

DISSERTATIO PHYSICA,

EXAMINANS:

*AN AQUA IN TUBIS CAPILLARIBUS  
LONGIORIBUS ALTIUS QUAM IN  
BREVIORIBUS ADSCENDAT;*

---

QUAM

CONSENT. AMPL. FAC. PHIL. REG. ACAD. ABOÛNSIS,

PRÆSIDE

MAG. *GUSTAVO G. HÅLLSTRÖM,*

PHYSICES PROFESSORE REG. ET ORDIN. DES. ATOUE REG.  
SOC. OECON. FENN. MEMBRO,

PRO GRADU PHILOSOPHICO

PUBLICICE DEFENDET

*CHRISTIANUS GUMMERUS,*

OSTROBOTNIENSIS,

IN AUDITORIO MAJORI DIE IV NOV. MDCCCI,

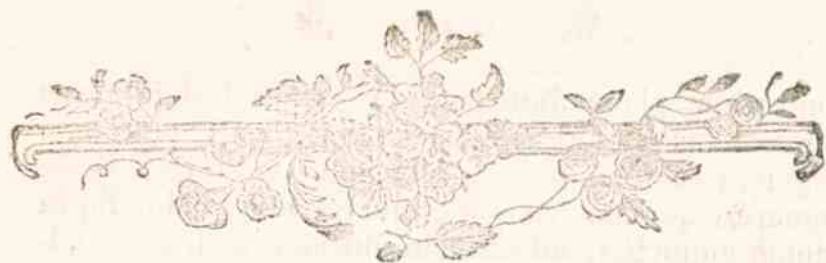
*Horis a. m. consuetis.*

---

A B O Æ, TYPIS FRENCKELLIANIS.

12.





**N**otissimum est phænomenon, aquam in tubis vitreis gracilioribus, quos capillares vocant, ad altitudinem aliquam supra libellam in vase, quo tenetur, sponte adscendere. Hujus autem adscensus causam varie explicarunt Physici. Alii illum pressioni aëris atmospherici, vel etiam viscositati cuidam aquæ tribuerunt, alii vero vulgare aquæ & vitri adhæisionis phænomenon esse statuerunt *a*). Horum sententiæ, experimentis satis confirmatæ, assentimus. Dissentierunt quoque & adhuc dissentire in ea re videntur, an aqua in tubis æqualis diametri longioribus altius quam in brevioribus adscendat. Institutis experimentis quidam contenderunt, tubi longitudinem supra aquam nullius esse effectus ad elevandum aquam *b*), alii vero suis quoque nixi experimentis

A

con-

---

*a*) Vide: *Physikalisches Wörterbuch* von J. C. FISCHER, Götting. 1799, 2 Th. Art. *Haarröhren*.

*b*) Cfr. CARRÉ in *Mem. de l'Acad. Roy. des Sciences de Pa-*

contrarium plane statuerunt c). Inter hos inprimis nominandus est MUSSCHENBROEK, qui, postquam expertus erat, in tubo eodem, plus vel minus aquae immerfo, quando etiam hic diversa longitudine supra aquam eminebat, ad eandem altitudinem semper adscendere aquam d), tamen, quo tubi majorem longitudinem habent, eo quoque altius in se aquam rapere, contendere non dubitavit, sequentia sua respiciens experimenta:

| In tubo vitreo<br>longitudinis. | Adscendebat aqua<br>ad altitudinem. |
|---------------------------------|-------------------------------------|
| poll. lin.                      | poll. lin.                          |
| 3 — 6                           | 1 — 8                               |
| 2 — 0                           | 1 — 6                               |

I —

*vis ann. 1705, p. 320; BÜLFINGER in Commentar. Petrop. T. II, p. 235; WEITBRECHT in Commentar Petrop. T. IX, p. 284 sqq; NOLLET in Leçons de Physique expérimentale, Paris 1743, T. II, p. 406; DE LA LANDE in Dissert. sur la cause de l'elevation des liqueurs dans les tubes capillaires, Paris 1770.*

c) Cfr. HONORAT. FABRI in *Scient. Phys. Tract. V, L. II, Digress. I*, STURM in *Colleg. curiosor. Norimb. 1670, 4. T. I, Tentam. 8*; MUSSCHENBROEK in *Phys. experim. & geom. Dissert. Lugd. Bat. 1729, pag. 285, experim. XV.*

d) l. c. *experim. I & III, p. 277 & 278.*

|                     |  |                             |
|---------------------|--|-----------------------------|
| 1 — 0               |  | 0 — 10 vel 10 $\frac{1}{2}$ |
| 0 — 9               |  | 0 — 8                       |
| 0 — 6               |  | 0 — 5 $\frac{1}{2}$         |
| 0 — 2 $\frac{1}{2}$ |  | 0 — 2 $\frac{1}{2}$ e).     |

