

38

DISSERTATIO PHILOSOPHICA
INAUGURALIS
DE
CONGELATIONE,
QUAM,

ANNUENTE SUMMO NUMINE,

EX AUCTORITATE RECTORIS MAGNIFICI

FLORENTII JACOBI VOLTELEN,

MED. DOCT. MEDICINAE ET CHEMIAE
PROFESSORIS ORDINARIJ;

NEC NON

AMPLISSIMI SENATUS ACADEMICI CONSENSU, ET NO-
BILISSIMAE FACULTATIS PHILOSOPHICAE DECRETO,

PRO DOCTORATU ET MAGISTERIO,

SUMMISQUE IN PHILOSOPHIA ET LIBERALIBUS
ARTIBUS HONORIBUS AC PRIVILEGIIS RITE
AC LEGITIME CONSEQUENDIS,



PUBLICO ATQUE SOLENNI EXAMINI SUBMITTIT

WILLEM FREDERIK RÖELL,

AMSTELODAMO — BATAVUS.

Ad diem 11. Julii MDCGCX. Hora IX—XI. L. S.



LUGDUNI BATAVORUM,
APUD LUZAC ET VAN DAMME,
M D C C X C.

239
59 301

D I S S E R T A T I O P H I L O S O P H I C A
I N A U G U R A L I S

D E

C O N G E L A T I O N E,

Q U A M,

A N N U E N T E S U M M O N U M I N E,

EX A U T O R I T A T E R E C T O R I S M A G N I F I C I

F L O R E N T I I J A C O B I V O L T E L L E N,

M E D. D O C T. M E D I C I N A E E T C H E M I A E
P R O F E S S O R I S O R D I N A R I I

N E C N O N

A M P L I S S I M I S E N A T U S A C A D E M I C I C O N S E N S U, E T N O
D I S S I M I L I M A F A C U L T A T I S P H I L O S O P H I C A E D E C R E T O,

P R O D O C T O R A T U E T M A G I S T E R I O,

S U M M I S S E I N P H I L O S O P H I A E T L I B E R A L I U S

A R T I U S H O N O R I B U S A C T R I V I L E G I S R I T E

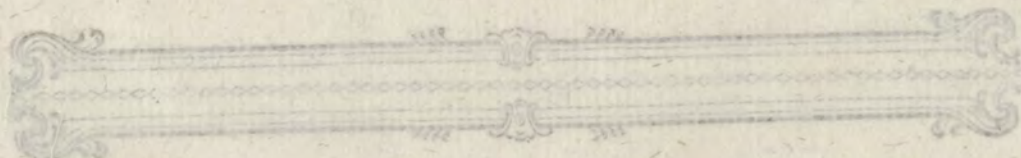
A C L E G I T I M E C O N S E C R U N D I S,

P A R T I C O A P T E S O L E N N I E X A M I N I S U B M I T T I T

W I L H E L M F R E D E R I K R Ö E L L,

A M S T E R L O D A M O — B A T A V U S

A t a m 17 Julii MDCCLXXIX — XI. L. S.



L U C D U N I B A T A V O R U M,

A P U D L U Z A C E T V A N D A M M E,

M D C C L X X

Handwritten notes in the bottom right corner, including the number 100 and some illegible scribbles.

P A T R I

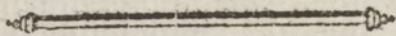
O P T I M O

S A C R U M.

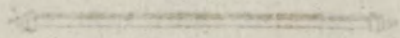
Р А Т Я И

О Р Т И М О

С А Р У М



Offero tibi hic, B. L., Dissertationem non omnino ad finem perductam.
Pauca, quae defunt ante ferias exarari non potuerunt. Propositum tamen
quam diutius differre non possem, malui ea quae nunc exstant, in lu-
cem emittere, quam rem in medio relinquere. At quoniam tamen ab-
solvere mihi est animus id quod incepti; si qui sint qui ea quae adhuc
defunt, habere cupiant, ii adeant DD. LUZAC & VAN DANME, qui
ea post ferias aestivas cupientibus remittere poterunt.



... nihil nisi sic, E. I., Deliberationem non omnino ad finem pertinentem.
... quae defuit ante levis exarari non poterunt. Propositum tantum
... quod dicitur differri non potest, nisi ea quae tunc existant, in li-
... cum existant, quae tunc in medio relinquere. Et quantum tamen ad
... habere nisi est animus in quod incipit; si qui sit qui ea quae ab his
... habent, habere cupit, si sicut D^s LOUAC & VAN DAMME, qui
... et non sine sollicitudine cupientes remittant potest.

L. S.

Postquam per duos, & quod excurrit, annos in Germania studiorum tirocinia deponere, ibique imprimis studiis philosophicis incumbere mihi licuerat, tandem in patriam reversum & in hac alma Musarum sede per aliquod jam tempus Themidos sacra colentem, incendit me magna quaedam, eaque cum amore aliorum aequo me judicio commendandi conjuncta cupiditas, in Philosophia & artium liberalium Magisterio lauream Doctoralem adipiscendi, quo in proposito ut magis magisque confirmarer, aliorum, inter quos & amicorum meorum exemplum, haud parum fecisse, fateri non erubesco.

Divinae hujus scientiae, quae rerum naturam causasque tradit, laudes hic celebrare non tantum supervacuum, sed & meo quidem judicio aliquanto injuriosum foret, tanquam si res ipsa non satis loqueretur, ejusque utilitas &
prae-

praestantia nondum satis evicta esset, ut ulteriori adhuc commendatione indigeret.

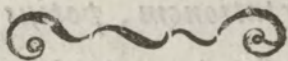
Quis enim hac de re dubitare, quis philosophiae prae omnibus aliis scientiis potiores partes denegare ausit? & si unquam argumentum a nomine desumptum valeat, certe in hac scientia, quae vi nominis amorem sapientiae designat, erit valiturum. Quid enim humano ingenio dignius? quid homines super bruta magis extollit, & ad eam, quam in hoc mundo attingere licet perfectionem magis appropinquat? quid ad imaginem Dei nos creatos esse magis manifestat, quam si optimos fines per optima semper sectemur? quid praestantius, quam, pulsis errorum praejudiciis, omnia eo quo par est, oculo perspicere, verum a falso, bonum a malo, honestum a turpi, utile a noxio distinguere, & sine quo omnia haec nullius momenti forent, actiones imprimis ad perspectas veritates componere & hoc modo scopo, quem sapientissimus rerum creator in condendo mundo atque in ipso creaturis habere potuerit, quantum in nobis est, satisfacere? Recte hinc dicit CICERO de finibus bonorum & malorum Lib. I. Non paranda solum nobis, sed fruenda etiam sapientia est — & quaerendi
de-

defatigatio turpis, quum id, quod quaeritur, sit pul-
cerrimum.

