli et descendere nequeat. Est enim canaliculi huius crassities minima, eiusque



pondusculum respectu vis attractricis in vitrum minimum ita, ut iste canaliculus quasi pondere omni destitutus fingi possit.

Ex dictis autem colligi potest, cylindrum aqueum in tubo capillari suspensum solo supremo canaliculi annulo sustineri. Vitrum enim solum canaliculum suae attractioni convenientem sustentat, ac proinde cylindrus a vitro immediate non suspenditur. Inter canaliculi et cylindri superficies sibi mutuo contiguas intercedit quidem attractio, sed haec ad suspensionem cylindri nihil confert. Etenim si divisus intelligatur totus canaliculus in annulos innumeros altitudinis infinite parvae, dividaturque totus cylindrus in totidem sectiones sive lamellas; quantum lamella una sursum vel deorsum trahitur, tantum per lamellas utrimque proximas, itemque per annulos utrimque proximos impeditur. Actio enim utrimque aequalis est et contraria. Quare cohaesiones, quae inter singulos annulos lamellasque respondententes intercedunt, sese mutuo destruant. Itaque solus nexus lamellae superioris destrui non potest per aliam incumbentem, in quam annuli supremi attractio agere possit. Sola igitur cohaesio inter annulum supremum et lamellam supremam efficax permanet, atque vi mutuae attractionis particularum aquarem ab ea pendent reliquae omnes subsequentes lamellae; ideoque totus cylindrus ope lamellae suae supremae

a solo supremo canaliculi annulo suspenditur. Iam vero, quia vis sustinens semper est eadem, nempe vis attractiva, quae inter particulas aqueas supremi annuli et supremae lamellae intercedit, pondus autem sublevandum continuo crescit; hinc sequitur, suspensionem non nisi ad determinatam aliquam altitudinem locum habere, quam ubi aqua adscendens attingit, iam aequilibrium fieri necessum est. Quiescit igitur aqua, et adscensus cessat.

Ex dictis autem facile determinari posset altitudo, ad quam fluidum adscendit, si nota esset attractionum lex. Vis, qua fluidum attrahitur a vitro sit  $p$ , vis, qua fluidi particulae sese mutuo attrahunt, dicatur  $q$ , diameter tubi sit  $d$ , et altitudo  $c$ . Iam quia fluidum per vices attollitur vi annulorum trahentium, qui sunt ut columnarum fluidarum peripheriae sive ut diametri; erit vis, qua fluidum sursum trahitur, ut diameter annuli, et attractionum fluidi ad vitrum atque fluidarum particularum inter se differentia coniunctim. Illa enim mutua particularum fluidarum attractio contraria est attractioni fluidi ad vitrum. Erit ergo vis tota, ut  $d(p-q)$ , cui, dum fit aequilibrium, aequale esse debet pondus columnae fluidae  $cd^2$ . Quare  $cd^2 =$

$$d(p-q) \text{ et } c = \frac{p-q}{d}. \text{ Quia vero differentia}$$



virium  $p-q$  constans est, eodem manente fluido; patet, altitudines esse in ratione reciproca diametrorum, ut demonstrant experimenta. Probe autem notandum est, cylindri fluidi diametrum pro ipsa tubi diametro a nobis usurpari; quod facere licet ob exiguam et fere infinitesimam attractionis sphaeram. Plurima alia tuborum capillarum phaenomena in huius conclusionis progressu explicabimus, atque explicationis veritatem magis ac magis confirmabimus. Interim concludere licet: non plures admittendae sunt causae, quam quae et verae sunt, et phaenomenis explicandis sufficiunt; atqui in praesenti explicatione res ita se habet: vim attractivam vitri et aquae mutuam particularum aquearum attractionem experimenta demonstrant; has autem vires explicandis tuborum capillarum phaenomenis sufficere demonstravimus, atque in obiectionibus refellendis confirmabimus; ergo ex mutua aquae et vitri attractione repetenda sunt tuborum capillarum phaenomena.