His omnibus bene consideratis facile invenitur: non esse admirandum ad nosra usque tempora dubiam mansisse rem *f*). Asserit quidem GEHLER *g*), cui etiam adsentit FISCHER *h*), experimenta MUS-

A 2

SCHEN-

e) l. c. *experim. XV*, p. 285. Usus est auctor mensura Rhenolandica, cujus pollex in 12 lineas dividitur.

f) Merentur asserri verba hæc acutissimi G. C. LICHTENBERG: *Obgleich dieser Satz* (a tubi longitudine elevationem aquæ non pendere) *von einigen der neuesten und vorzüglichsten Schriftstellern, als NOLLET, BÜLFINGER, WEITBRECHT und vornehmlich auch von DE LA LANDE behauptet, und das Gegentheil für einen Irrthum erklärt wird, so ist es doch gut zu wissen, daß ihn noch, ausser CARRÉ (qui tamen contrariæ erat sententiæ), HONORATUS FABRI, und STURM, so gar der hierbey classische MUSSCHENBROEK angenommen und durch versuche bestätigt hat. Vide: Anfangsgründe der Naturlehre, von J. C. P. ERXLIEBEN, 6:te Aufl. von G. C. LICHTENBERG. Götting. 1794, p. 142.*

g) *Physikalisches Wörterbuch, von J. S. T. GEHLER, Leipz. 1798, 2 Tb. p. 550.*

h) *Physikalisches Wörterbuch, von J. C. FISCHER, Götting. 1799, 2 Tb. p. 852.*

SCHENBROEKII parvas adeo differentias altitudinum adscensus aquæ præbere, ut ex iis nihil certi hæc in re concludi possit; etsi autem vera hæc sint dicta de experimentis illius reliquis, tamen in nuperrime allatis altitudo aquæ prima novies fere major est ultima, atque differentia 1 poll. & 5 $\frac{1}{2}$  lin. Rhénol. invenitur, quæ in rebus hujus indolis sane non est contemnenda. Dignam itaque suis disquisitionibus hanc materiam putavit L. A. VON ARNIM, & experimentis ulterioribus examinandam. Ita autem hæc successerunt, ut sententiam MUSSCHENBROEKII omnino confirmarent. Asseverat se omnes observasse cautelas, & non profundius in liquidum immergendo tubum, ne objici posset, aquam in locis, ubi diversa esset diameter & crassities tubi, huic adhærere, sed abrumpendo tubum supra aquam, breviorē reddidisse, quo facto invenit

| in tubo vitreo<br>longitudinis. | adscendisse aquam<br>ad altitudinem. |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| poll. lin.                      | poll. lin.                           |
| 5 — 7                           | 1 — 10,1                             |
| 4 — 11                          | 1 — 9,9                              |
| 4 — 1                           | 1 — 9,7                              |
| 3 — 7                           | 1 — 9,5                              |
| 2 — 5                           | 1 — 9,3                              |
| 1 — 9                           | 1 — 7,3                              |

In alio tubo vitreo

| longitudinis, | ascendit aqua, |
|---------------|----------------|
| lin.          | lin.           |
| 28            | 21,9           |
| 25            | 20,9           |
| 21,5          | 16,9           |
| 19            | 15,5           |
| 18,9          | 14,6           |
| 15            | 13,4           |
| 10,4          | 9              |

Hæc experimenta ei svadent, ut credat veram esse sententiam illam a MUSSCHENBROEKIO aliisque assumptam: causam elevantem aquam per totam tubi capillaris longitudinem esse diffusam, adeo ut ab hac longitudine notabiliter pendeat altitudo aquæ i).

Fidem experimentorum allatorum, tam a MUSSCHENBROEKIO quam a VON ARNIM institutorum, nulli negare debemus vel possumus; adsunt vero rationes, quæ faciant, ut non dubitemus contendere: minus esse veram conclusionem, quam ex iis deducunt hi Auctores; a methodo enim illa instituendi derivandam esse

---

i) Vide: *Annalen der Physik*, herausgegeben von L. W. GILBERT, Halle 1890, 4 B. 3 St. 376 S.

esse putamus totam in hac re controversiam, quam sequentibus probe perpensis plane nos composituram esse credimus.