*His omnibus rite perpensis, nemini, ut confido mirum
videbitur, me cupiditate quadam gradum Doctoratus in
philosophicis adipiscendi incensum fuisse, quem in finem,
ut satisfacerem laudabili Majorum conscribendae Dissert-
tationis instituto, tandem mihi ex Physicis, quae magnis
in deliciis habeo, ea arrisit materia, quae de Congelatio-
ne agit. Novi hac de re jam Dissertationem esse con-
scriptam a viro doctiss. J. H. AENEAE, sed, quum ab
eo tempore multa tunc adhuc incognita, & huc spectantia
detecta fuerint, mentem non mutavi. Ratio autem, quae ad
conscribendam Dissertationem, potius quam ad Theses me
impulit, non tantum fuit is, qui plerumque hodie, praefer-
tim in Philosophicis obtinet mos, sed imprimis, ut sic
rei, cujus plenior cognitionem habere cupiebam, qua-
lis est, Congelationis phaenomenon, accuratius indagandae
mihi ipsi necessitatem imponerem; hac in re CICERO-
NIS consilium secutus, qui in Lib. I. de natura Deorum
dicit: omnes Philosophiae partes tum facillime noscun-
tur, quum totae quaestiones scribendo explicantur.*

Ne

Ne quis vero nova quaedam momenti digna hic reperire
credat; unicus mihi scopus fuit, ut, addita forte hic illic
observatione aliqua, ea quae hac de re dicta sunt in or-
dinem quemdam colligerem, cui si vel ex parte satisfacere-
rim, gratissimum sane laboris praemium habebō; sin minus,
hoc mihi erit solatium, me forte quid vires meas supe-
rans suscepisse: quapropter tu, L. B. si quis es, fa-
vente haec animo accipias, & amico iudicio dijudices.
Vale.





DISSERTATIO PHILOSOPHICA
INAUGURALIS

CONGELATIONE.

INTRODUCTIO.

De Congelatione acturi, quaedam de hypothesibus (1) in genere praemittere volui, ut sic pateret ratio, cur eam, quam ad phaenomeni nostri causam explicandam assumsimus hypothesin, praefereendam putemus; & praeterea apparet, cur hic illic opinionem, quae multis, forte nimium hypothetica videri posset, interferuerim.

(1) De tota hac materia legi potest egregia Oratio viri clariss. J. H. VAN SWINDEN de hypothesibus Physicis, quemadmodum sint e mente NEWTONI intelligendae, habita Amstelod. anno 1785.

Multarum sane rerum ea est Natura, ut ex solis effectibus earum actionem cognoscere debeamus, quin imo sine his interdum plane earum existentiam ignoraremus. Harum in numerum sine dubio referri meretur congelationis causa.

Si cum DE LA HIRIANIS, MUSSCHENBROEKIANIS aliisque causam positivam assumamus, hi ipsi ejus naturam sibi incompertam esse agnoscunt, sed ex solis effectibus ejus existentiam cognitam sibi esse dicunt.

Si cum aliis causam privativam, puta, solius ignis exitum amplectamur, etiam difficultate aliqua premimur; quum ignem exeuntem neque nudis, neque armatis oculis umquam detegere, sed unice ejus exitum ab effectibus concludere liceat, nam, uti recte ajunt BOERHAVIUS (1) & MUSSCHENBROEKIUS (2); *ignis subtilitate sua incomprehensibili interdum sagacissimi indaginem eludit, & omnes pene sensus effugit.* Attamen hunc existere certo certius est.

Hinc mirum non est, in diversas de congelationis causa sententias abiisse Physicos. Res enim unice conjecturis atque hypothesebus redit, quarum alia quidem magis quam alia ad certitudinem accedit, at omni dubio tamen major nulla est. Major minorve harum probabilitas unice ab observationibus & experimentis, quibus nituntur deduci potest. Hinc saepe ab illis, qui in Naturae arcana aliquanto magis penetrare cupiunt, tot institui solent observationes & experimenta, quae vel in se novum aliquod pro hypothesi quaedam argumentum exhibere, vel observationes antea factas, aut conclusiones ex prioribus experimentis ductas confirmare videntur. Et si hypotheses aut opiniones ex his experimentis deductae non semper magnam veri speciem prae se ferant, interdum tamen magnos viros adeo allicuerunt, ut eas tanquam verissimas defendere non dubitaverint. Talis est, uti in *Cap. 2. Diss.* videbimus *particularum frigidificarum* conjectura. Hujusmodi hypotheses licet ficto nitantur principio, non tamen ipsis omnis utilitas deniganda. Quum enim ex omnibus aliquid explicandi modis unum exhibeant,

(1) *Elem. Chemicæ cap. de igne.*

(2) *Introd. ad phil. nat. §. 1524.*

beant, eumque cum quibusdam phaenomenis congruentem, eum sane habent usum, ut de earum veritate aut falsitate solliciti, tum & in quo verae esse possint, tum & in quo peccent, perspicientes, ad alias interdum easque certiores eadem de re dilabamur opiniones. Neque sufficit, ut hypothesis quaedam nullum directum contra se habeat argumentum ab experientia petitum, sed ut verosimilis haberi possit, unica esse debet, quae nullum contra se directum experimentum habeat. Sic, quamvis particularum congelantium hypothesis, uti lubens fateor, ejusmodi contra se nullum habeat, non ideo tamen verosimilior est; quoniam sola non remanet, sed ea quae ignis unice exitum invocat, quemadmodum hodie ex caloris latentis theoria explicatur, itidem nullum contra se habet phaenomenon, quod non plenissime ex ea explicetur. At vero, inquires, si ex duabus hypothesis neutra directum contra se habeat argumentum, nulla est ratio, cur una alteri sit praeferenda. Respondeo, hoc in casu videndum esse, tum quatenam cum Naturae simplicitate maxime conveniat, tum quatenam minus ficto fundamento nitatur, ita ut de hujus existentia saltem certo constet. Utramque enim simul veram esse non posse per se patet, & docet illud CICERO (1) dum dicit: *Quum opiniones variae sint & inter se dissidentes, alterum profecto fieri potest, ut earum nulla, alterum non potest, ut plus una vera sit.*

Patet itaque ratio in genere, cur solam congelationi causam privativam assignare maluerim; at quum tamen sint, quae hanc opinionem maxime ferire videntur, ea in Cap. 2. *Diff.* refutare conabimur.

Caeterum, quod ad conjecturas quas forte hic illic interferui atinet; meminere quisque me dixisse, sic saltem unum ex possibilibus aliquid explicandi modis tradi, quas, quamdiu de earum absurditate non constet, neque alia probabilior afferri queat, amplecti posse credo.

Ipse experimentis Dissertationem hanc locupletare non potui, nullis saltem,

(1) *De Natura Deorum* Lib. 1.

tem, congelationem uti naturaliter procedit, spectantibus. Neque hoc alicui mirum videri potest qui recordetur, hac hieme anni tempestatem illud plane non permisisse.

Optassem quidem, ut quaedam instituire mihi licuisset, licet caeteroquin non in ea sim opinione, experimenta experimentis accumulata semper majorem lucem rebus asferre; verum interdum magna confusio exinde oriri solet, & hinc recte dixisse puto illustrem Angliae Cancellarium BACONEM VERULAMIUM: *Non solum major experimentorum copia quaerenda est, & procuranda, sed methodus, ordo, & processus continuandae & provehendae experientiae introducenda.* (1)

Ordo quem in Dissertatione observavi hic est.

Caput I., agit de glacie & phaenomenis quae ejus formationem spectant, quo refero ex gr. ortum in superficie & a parietibus vasorum, gravitatis specificae diminutionum, vim expansivam aliaque plura.