#### SOLVUNTUR OBJECTIONES.

*Obiect. 1.* Quamvis sese mutuo attrahant fluidorum moleculae, eaeque ad vitrum attrahantur, ignota tamen est huius attractionis lex, atque ea de causa factum est, ut variae sint physicorum opiniones. Alii nempe,

ut Hanksbeius, totius concavae superficiei annulis successive trahentibus adscensum aquae tribuunt, quae quidem opinio in praesenti conclusione explicata est. Alii autem, ut Iurinus, suspensionem aquae referunt in solam circumferentiam superficiei concavae, cui superficiei contigua est, proximeque adhaerescit superior aquae superficies. His positus sic argumentari licet: attractioni referenda est tuborum capillarum experimenta, sine ullo fundamento adfirmatur, si incerta omnino sit talis attractionis lex; atqui ignota prorsus est illius attractionis lex; ergo falsa est conclusio. Resp. N. mai. Re quidem vera huius attractionis lex cognita non est. Hoc unum adfirmare possumus: hanc attractionem neque esse in ratione duplicata inversa distantiarum, in contactu enim longe validior est haec attractio, quam pro talis attractionis lege; neque etiam esse potest in ratione triplicata distantiarum, in contactu enim foret infinita. Superest, ergo, attractionem illam servare legem aliam, quae sit, ut certa functio, quam in physica generali iam explicavimus. Porro certissimum est, innumeras fingi posse attractionis leges, quae tuborum capillarum phaenomenis satisficiant. Quamvis autem explorata nondum sit lex illa, inde tamen minime concludi potest, nullam esse: quum attractionis phaenomenon generatim compertum, sit, nec repugnet lex a-



liqua tuborum capillarum experimentis probe satisfaciens. Iam quod spectat ad diversas physicorum opiniones, duae sunt tantummodo, quae aliquid difficultatis habere possunt; aliarum enim falsitas demonstrata est omnino. Nos quidem probavimus Hauksbeii opinionem, si de adscensu fluidi sermo sit. Aqua nempe adscendit attractione totius concavae superficiei ipsius tubuli, cui cylindrus aqueus successive adhaeret. At falsa est opinio Hauksbeiana, si sermo sit de causa suspensionis aquae in tubo capillari iam quiescentis. Ostendimus enim, cylindrum aqueum in tubo capillari sustineri vi attractiva superficiei annularis internae tubuli, mediante annulo canaliculi aquei, cui suprema cylindruli suspensi superficies cohaeret, et contigua est.

Neque satis feliciter Hauksbeii opinionem refellit Iurinus hac ratiocinatione. Quum nempe, inquit Iurinus, altitudo aquae in tubis capillaribus semper sit in ratione reciproca diametri; hinc sequitur, quantitatem constantem semper esse superficiem illam, quae suspensam aquam sustinet; sed columna aquea suspensa in quolibet tubo semper est ut diameter. Quare si attractio totius superficiei internae aquam suspenderet, inde colligetur, causis aequalibus effectus inaequales produci, quod est absurdum. Sed tota haec Iurini ratiocinatio facile refellitur. Nullius usus

est notissimum principium; *effectus* nempe *causis suis proportionales esse*, nisi agatur de causa prima et unica; non vero si agatur de effectu aliquo, qui oritur ex causis plurimis et seorsum aestimandis. Ita dum adscensus aquae in diversis tubis capillaribus inter se comparantur, superficiei cuiusque attractio oritur ex attractionibus singularum particularum vitri in singulas aquae particulas. Quia autem vires singulae, quae vim totam superficiei unius componunt, non sunt aequales inter se, ex duarum superficierum aequalitate concludi non potest attractionis aequalitas, nisi cetera sint paria. Simili ratione, etiam si concederetur, solum annulum superiorem aquae contiguam attractionis causam esse, inde concludi minime posset, pondus suspensum huic diametro proportionale esse; huius enim annuli vis tota haberi non potest, nisi virium singularum summa habeatur. Questionem hanc ad sublimiorem geometriam revocavit vir doctissimus D. Clairaut in eximio opusculo *de figura telluris*. Sed rem facilliori doctrina tractasse, nobis satis sit. Ceterum clarissimi viri tuborum capillarum phaenomena ex vi attractiva repetunt, et in solo explicandi modo differunt.

*Obiect. 2.* Vis attractiva in omni fluidorum specie sese manifestaret: quod tamen experientiae repugnat: nam mercurius per tubum capillarem non solum non adscendit, sed



infra libellam descendit; et quidem eo magis, quo minor est tubi diameter; ergo falsa est conclusio. Resp. N. cons. Ex doctrina hacienus explicata intelligitur, qua de causa mercurius per tubos capillares descendat. In huius conclusionis probatione demonstravimus, fluidi per tubos capillares altitudinem esse in ratione directa differentiae virium attractivarum fluidi ad vitrum, et fluidarum particularum inter se, atque in ratione reciproca diametri, quam rationem hac for-

mula exhibuimus  $c = \frac{p-q}{d}$ . Si quantitas  $p-q$

sit affirmativa, iam altitudo est positiva, et aqua supra libellam ascendit. Verum si fluidarum particularum attractio mutua maior sit quam attractio ad vitrum, ut contingit in mercurio, hoc est, si  $q$  maior sit quam  $p$ , iam quantitas  $c$  fit negativa; ac proinde adscensus mutatur in descensum, atque descensus ille erit reciproce, ut diameter, quod cum experimentis probe consentit. Simili ratione, quia virium differentia  $p-q$  in infinitum variari potest, hinc diversissimae altitudines oriuntur pro fluidorum varietate, atque etiam pro diversa tuborum capillarum vi attractiva. Inde etiam intelligitur, quare tubo capillari ab aqua avulso, suspensa tamen aqua remaneat intra tubum, si tantisper attollatur.