MUSSCHENBROEK experimenta sua instituens de ea re fuit sollicitus, ut tubum aqua, quæ antea in eum adscenderat, vacuum redderet, in quem sifem ori suo eum applicavit, & aquam sugendo eduxit k), quo factò partem ejus superiorem amputavit, atque orificium inferius aquæ iterum inmisit. VON ARNIM vero asseverat quidem, omnes se observasse cautiones in suis experimentis instituendis, non tamen dicit, an vel quomodo tubum ante quodvis experimentum aqua vacuaverit; quare cum eodem modo ejus atque MUSSCHENBROEKII experimenta successerint, concludimus, hujus etiam methodo illum usum esse, atque sugendo e tubo aquam eduxisse. Hunc factum aquæ causam fuisse contendimus, cur altius elevaretur aqua in tubis eorum longioribus quam in brevioribus. Nam evitari non potest, quin in sugendo aër ex ore in tubum pellatur. Hic autem aër magna copia vaporum est mixtus, & plerumque majorem habet caloris temperaturam quam tubus; quare necessario accidet, ut penetrante tubi parietes calorico, vapores condensentur & in forma liquida

tu-

---

k) Cfr. *l. c. experim. I, p. 277.*



tubi superficiem interiori adhæreant. Cumque liquidum hoc sæpiissime partibus oleosis unguinosis sit mixtum, non est admirandum, aquam post peractum suctum non amplius ad eandem altitudinem adscendere, quam antea occupaverat. Superficies enim vitrea oleis unguinosis obducta minori vi quam sicca & pura aquam attrahere comperta est.

Opponi quidem huic ratiocinationi potest experimentum primum *l)* MOSSCHENBERGERI, quo invenit, aquam in eodem tubo ante & post suctum æque alte adscendere. Non negamus, tales accidere posse casus, quorum plures interdum adsunt rationes. Si primo tubus & aer ex ore procedens illumque intrans æquali gaudent caloris temperatura, vapores formam suam expansivam retinent, & tubi superficies interior pura manet. Deinde quoque copia partium oleosarum in vaporibus, quæ eadem non semper manet, effectum in hac re non negligendum certe efficit; quibus rebus consideratis, non difficile intelligitur, aquam ante & post suctum ad eandem altitudinem interdum adscendere posse. Sæpius tamen contrarius est eventus, quia aer ex ore tubum intrans calidior quam tubus plerumque est.

Cum

---

*l)* Cfr. *l. c. experiment. I, p. 277.*

Cum jam hinc appareat, factum aquæ efficere posse, ut minor evadat altitudo aquæ in tubis capillaribus, ostendendum est, diminutam longitudinem tuborum in eundem effectum producendum simul non conducere, in quem finem plura instituimus experimenta. Tubus vitreus albus, purus & siccus, in utraque extremitate apertus, cujus interior diameter circiter 0,2 lin. geom. (svecan. *m*) longa erat, extremitate una aquæ puræ, cujus erat calor temperies  $+18^{\circ}$  in Thermometro Celliano, perpendiculariter ita immittebatur, ut superficiem tantum aquæ tangeret, quando aqua in illum ascendebat ad altitudinem, quæ in charta in lineas geom. & linearum decimas partes divisa atque tubo affixa mensurabatur, quo facto de aqua auferebatur, atque retenta aqua in tubo, ope limæ pars hujus superior amputabatur, ut tubo iterum aquæ immisso observaretur altitudo. Sequens hoc modo inventa est tabula:

| Longitudo tubi. | Altitudo aquæ<br>in tubo. |
|-----------------|---------------------------|
| 71 lin. —————   | 11,5 lin.                 |
| 60 —————        | 12,0                      |
| 50 —————        | 11,7                      |

---

*m*) Lineis geometricis Svecanis, quarum decem pollicem geometricum constituunt, in omnibus nostris experimentis usi sumus.

|    |  |      |
|----|--|------|
| 40 |  | 11,7 |
| 30 |  | 11,7 |
| 20 |  | 11,8 |