Caput II., quod theoriam congelationis tradit, in 3 partes secui.

1. Causam liquiditatis
2. Causam soliditatis sive ipsius congelationis; &
3. Quaedam de frigore artificiali tradet.

Haec introductionis loco sufficient.

(1) In libro cui titulus: *novum Organon*. Aphorismo 100.

CAPUT PRIMUM.

DE GLACIE, ET PHAENOMENIS, QUAE AD
IPSIUS FORMATIONEM PERTINENT.

§. I.

Quid sit glacies? & quisnam sit aquae status naturalis?

Quemadmodum sufficiens caloris gradus, si non pro unica, saltem pro praecipua ratione omnis fluiditatis habetur, ita, cessante hoc, neque amplius cohaesionem inter fluidorum particulas prohibere valente, tandem haec, diminuta ac liberata magis magisque ignis copia, in statum priori plane contrarium abeunt, & quae fluida fuerant, nunc solida evadunt.

Nullum, quod sciam, in Natura adest eorum, quae liquidâ (†) appellamus, quod, imminuto ad certum gradum calore, in solidum mutari non possit, eo-que iterum aucto, pristinum statum recipere.

Inter

(†) Observo hic distingui solere a multis *liquidum* a *fluidum* sequenti modo: *liquidum* vocant corpus, cujus partes gravitate sua situm horizonti parallelum affectant, ita ut a centro telluris aequaliter distent omnes; *fluidum* autem esse ajunt, quod elasticitate sua, & maxima partium vi repulsiva quaquaversum se expandit, & raro ad libellam constitui solet. Sic aër est *fluidum*, aqua *liquidum*; at interdum etiam hae voces promiscue adhibentur ad eandem rem designandam.

Inter omnia vero corpora, quae alternis his vicibus obnoxia esse possunt, nullum reperitur, quod saepius ac facilius, idque sponte eas subire soleat, quam aqua, omnium liquidorum frequentissimum, & per globum nostrum terraqueum maxime dispersum, cujus partes, cessante fluiditatis ratione, sese invicem attrahunt, sibi que adhaerent, ita ut in massam duriores abeant, quam *glaciem* vocamus, quaeque proinde nihil aliud est, nisi *aqua in statum soliditatis redacta*.

Aqua itaque, de qua nos agimus, liquidum illud insipidum, inodorum, pellucidum, quod radiis solis tum reflectendis tum refringendis aptum est, cujus partes minime admodum inter se cohaerent, sed cedendo facillime inter se moventur, triplici sensu spectari potest, & quocumque in statu illud consideres, magnarum in Natura operationum auctor est & causa.

1°. *In statu liquiditatis*, quem certe, si vel solum quotidianum ipsius usum spectes, omnium maxima afferre commoda nemo negaverit. Terram fertilem facit, crescunt ejus ope animalia, crescunt vegetabilia; cibos praeterea nutrimento aptos reddit; partes salinas solvit, rupium fissuras penetrat, & sic quoque memoratu dignos effectus producit; & si vim mechanicam spectes, quid magis illam demonstrat, quam molendina illa aquaria, quorum usus in plerisque terrae regionibus adeo frequens est?

2°. Uti prodire solet *in fluidum aërisforme* aut *vaporem elasticum* redacta. Stupendos & utilissimos etiam, quos tunc producere valet effectus, satis testantur tum *Olla Papiniana*, tum machinae illae hydraulicae, quae *Stoom-machines* vocantur; quaeque ab aliquot inde annis etiam apud nos adhiberi coeperunt.

3°. Quemadmodum nos eam hic considerabimus *in statu soliditatis*.

Ne quis vero credat, me nunc de conversione aquae in *glaciem* agentem, speciale quid in hac congelatione observatum velle prae ea, cui obnoxia sunt omnia corpora, quae ex liquidis solida fiunt; minime vero: idea enim con-

gelationis, uti recte observat BRAUNIUS (1), nihil aliud involvit, quam transitum ex statu liquiditatis in statum soliditatis, uti ex omnibus specialibus congelationis exemplis patet; hinc idea glaciei, tanquam ex pluribus similibus speciebus collecta, necessario abstracta vocari debet. Omnibus itaque corporibus, quae solida audiunt, vera tribuenda erit congelatio, quae in singulis sine dubio ab eadem causa proficiscitur, quantumvis ipsa hujus phaenomena differre possint & soleant. Sic metalla omnia, aurum, argentum aliaque, quae, si adsit sufficiens caloris gradus, funduntur, quamdiu solida manent, vera glaciei species vocari possunt. Quum itaque ex uno omnes dijudicari possint casus, patet ratio, cur solius aquae congelationem explicandam mihi sumserim, nec singula hujus exempla enumeraverim; *quid enim aliud est durities, quam acquirunt liquida ope refrigerationis, quam vera congelatio?* (2)

Possent in hoc § quaedam adhuc de eo addere, quisnam sit aquae status naturalis, an liquidus an vero solidus? at quum haec quaestio, eo nempe sensu, quo status naturalis ab omnibus fere Physicis intelligitur, arctissime sit connexa cum ea, quae de causa congelationis agit, adeo ut quasi a se divelli nequeant, nos quoque sic coacti erimus, ad hunc pro hypothesi, quam de congelatione assumemus determinandam. Intelligitur nempe per naturalem corporis statum is, in quo versatur, si non cum alia quadam substantia particulae ejus sint compositae; uti patet ex DE LUC (3). Hinc si, qui, positivam de congelationis causa amplectuntur sententiam, sine dubio liquiditatem; qui privativam autem, soliditatem aquae Natura comperere statuunt, necesse est, uti & revera fecisse BOERHAVIUM & MUSSCHENBROEKIUM patet, quum ille soliditatem, hic liquiditatem pro naturali aquae statu assumeret. Hinc nos quoque, qui congelationem causis privativis unice adscripturi sumus, eo sensu aquae statum naturalem solidum esse statuere debemus.

§ II.

(1) *Commentaria Petropolitana nova* T. XI. pag. 284. seqq.

(2) DE MAIRAN *Dissertation sur la glace* 8vo. 1749. pag. 3 & 4.

(3) *Idées sur la Meteorologie*. T. I. P. 11. pag. 174.

§. II.

Modus quo formatur glacies.

Quomodo formetur glacies, sive lenta fiat congelatio, sive subito saeviente gelu aqua frigore confringatur, tam accurate a MAIRANO (1), & post hunc MUSSCHENBROEKIO (2), diligentissimo phaenomenorum naturalium exploratore & observatore, quique praeterea de glacie egerunt (3), depingitur, ut nisi ordo in hac tractanda materia aliquam hujus rei expositionem postulare, omnino eam omitterem & provocando ad eos, qui hac de re plenius egerunt, defungerer. Jam vero quum clarius rem exponere vix possim, & cum meis observationibus convenientius, ipsa eorum verba, si non plane quoad ordinem, saltem quoad sensum, summatim hic interfero, quorum, quod unus forte, illud alter certe non omiserit.