Et quidem in formula  $c = \frac{p-q}{d}$  evanescit

vis  $q$ , manetque vis tota  $p$  non imminuta. Haec autem omnia phaenomena per nullum fluidum, ne quidem per aethereum cartesianum explicari posse videntur. Et certe si fluidum aliquod sit adscensus causa, nulla ratione intelligitur, quid ad maiorem altitudinem conferat, si tubus capillaris ab aqua extrahatur. Multo minus reddi poterit ratio, cur fluida quaedam graviora altius adscendant, contra autem humiliora subsidant fluida alia minus gravia. Et quidem fluidum premens, quodcumque sit, in fluidum specificè levius vim maiorem exerceret. Neque est, quod heic refellamus commentitiam de inaequali aëris pressione quorundam philosophorum opinionem. Hypotheseos commentum satis demonstrant experimenta, quae feliciter succedunt in vacuo boyliano, quam in aëre aperto.

*Obiect. 3.* Observavit diligentissimus vir Muschenbroëckius, pro maiori tuborum capillarum altitudine ad maiorem quoque altitudinem fluida elevari. Illud vero experimentum totam attractionis doctrinam evertere videtur. Etenim attractio illa, quae adscensum per tubos capillares produceret, in minimis dumtaxat distantis agere debet. At causam adscensus diffusam esse per totam tubi longitudinem, demonstrat Muschenbroëckii ex-



perimentum. Quare posito experimento sic argumentantur aliqui: ea admitti non debet praemissorum phaenomenorum causa, quam experimenta ipsa destruant; atqui Muschenbroëkii experimentum totam doctrinam in probatione conclusionis adductam destruit; ergo falsa est conclusio. Resp. C. mai. N. min. Muschenbroëkii experimentum saepius fuit iterarum, et successu caruit. Summa diligentia captae fuerunt fluidi altitudines in diversis tubis, atque ad eas nihil omnino conferre diversam tuborum altitudinem, constanter observatum est. Nec tamen clarissimum Muschenbroëkium alicuius oscitantiae in faciendis experimentis accusare quis audeat. Tales enim errores vix ulla diligentia aliquando vitari possunt. Subtilissima enim experimenta illa pendent ex interna tuborum capillarium superficie, quae eximie perpolita, et eiusdem accurate diametri esse debet; quae quidem experimentorum subtilitates periculosae omnino sunt, et difficiles. Ceterum clarissimo viro veniam nos damus, petimusque vicissim.

Prolixius esset singula explicare experimenta: causam generatim indicasse satis sit; ad alia enim properare nos iubent et praescripta veritas et maior fortasse utilitas. Praetermittere tamen non licet hypothesim, quam Vosii aut Borelli aut Carrei appellant. Aditamentum scilicet adscensus in abolita gravita-

tione quaesiverunt. Aiunt nempe, cylindrum suspensum nullam possessionem in subiectam aquam exercere, et destructa gravitate id fieri, praecipitanter adfirmant, quod scilicet pondus cylindri in tubo levius factum sit respectu aque in vase, ideoque rupto aequilibrio aqua debet ascendere, non secus ac fieri demonstravimus, ubi fluida duo sunt diversae gravitatis specificae. Hypothesis illa, quam magno apparatu refellunt aliqui, primis physicae principiis repugnat. Et quidem lapis e fune pendens; numquid levior evasit? An minor potentia requiritur, ut sursum tollatur? An igitur cylindrus aqueus omni sua gravitate vi illum sublevanti non resistit, quia cum vitro cohaeret? Sed haec satis dicta sint. De hac autem celeberrima quaestione, ut alios praetermittam scriptores plurimos, legantur opuscula, quae in *commentariis petropolitans tom. 8. et 9.* tradidit vir doctus, aequae ac diligens Weitbrechtius.

### ARTICVLVS III.

#### *De fluidorum motu.*

Si particularum fluidarum figura mutuaque dispositio physicis compertae essent, ad vulgares et in physica generali demonstratas motuum leges revocari possent fluida. Problema enim semper determinatum est, si invenien-