Cum ejusdem tubi parte experimenta alia sunt instituta simili fere modo, excepta ea re, quod aqua e tubo vehementer illum vibrando pulla fit, quories tubi pars superior amputabatur. Hæc experimenta præbet sequens tabula:

| Longitudo tubi, | Altitudo aquæ<br>in tubo. |
|-----------------|---------------------------|
| 80 lin. —————   | 11,6 lin.                 |
| 70 —————        | 11,6                      |
| 60 —————        | 11,7                      |
| 50 —————        | 11,7                      |
| 40 —————        | 11,5                      |
| 30 —————        | 11,6                      |
| 20 —————        | 11,7                      |
| 12 —————        | 11,7                      |

Ejusdem tubi pars alia, fugendo evacuata quories amputabatur, sequentia ostendebat phænomena:

| Longitudo tubi, | Altitudo aquæ<br>in tubo. |
|-----------------|---------------------------|
| 60 lin. —————   | 11,7 lin.                 |
| 50 —————        | 9,0                       |
| 40 —————        | 8,0                       |

|    |  |     |
|----|--|-----|
| 30 |  | 7,6 |
| 20 |  | 6,2 |
| 10 |  | 6,1 |

E tribus hisce seriebus experimentorum jam apparet, ob minutam longitudinem tubi altitudinem aquæ non decrefcere, & fimul vera caufa hujus decrementi innotefcit. In prima enim & fecunda ferie eadem proxime pro diverfis longitudinibus tubi erat altitudo aquæ; quæ vero hic obfervabantur varietates, inde funt derivandæ, quod difficile poffit evitari, quin plus vel minus dimidia linea aquæ immittatur tubus. Quum in ferie tertia, ceteris reliquis paribus, fuftus aquæ differret, hunc quoque caufam fuiffe patet, cur in ea decrefceret altitudo aquæ.

Ne nimis præcipitanter judicare videamur, plura a nobis inftituta experimenta afferamus. Tubum a vitro albo confectum ficcum & purum, in utraque extremitate apertum, in medio vafis cylindrici, cujus diameter 6 poll. longa erat, ita in fitu verticali affigebatur, ut a loco moveri non poffet, quando abrumpebatur pars ejus fuperior. Antlia œnopolaram in vas ita infundebatur aqua, at nullæ in fuperficie hujus viderentur undæ, quæ tubum fupra partem immerfam madidum redderent, quo factò in tubum adfcendebat aqua, cujus altitudo in charta tubo affixa accuratiffime menfurabatur. Poft quamcumque obfer-

feruationem tubi pars superior, incaessione lima facta, adeo caute sine quasatione abrumpebatur, ut nullæ in aqua viderentur undæ, nec tubus vel minimum e loco moveretur. Erat diameter tubi circiter 0,1 lin. longa, & sequentes observabantur altitudines:

| Longitudo tubi, | Altitudo aque<br>in tubo. |
|-----------------|---------------------------|
| 200 lin. _____  | 17,6 lin.                 |
| 190 _____       | 17,6                      |
| 180 _____       | 17,6                      |
| 170 _____       | 17,6                      |
| 160 _____       | 17,6                      |
| 150 _____       | 17,6                      |
| 140 _____       | 17,6                      |
| 130 _____       | 17,6                      |
| 120 _____       | 17,6                      |
| 110 _____       | 17,6                      |
| 100 _____       | 17,6                      |
| 90 _____        | 17,6                      |
| 80 _____        | 17,6                      |
| 70 _____        | 17,6                      |
| 60 _____        | 17,6                      |
| 50 _____        | 17,6                      |
| 40 _____        | 17,6                      |
| 35 _____        | 17,6                      |
| 30 _____        | 17,6                      |

|      |  |      |
|------|--|------|
| 25   |  | 17,6 |
| 20   |  | 17,6 |
| 17,9 |  | 17,6 |

Pars ejusdem tubi adhuc residua vinculo, quo affixa erat, solvebatur, & aqua vibrando ex hoc tubo pellebatur, ut iterum immissa aquæ extremitate una in eum hæc adscenderet. Quotiescunque hoc modo evacuebatur tubus, altitudo adscensus aquæ præcise eadem ac ab initio in tubo decies longiore, nimirum 17,6 lin., observabatur. Quamprimum vero ex eo aqua fugebatur, manente tubi longitudine invariata, altitudines erant successive

12,5 lin.

11,3

11,0

10,3

9,0

5,0

Ultimum horum experimentorum, in quo altitudo aquæ a reliquis maxime differens observabatur, mox postquam a nobis cibus, pinguis mansus erat instituebatur; unde itaque luculenter apparet, quantum altitudo aquæ a natura vaporum, qui in fugendo tubum intrant, magis vel minus oleosa pendeat. In tubo sicco, ut etiam in illo, unde vibrando ejecta erat,

rat, motu ad sensum uniformiter retardato adscende-  
bat aqua; post factum vero motu omnino inæquabili  
hic fiebat adscensus, ut perspicue videretur, aliquid  
tubum intrasse, quod adscensum aquæ impediret.