Aqua, in vasis saltem, a superficie congelari incipit; (an interdum etiam a fundo §. seq. inquiremus) at non in medio ipsius formari incipit glacies, verum a parietibus vasis versus medium emittuntur tenuissima filamenta, quae sensim sensimque, jungentibus se novis aquae in glaciem abeuntis particulis, longiora evadunt, diversosque cum parietibus unde emittuntur, angulos formant, & rarissime quidem, uti observatum fuit, cum tangenti vasis, quod formae orbicularis esse ponimus, angulum constituunt 90 graduum; in aliis liquoribus, praeter aquam, numquam fere.

His filamentis formatis, ab utraque vel ab altera saltem eorum parte sese jungunt alia, quae, tum inter se, tum respectu prioris, diversos etiam angulos formant, de quibus hic idem, quod modo de aliis, observo, rarissime ea angulum rectum constituere.

At

(1) *Diff. sur la glace* pag. 104—116.(2) *Introd. ad philos. natur.* §§. 1489 & 1490.(3) Inter hos etiam doctiss. AENEAE *diff. inaug. de Congelatione* pag. 4—10.

At interdum etiam fit, ut nova haec filamenta ad certam distantiam prioris oriantur, neque ullo modo huic adhaereant, licet tamen quoad situm eadem remanere deprehenderetur ratio, si ad filamenta antea formata protenderentur.

Haec omnia filamenta quum sint instar tenuissimarum pellicularum, non possunt in initio massam glaciei solidiorem formare, uti & testatur disruptio, quae nonnumquam obtinet, sed tum demum, quum plures pelliculae una alteri impositae, hac sua combinatione aquae massam intercipiunt & laminas duriores ac crassiores efficiunt.

Sic oritur nempe glacies quando per minorem frigoris intensitatem licet, ut haec omnia successive se invicem consequi videamus. At subito orta congelatione alia quaedam est ratio; omnia haec quidem sibi succedere solent, neque eodem momento fiunt, sed ita subito, ut, quantumvis attento oculo, eorum subspectionem assequi non possimus; statim, quoad sensus nempe, oritur pellicula tenuis a parietibus ad medium versus, cujus incrementa tam cito fiunt, tanquam si tota simul formaretur, quaeque in cuspidem exit. Mox eodem modo haec obtinent in tota vasis orbita, & pelliculae istae in cuspidem triangulares exeuntes, omnes in centro vasis concurrunt, & sic additis novis pelliculis lateralibus, primam glaciei lamellam constituunt; cui jungentibus se aliis ab inferiori parte oritur glaciei integra crusta, quae brevi in massam solidam abit (+).

Duo praesertim in hac glaciei formatione obtinent, quae ulteriori quadam explicatione indigere videntur.

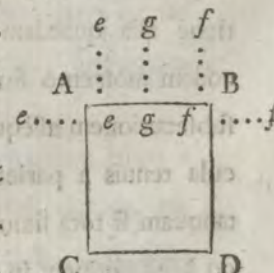
1°. Quod

(+) Crusta haec in initio, quando fit, satis regulariter ubique eandem habet crassitiam, sed frigore ulterius perdurante, non amplius hoc ita obtinet; verum pro minori a parietibus distantia eo major est illa crassities, & dum prope parietes undique, quin & interdum prope fundum glacies oriatur, quae in medio est pars, satis diu fluida remanet. Patet hoc si ex vase aqua repleto & frigori aliquamdiu exposito, deinde massam glaciei extollas, tunc illa quae adhuc remanebat aqua effundetur, & glaciei interior pars globo cavo similis esse deprehendetur. Quatenam hujus rei causa sit ex sequentibus confici poterit.

1°. Quod aqua a superficie & quidem a parietibus, non autem a medio congelari incipiat.

2°. Quod numquam fere filamenta ista five cum parietibus vasis, five inter se angulum 90° constituent.

Quoad prius, mirum non est, congelationem a superficie, & imprimis a parietibus vasis incipere; five enim congelationis causa sit aliquid positivi, five quid privati, verum tamen manet, ab ea parte liquidi, ubi minori negotio minorique temporis spatio intrare, vel exire potest, id, quod congelationem producit, ab ea parte glaciem oriri debere, hanc autem esse superficiem, & imprimis partes ejus, parietibus proximas, manifestum videtur (†).

Fingamus ex. gr. vas aliquod liquore repletum ABCD. 

fit superficies AB, partes autem parietibus proximae e, f;

apparet nunc, ex his ignem exire, vel frigus intrare simul

posse juxta duas directiones, tum verticalem, tum &

horizontalem, dum ex reliquis superficiei partibus ex. gr. g.

tantum juxta unicam, verticalem nempe, avolare queat. C D

Concludere itaque licet, sic eandem ignis portionem circiter dimidium tantum temporis spatium impendere ut parietes, quam ut ullam superficiei partem linquat.

Si quis autem dubitet, an haec sola fit ratio phaenomeni, ideo quod in receptaculo, in duas partes secto, id est in quo adest paries intermedius, eodem modo

(†) Patet nos hic tantum agere de casu, quo congelatio naturaliter procedit, id est, quo solus aeris Atmosphaerici contactus aquam igne ad liquiditatem necessario privat: quum vero omnes superficiei partes, huic aequaliter sint expositae, rationem inquirimus, quomodo igitur fiat, ut a parietibus prima glacies oriatur? Alia enim est ratio, si arte frigus operetur, & vas aqua repletum in miscela frigorifica ponatur: tunc enim glacies prius ab omni parte prope parietes & fundum, quam a superficie formatur. Causa est, quia frigus parietes circumdans facilius viciniore, quam remotiores particulas calore suo privat.

modo partes aquae, huic proximae citius confringuntur, quam remotiores, ubi tamen nihil nos permovet, ut statuamus, ibi quoque juxta duplicem directionem abire ignem, ac proinde concludat, aliam praeterea causam adesse debere, quae huic effectui explicando apta sit, illi lubens omni ex parte assentior, dummodo in eo inter nos conveniat, hoc casu congelationem prope parietem intermedium citius quidem quam in centro superficiei procedere, attamen non ita subito, quam in partibus quae aliis parietibus viciniore sunt; ideoque nobiscum fateatur, causam antea allatam, si non unica sit, saltem plerisque in casibus plurimum conferre solere. En itaque explicationem ab adhaesione inter parietes & ipsum liquorem petitam (1).

Quaecumque sit liquiditatis natura, an ad eam requiratur motus partium intellinus nec ne; constat, motum regulariter congelationi obesse; & quo magis diminuatur, eo facilius hanc procedere posse (+). In iis itaque locis, ubi motus ille minor fit, ibi fluiditas etiam citius ac promptius cesset, oportet, & quo minor, eo promptius.

Constat itidem, dari adhaesione inter liquorem & latera vasis, quae fluiditatem ejus prope parietes minorem reddat, quam in medio, & quo major haec sit adhaesio, eo minorem ibi fluiditatem esse debere; quumque adhaesio illa effectus sit attractionis, nullum dubium esse potest, quin haec attractio etiam pro causa habenda sit, cur congelatio a parietibus incipere soleat.

Verum uti omnes Naturae operationes, ita & haec legibus quibusdam est subjecta. Vulgaris quae pro tali habetur, a densitate repeti solet; si jam citior

(1) MAIRAN *diff. sur la glace* p. 35. 108. seqq. ubi ostendit etiam si verum non foret glaciem prope parietes, sed in medio formari, mox tamen ab hoc discessuram & cum ipsis sese juncturam.

(+) Interdum hoc exceptionem pati videtur, ex. gr. quando concussio quaedam requiritur ut glacies fiat, verum tunc additus motus, non propter majorem jam partium mobilitatem, sed uti in cap. seq. patebit, aliam ob causam congelationem accelerat.

tior & tardior congelatio eandem quam lex ista, constanter & perpetuo sequerentur rationem, unicuique certe haec explicatio satisfacere deberet, & omnibus numeris absoluta foret, verum, quum hoc ita non fit, sed interdum plane contrarium obtineat, multis videri posset, me a lege ista vulgari nimium aberrare, vel penitus ipsam evertere velle; quibus nihil habeo, quod respondeam, nisi ut secum reputent, legem istam pro vulgari quidem habere, sed tamen, ipsis fatentibus Physicis, ita certam non esse, ut non interdum exceptionibus sit obnoxia; sic mirum non amplius videbitur, nos attractionem inter causas phaenomeni nostri retulisse, quantumvis in hac non obtineat ratio densitatis, sed alia forte, nobis hucdum incognita. Quum itaque non a densitate materiae repetenda sit major minorve attractionis vis, quam parietes in particulas aqueas ipsis proximas exercent, minime obstat quod ex. gr. in vasis ligneis, quae multo minoris sunt densitatis quam pleraque alia, congelatio aequaliter fere incipiat, quam in istis, excepto tamen vitro, quod simul valde densum est & maximam quoque adhaesionem producit, licet tamen illa temporis differentia admodum parva sit; & quum plerique, qui hac de re experimenta sua instituant, vasis vitreis utuntur, ut sic melius totam glaciei massam perspicere possint, in iis forte vis attractiva parietum & densitas pari passu ambulare censeri poterant. (†) Quibus itaque praemissis, ratio in promptu est, cur in omniliquore congelatio citius prope parietes, quam in medio procedere soleat, quoniam nempe citius ibi motus sistitur; quo fit, ut quando aqua congelationi jam proxima est, in iis partibus promptius, quam in aliis glacies oriatur: ponamus ex. gr. a tota superficie, sive singulis superficiiei partibus aequali tempore exire.

(†) Ipse durantibus tribus illis diebus quibus hac hieme frigus satis intensum fuit hunc in finem plura institui experimenta in diversae materiae vasis; ut appareret, an citior aut tardior in ipsis congelatio rationem directam densitatis sequeretur; verum minime is ordo obtinuit; pleraque, paucis exceptis, uti vitro, ligno, intra idem temporis spatium in glaciem abire coeperunt.

exire eam ignis portionem cujus absentia congelatio oriri potest, sive quod clarius est, ponamus aquam ubique in superficie ad 32° pervenire; jam notum est hanc in ipso gradu 32° aequae liquidam manere, ac in glaciem abire posse, unde nunc concludo, rationem, cur a parietibus citius constringi incipiat, in eo esse quaerendam, quod in hac parte, ubi propter attractionem motus residuus minor est, quam in aliis, minus quoque congelationi impedimentum obmoveatur.

Primo itaque, hoc phaenomeno exposito, videamus nunc de altero; quod scilicet filamenta ista glacialia, tum cum parietibus ipsis, a quibus procedunt, tum inter se angulum rectum id est 90° constituant; neque mirum, uti patet ex observatione; quod, cum angulus rectus sit unicus ex 180 inclinandi modis, non magis probabile sit, filamenta glaciei hunc angulum formatura, quam eum, qui in loteria 180 numerorum unicum ex his habet, maximam sortem obtenturum. Magis singulare videtur, id quod ab aliis observatum fuit, non tantum rarissime, si vel unquam angulum rectum, sed plerumque determinatum 60° , sive quod ejus complementum est, 120° haecce filamenta affectare, quorum in numero est DE MAIRAN qui ample de hac re egit: (1)

Miror equidem de hoc phaenomeno ne verbum quidem memorasse MUSCHENBROEKIUM, cui pro summa sua cura & diligentia in observationibus physicis effugere potuisse vix intelligo. Non possum tamen, quin omni fide majores habeam viri doctissimi observationes, quibus angulum istum nimis saepe sibi occurrisse ait, quam ut soli casui adscribi potuerit. Neque vero ipse phaenomenon pro plane constanti habet, cum fateatur totidem verbis, non semper sed saepius tantum illud obtinere, praesertim in glacie ex aqua orta; in aliis liquoribus magis constantem rationem deprehendit; at nihilominus tamen rem causis peculiaribus tribuendam esse putat, quae faciant, ut filamenta illa glacialia

(1) *Diss. sur la glace* pag. 144-169.

cialia alios angulos rarissime, alios vero prae aliis saepissime affectare soleant, numquam autem certam directionem, quae est intra trigesimalum & sexagesimum gradum, excedant; & in hoc cum MAIRANO (1) non dubito, quin, uti omnes crystallisationes ita & glacies, quae crystallisationi aequalis haberi potest, si per eam intelligas Naturae vel artis operationem, qua ex liquido massa solida enascitur, in partium suarum dispositione quemdam sequatur ordinem, quem prae alio diligit; sive a fluido quodam subtiliori, quod filamenta glaciis perreptans ipsa sic dirigit, sive a particulis salinis aqua contentis (†) eaque determinantibus; sive aliunde sit repetenda.

Praeter causas generaliores hic recensitas, quae forte faciunt ut intra 30° spatium anguli filamentorum glacialium remaneant, non alia mihi specialis apparet, cur ex his omnibus sexagenarius sit is, quem maxime ament; sed hoc non aliunde deducendum videtur, quam quod ex diversis, quo quid fieri possit, modis, unicus semper praevalere debeat & soleat.

Praeter MAIRANUM, alii etiam hunc, angulum certum affectandi nisum deprehenderunt, inter quos nuperrime eminet SIR CHARLES BLAGDEN, (2) qui hac de re suam quoque sententiam exponit. Dicit nempe, congelationem aquae a dispositione, attractione & forte etiam figura molecularum ipsius dependere, putatque, explicari hinc quoque posse angulos istos regulares, quos glacies in crystallisatione sua affectare solet, si assumatur, aquae particulas integrantes vi quadam polari seu *polaritate* gaudere, quae in eo consistat, ut habeant puncta attractionis peculiaria, secundum quae determinato quodam modo disponuntur, quando in glaciem abeunt, tunc enim, inquit, polaritas

(1) Ibid. Cap. 3. pag. 152.

(2) *Philosoph. transact.* Ao. 1788.

(†) Si in particulis salinis ratio quaeri debeat, propter analogiam minime mirum est, non dari constantem admodum directionis rationem, quoniam haec in ipsa partium crystallisationum salinarum dispositione non ita constans deprehenditur.

ista libere actionem suam exercet, remoto nunc, quod antea oberat, quique ignis erat, impedimento. Ingeniosissima est haec explicatio, neque adeo hypothetica illa polaritas videbitur iis, qui attractioni favent, eamque esse generalem Naturae legem recordantur.