Similia jam descriptis experimenta sunt quoque  
instituta cum tubo e vitro viridi confecto. Erat tu-  
bus siccus & purus diametri circiter  $\frac{1}{8}$  lin., cujus ex-  
tremitate una aquæ immissa, hæc ad altitudinem 25  
lin. adscendebat. Ejecta iterum aqua vibrando, tu-  
bus immobilis affigebatur & pars ejus post quamcun-  
que observationem abrumpebatur, quo facto succes-  
sive mensurabatur

| longitudo tubi; | altitudo aquæ<br>in tubo. |
|-----------------|---------------------------|
| 216 lin. —————  | 25 lin.                   |
| 48 —————        | 25                        |
| 32,5 —————      | 25                        |
| 25,2 —————      | 25                        |

In parte ejusdem tubi primum abrupta, longitu-  
dinis 108 linearum, adscendebat aqua ad altitudinem  
25 lin. quotiescunque vibratione tubi aqua ejicieba-  
tur. Si vero ex eadem sugendo educebatur, erant

## altitudines aquæ

17 lin.

13

12

11

6

Pars ejusdem tubi infima, longitudinis 25,2 lin., quæ post abruptionem partium superiorum restabat, vinculo solvebatur, & vibrando pluries aqua evacuebatur. Semper vero ad altitudinem 25 lin. adscendebat. Tali deinde cautione exfugebatur aqua, ut applicatis labiis 5 lin. supra extremitatem tubi, nec lingua hæc extremitas tangeretur, nec salivæ aliquid in tubum intraret. In hunc tubum non adscendebat aqua nisi ad altitudinem 17 linearum. Post plures æque caute peractos succus adscendebat ad altitudinem 15 lin., & postquam tetigerat lingua extremitatem tubi, altitudo adscensus erat 10 lin.. Inclinato tubo altius adscendebat aqua, in erecto autem ad altitudinem 25 lin. descendebat, & ibi manebat, unde patet, fugendo aliquid tubum intrasse, quod aquæ adscensum altiorem impediabat, aquam autem altius pulsam, ut contingeret partem tubi puriorem, cui fortius



tius adhærebat, ibi mansisse. Hinc quoque intelligitur, attractionem partium tubi aquam immediate contingentium, non autem supra aquam in notabili distantia disitarum, aquam elevare valere.

Experimenta allata omnia cum aqua & vitro temperaturæ caloris  $+ 18^{\circ}$  sunt instituta, ut, quum esset temperatura oris  $+ 32^{\circ}$ , vapores, qui in canallem tubi ingressi erant, necessario condensarentur, & parietibus tubi insiderent. Adhibuimus autem aquam quoque temperaturæ  $+ 34^{\circ}$ , quæ in tubo vitreo albo & puro, longitudinis 48 linearum & diametri interioris 0,4 lin., ad altitudinem 10 linearum ascendit, quando quoque tubus habuit caloris temperaturam  $+ 34^{\circ}$ . Quamdiu adeo calidus fuit tubus, semper ad eandem altitudinem 10 linearum ascendit aqua, etiamsi sugendo pluries educeretur. Vapores enim temperaturæ  $+ 32^{\circ}$  in tubo temperiei  $+ 34^{\circ}$  non tantum non potuerunt in formam liquidam condensari, sed etiam amplius expansi sunt, adeo ut nihil oleosi parietibus tubi tum insideret. Si autem, postquam ascenderat aqua in tubum, hic in aëre  $+ 18^{\circ}$  refrigeratus est, & aqua tum sugendoeducta, observabantur successive altitudines minores sequentes:

7,5 lin.

5

4

His casibus nimirum vaporum calor a tubo est minutus, quo facto illi sunt condensati in formam liquidam, & a vitro attracti. Non autem parum hæc experimenta confirmare putamus veritatem theoriæ nostræ, quare etiam concludimus, altitudinem aquæ in tubis capillaribus minorem observari non ob minutam longitudinem tubi supra aquam, adeo ut vis aquam elevans in tota tubi massa vel superficie non sit quærenda, sed ob interveniens quoddam corpus, quod tubo fortius adhæret, & impedit quominus aqua tubum contingat.