Locutionem, ac forte etiam opinionem, patet desumptam esse a magnete, qui quemadmodum suos habet polos, inter quos, si amici sibi sint, attractio obtinet, ita & aquae particulas integrantes, quas figurae oblongae esse novimus, polos habere statuitur, quorum alii prae aliis inter se, quando nullum amplius adest impedimentum, vim attractivam exercent.

§. III

Quaeritur, an Lex ista quae statuit, congelationem a superficie ac parietibus initium capere, ita sit generalis, ut numquam exceptionem patiatur?

Diximus congelationem a superficie, & quidem a parietibus vasorum incipere solere, huiusque causas, uti videtur, satis explicuimus, at, quemadmodum nulla fere regula non patitur exceptionem, ita & in hac re solliciti erimus quaerendo, an lex ista semper, & non tantum in vasis, sed etiam in fluminibus aliisque aquis sine exceptione obtineat?

Uti fere in omnibus, ita & in hoc dissentiant Physicorum animi, aliis ad huius legis certitudinem in omnibus aquis demonstrandam, theoriam implorantibus, aliis ad contrarium evincendum experientiam invocantibus.

Quod rei sit, hic exponere conabor. Affirmativae sententiae fautores NOLET (1) DE MAIRAN (2) alique opinionem suam eo superstruunt, quod aqua

(1) *Leçons de Physique* T. IV. *Leçon* XII. pag. 319. seqq.

(2) *Diss. sur la glace* p. 195. seqq.

aqua in glaciem convertenda, novam hanc modificationem accipere nequeat, nisi contactu corporis frigidioris, quam ipsa, corpus autem illud frigidius quam non aliud possit naturaliter esse, nisi aer atmosphaerius, superficies vero maxime huic sit exposita, necessario consequi statuunt, ab hac etiam parte congelationem oriri debere; porro dicunt, frigus ad fundum pervenire non posse nisi antea superficiem tetigerit ac penetraverit, fundum autem non posse frigidiorum esse aere, quando hic ad congelationem producendam aptus est, uti patere ajunt ex permultis experimentis, demonstrantibus, globum terraqueum calore quodam interno, diverso ab eo, quem solis radii producant, praeditum esse, qui solus, caeteris omnibus paribus, fundum superficie calidiorum redderet. (1) Revera hunc existere & nos non negamus, an vero conclusio ex his omnibus deducta, ad firmandam eorum opinionem quid faciat, deinde indagabimus.

Qui negativam sententiam amplectuntur, tum propriis experimentis, saepius ex professio institutis, & repetitis tum & testimoniis fide dignorum hominum ad opinionem suam probandam insistunt, eamque suo quisque modo explicare tentant.

Theoria hic certe aliud docere videtur, aliud experientia; si enim soli, prouti nobis primo oculo saltem apparet, generali theoriae acquiesceremus, sine dubio ex hac sequeretur, in fundo glaciem oriri numquam posse; at ea est plerumque hominum indoles, ut stabilita aliqua & ab omnibus recepta theoria, si nova quaedam appareant phaenomena, omnia ad hanc revocare soleant, & si ea explicare non possint, vel omnino ficta vel male observata existiment; verum an inde, quod res quaedam a nobis idonee explicari nequeat, eam veram non esse sequitur? Ego certe non putarem; sed tandiu experientiae fidem habendam esse puto, quamdiu nulla sufficiens adsit ratio, quae illam pro erronea habere suadeat; hinc videndum erit de testimoniis & experimentis ab aliis ea de re allatis,

quae

(1) Plenius ea de re egerunt DE MAIRAN, *ibid.* p. 55-83. & BUFFON, *Epoques de la Nature*, p. 11-21.

quae si sufficere appareat, plura mihi suadere videntur ut sententiam his consentaneam amplectamur.

Multos falli potuisse fateor, sed non omnes, ideoque non magnam vim habere videtur, quod hic a multis objici solet, testimonia illa fidem non mereri, tanquam ab hominibus ineptis & soli sensuum judicio acquiescentibus, exhibita. His nimiam fidem habuisse dicunt HALESIUM, qui inter Physicos haud ultimo loco memorandus, & sagacitate sua atque diligentia & cura in observationibus eminens aperte se glaciei fundalis antistitem declaravit; (1) verum si ipsius scripta legas, ipsum quoque ea de re experimenta instituisse videbis; quae tamen omnia rem non evincere lubens fateor. Explicatio quam attulit huc redit, quod in aquis currentibus, ubi particulae aquae continua inter se agitatione aequalem fere frigoris gradum habent, in superficie major adfit velocitas, quae ibi congelationem retardet. Quum vero hic praecipue flumina innuat, generalitatem hujus assertionis improbamus: constat enim ex regulis hydrostaticis, in fluviis satis profundis, qui omnes aliquanto sunt decliviores, inferiores partes multo rapidius currere quam superiores. Opinione suam autem inde desumisse videtur, quod in aquis placidioribus sive stagnantibus numquam glaciem in fundo deprehenderit, at praeterquam quod ideo non sequatur, eam ibi formari non posse, conclusio etiam inde deducta minime procedit.

Post HALESIUM pauci admodum sese generali theoriae opposuerunt, forte etiam quoniam phaenomeno explicando aptam non reperiebant rationem, (recte enim asseruerat DE MAIRAN, eam quam dederat HALESIUS rem non conficere) sed plerique in ea remanserunt sententia, glaciem fundalem nullo modo existere posse, donec tandem recentioribus temporibus DESMAREST, (2) ne in idem quod HALESIUS vitium incideret, quo scilicet nimium acquievissse Piscatorum testimoniis accusabatur, suis ipse oculis fidem habens plura hunc in finem experimenta instituerit & rem denuo perquisiverit. Testatur ipse, non semel aut bis

(1) *Statique des Vegetaux.*

(2) *Journal de Physique. Janvier 1783.*

sed saepius, imprimis durante hieme anni 1780. tum juxta ripas, tum etiam in aliis fluvii partibus, quin & in medio alveo solidas massas glaciæ fundo adhaerentesprehendisse, a glaciæ communi admodum diversas, spongiosas & maximam arenæ partem continentes, quas interdum propter aquae puritatem non procul a ripis ad profunditatem plurium pedum magna copia distinguere poterat; addit etiam, se durantibus quatuor continuis diebus in fundo hanc glaciem oriri propriis oculis vidisse, unde raro, antequam mitior tempestas esset, divellebatur. Nisi jam totam viri clariss. observationem plane in dubium vocare velimus, quae tamen omni fide digna mihi videtur, nihil superest, nisi ut cum ipso formari posse in fundo glaciem statuamus.

Postea ulterioribus adhuc experimentis ab aliis itidem de industria institutis, & innumeris testimoniis res confirmata fuit, ita ut nunc, quoad possibilitatem saltem, extra omne dubium posita mihi videatur.

Quid vero singuli attulerint afferre supervacuum foret; unum alterumve memorasse sufficiat, quae sint instar omnium. Rem, ut puto, plane evincit illud, quod acta societatis scientiarum, quae Harlemi est, (1) narrant, aurigam prope Crimpas ad Leccam vidisse, navigium illud, cujus ope currus ab una ad alteram ripam transvehuntur, autumnali tempore submersum fuisse, ut nullo modo attolli potuerit, verum brevi postquam frigus aliquanto acrius esse inceperat, ad superficiem enataste undique glaciæ circumdatum. Nonne itaque in aperto est, hanc in fundo formatam fuisse? non enim video quomodo aliter hoc intelligi possit.

Egregie etiam rem ulterius in tractatu (2) suo confecit BRAUNS, in insula quadam in Albi fluvio Praetor, qui, praeter complura experimenta quae ipse ea de re instituit, permulta ad sententiam suam firmandam affert aliorum testi-

(1) *Verhandelingen van de Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen te Haarlem*, XVde Deel pag. 520.

(2) *Hannöversches Magazin* 1787. & reperitur in *Journal de Physique*. Juillet 1788. & *Va-*

testimonia, ex quibus omnibus hoc refero, quod ipsi exhibuit amicus ejus, qui in ea regione cataractis praecerat. Affirmabat hic, se, quum flumen adhuc navigabile esset, sepe vidisse integra frusta glaciæ, sibi a piscatoribus ripam fluminis habitantibus allata, quae harpaginibus suis ex fundo detraxerant, quam glaciem longe ab ordinaria diversam deprehendit; multa alia ejusdem momenti testimonia hic praetereo; qui ea noscere cupiunt, ipsos, quos antea allegavi, locos adeant.

Omnibus his observationibus & testimoniis luce meridiana clarioribus, non video, quid opponere potuissent ipsi **NOLLET** ac **DE MAIRAN**, acerrimi hujus sententiae adversarii. Omnia enim adsunt requisita quae ad testimonii cujusdam auctoritatem requiruntur, quum neque ullo modo testes ipsi suspecti haberi possint, quorum minime intererat, an ea de re inter Physicos lis moveretur nec ne; neque etiam ipsae observationes factae ejus essent indolis, ut falsi ullo modo in illis potuerint (+). Quum itaque jam de ipsa re constet, videamus nunc de hypothese, quam ad eam explicandam subjungit **DESMAREST**, quae huc redit. Flumina rapidiorem cursum habentia, raro, nisi admodum intensum sit frigus, constringi solent, propter impedimentum quod a motu progignitur. Hic quum in inferioribus partibus major sit, quam in superficie, etiam hinc nullum argumentum pro glaciæ in fundo orta peti potest; verum in ipso alveo multae deprehenduntur inaequalitates, unde plura etiam spa-

derlandische Letteroeffeningen 3de Deel num. 14. pag. 558. seqq. Conf. etiam *Journ. de Phys. Mai 1789.*

(+) Forte quidem si adhuc viverent, de rei veritate convicti fuissent. Hoc saltem ex **MAIRANI** verbis colligere licet; quamvis enim glaciem in fundo oriri negaverit, non tamen illud nullo modo fieri posse putabat, verum observationes tum temporis allatae ipsi rem conficere non videbantur, quod concludo ex ejus verbis quae reperiuntur pag. 201. *On peut hardiment nier le fait, tel qu'ils le supposent jusqu'a ce qu'il ait été mieux vérifié, car tout a moins faut-il, que l'expérience soit incontestable, pour faire preuve contre des principes évidens, ou pour en fonder l'exception.*

tiola seu cavitates adsint, necesse est. Aqua autem, quae ista replet, non cum fluminis cursu abripitur, sed veluti in statu stagnationis remanet, ita ut flumen super hanc, tamquam super ipsum fundum currere concipi debeat, neque tamen eam ullo modo in quiete sua turbare. Licet itaque flumen ipsum, propter celeritatem motus, liquidum maneat, non tamen hoc impedit, quominus frigus externum, si satis intensum & continuum fuerit, ad inferiora penetrare queat. Quibus adde, quod ipsa quoque terra ac proinde etiam alveus sensim a frigore atmosphaerico affici solent; unde fit, ut aqua illa, quam inter arenam ipsam omni fere motu destitutam esse diximus, quaeque sic congelationi magis apta est, in glaciem convertatur. Oriuntur hinc massae glaciae, quae magis magisque accrescunt, donec super ipsas inaequalitates nimium elevatae, vel rapiditate aut vi fluminis, vel aucto aliquantulum calore, partes quae laxiori nexu cum iis conjunctae sunt, avellantur, nunc propter levitatem suam specificam superiora petentes, ibique captis incrementis, magnam partem glaciae qua flumina obtegantur, constituentes.

Explicationem traditam esse ingeniosissimam certe negari nequit, quae si forte non omnibus aequaliter apodictica videatur, mihi saltem valde arridet, & eo sensu amplecti eam nullus dubito, ut, in fluminibus saltem, hoc modo rem procedere posse putem. Neque etiam refellere eam, uti nec ipsas observationes potuit MARTINET; (1) aut saltem quae a DESMAREST tradita sunt, legisse non videtur, licet aliquamdiu post in lucem prodierint, quae ad refellendam glaciae fundalis assertionem attulit.

Verum licet explicandi modum rejicerem, in opinione mea, glaciem interdum in fundo oriri, nullo modo vacillarem; experimenta enim & testimonia rem adeo conficere videntur, ut non nisi plane incredulos convincere nequeant.

Ex dictis autem quibusdam videtur in ea opinione versari vir clariss., magnam glaciae

(1) *Verhandelingen van het Zeeuwsch Genootschap. XI. Deel p. 401-422.*

ei parti quae superficiem obtegat, semper in fundo formari, dum ex aliis aliud quid colligeretur. Hypothesis autem, licet tanquam generalis spectari queat, tamen, si certa quadam ratione sumatur, etiam pro speciali haberi potest. Posterius nos statuimus, ordinario quidem superficiem etiam in fluviis primum constringi affirmantes, ac tum demum in hoc glaciem formari putantes, quando obstaculum a fluminis motu oriundum majus est, quam ut in hac congelatio procedere possit, antequam frigus ad fundum, sive per ipsum flumen, sive etiam per terram penetrando, pervenire potuerit (†):

Quamquam autem mihi persuasum sit, in fluminibus saepissime prius in fundo quam in superficie glaciem oriri, & in hac re explicationem antea traditam assumam, dantur tamen etiam observationes eaeque fide dignae, in aquis fere stagnantibus itidem saepe ex fundo glaciem ascendere solere, & nisi de his mihi ipsis meis oculis constaret (††) forte dubius forem. Hoc tamen cum ita sit, & licet forte res apta ratione explicari non possit, tamen fidem rei in facto positae habere oportet; adoptari hic certe nequit explicatio ista a velocitate motus in flumine desumpta, sed alia quaedam addi debebit, quae in fundo ibi particularum aquarum congelationem acceleret.

Potissimum mihi haec ratio in eo quaeri posse videtur, quod forte in locis, ubi glacies haec deprehendi solet, terra particulis salinis aut nitrosis abundat.

(†) Videtur mihi ita eodem modo explicari posse, ut etiam post constrictam superficiem glacies in fundo oriatur. Verum quidem est, alteram ex rationibus a Desmarest traditis hic cessare; constricta enim superficie, frigus per hunc non amplius ad fundum penetrat; sed quidni nunc & altera obtinere potest, scilicet penetratio frigoris per ipsam terram, qua fiat ut postquam gelu aliquamdiu duravit, (hoc enim certe requiritur) eodem modo particulae aquae inter arenae inaequalitates latentes conglaciari & incrementa capere possint.

(††) Vidi plus semel in aquis istis quas, vocamus *de Trekvaart*, quaeque nondum sunt plane stagnantes, sed tamen motu non admodum celeri gaudent, glaciem ascendisse, antequam in superficie ullum ejus vestigium adesset.

abundet, quae sub fluminis alveo latentes, frigus ibi sensibili modo solutione sua augere possint. Neque obstare puto, quod terrae calor internus fundum calidiorrem quam superficiem praebet, praeterquam enim quod differentia ista non ita magna esse possit, constat etiam calorem illum non ubique eundem deprehendi, sed in aliis locis majorem in aliis minorem esse (+).

Quod autem ad has particulas salinas attinet, requireretur ut hunc in finem rite instituerentur experimenta & observationes, quibus constaret, an revera ibi terra ejusmodi corpusculis impraegnata sit nec ne? Res autem sic concipi debet. Particulas salinas tum glaciem, quam liquefaciunt, tum & aquam a qua solvuntur, frigidiorrem reddere constat; si jam particulae istae paulo inferius sub alveo latentes, cum moleculis quibusdam aqueis terram penetrantibus in contactum venire possint, refrigeratio ibi hinc oriatur satis magna necesse est, quae, quum vicinis corporibus communicari debeat, aquam inter arenae inaequalitates tum & eam quae supra has fluit, (++) in glaciem mutat, unde patet, quomodo utroque in casu fieri possit, ut haec, si a puncto congelationis non longe absit, prius in glaciem convertatur quam superficies, eodem modo, quo deinde apparebit, congelationes aquae arte produci, quando haec miscela frigorifica circumdatur. (+++)

Objici forte posset, si ratio hujus phaenomeni in particulis salinis quaerenda esset,

(+) Quia imo si frigus, quod a particulis salinis producitur, maxime ab earum solutione dependeat, non absurdum mihi videtur statuere, in locis ubi hae deprehenduntur, magis prodesse quam obesse calorem terrae internum, quum particularum salinarum solutionem aliquantulum acceleret.

(++) In aquis enim stagnantibus obtinet id, in quo HALBSIUM, quoad fluvios, errasse statuimus; in his enim certum est, minorem motum prope fundum quam in superficie adesse.

(+++)

Posse autem fundum congelari, dum superficies adhuc liquida maneat, itidem apparet, si vas aqua repletum mixturae frigorificae imponatur, ita ut solus fundus hanc tangere possit. Tunc hic, non autem superficies prius in glaciem abibit.

effet, necessario sequi, ut in locis ubi semel congelatio illa in fundo, eam quae in superficie sit praecesserit, singulis annis ubi frigoris intensitas aequae magna fuerit, idem obtinere debeat. Et hoc quoque nos facile concedere possumus, donec ulterioribus experimentis illud ita se non habere pateat (+).

Praeterea, etiamsi appareret, in iisdem locis non semper sub eodem frigoris gradu glaciem in fundo formari, hujus rei ratio forte a dispositione aut quantitate particularum salinarum repeti posset; hae enim, licet iis abundet terra, non tamen semper eadem quantitate eodem in loco remanent, sed modo proxime sub alveo, modo profundius majori copia adsunt, quo casu nimis ab ipsa aqua remotae esse possunt, quam ut ipsius congelationem producant.

De differentia glaciei in fundo ortae a glacie communi non est quod hic multa addam: sufficiat, ut puto, demonstrasse, fieri posse & saepe fieri sole- re, ut tum ante tum & post superficiem constrictam in fluminibus atque etiam aquis minorem motum habentibus, in fundo glacies oriatur. Si qui sint, quae de re dubitent, illis ut a dubiis suis brevi redeant ex animo apprecor; non is quidem ego sum, qui sperare ausim fore ut alios etiam in hanc sententiam traham; ea mihi tantum mens fuit, ut, quemadmodum id Dissertationibus Academicis fieri solet, quae- nam ex aliorum ea de re opinionibus mihi maxime arrideret, publice proponerem.

Quaestionem, an in mari etiam glacies in fundo formari soleat, non te- rrigi; ne quis autem mihi objiciat, me mihi ipsi non esse consensaneum, quum

(+) Verum & eodem modo non tantum in fundo, prius quam in superficie, sed etiam postquam haec jam constricta est, glacies oriri possit, dum aqua inter hunc & superficiem liquida remaneat; quemadmodum enim particulae salinae antea vim suam exferere potuerunt, ita etiam nullam contradictionem involvit, eas demum postea huic rei aptas esse; certe an quid absurdi foret statuere, hoc in casu fundum antea non habuisse sufficien- tem frigoris gradum, ut ipsum in glaciem convertere potuerit particularum salinarum actio, quem demum postea adeptus sit, uti fieri potest si superficies satis subito constrin- gitur; nunc enim frigus per terram non satis subito penetrare potuit ut particulas in ipso fundo congelationi aptas reddere potuerit, unde fiat ut postea demum ibi glacies oriatur.

quum eodem modo, quo fidem habui testimoniis aliorum de glacie in fluminum fundo orta, ita etiam iis quae ipsam in fundo maris formari asserunt, fidem habere debuissim; quibus respondeo, me quidem de re ipsa non dubitare, sed quum forte multis antea tradita explicatio impar videri potuisset, rem intactam reliquissim, ne accusari possim, me nimia praeiudicii vi abreptum etiam res, quae fere impossibiles videntur, inter possibiles non tantum, sed & probabiles retulissim.

Fateor certe non ita facile intelligi, quomodo frigus per tot centenos aquae pedes penetrare queat; sed quidni post diuturnum idque simul acerrimum frigus obtinere illud posset? neque obstat, quod aliorum experimentis patuerit, in fundo maris multo minus quam in aere frigus adesse solere; non quidem nego, eo tempore quo ista experimenta capta fuerunt, rem sic sese habuissim, sed quid inde colligere licet, an quod semper illud sic se habeat, an vero quod frigus nondum profundius penetrare potuerit? Ego posterius assumerem. Praeterea probant quidem illa experimenta minorem fuisse frigoris gradum quam in aere Atmosphaerico, sed minime probant, aquam adeo a puncto congelationis abfuisse, ut non post frigus magis continuum ad hoc accedere facile potuerit. Quin potius, iis saltem, quae a MARTINET (1) instituta sunt, thermometerum numquam supra 33° aut 34° scalae Fahrenheitianae, adeoque a puncto congelationis haud valde remotum, deprehensum fuit; imo interdum in gradu trigesimo secundo ac proinde ipso congelationis puncto substitit. Dicant nunc alii, frigus ad fundum maris penetrare non posse, ut hunc congelationi aptum reddat; sic ipsum testimonium ejus, qui eorum causam agit, in dubium vocarent, quod tamen facturos minime crederem.

(1) *Loco antea citato p. 410. seqq.*

§. I V.

De aëre glacie contento, & hinc ortis ipsius superficie convexa, gravitatis specificae diminutione, voluminis incremento, & vi expansiva.

Allatis quae de glacie fundali afferri debuerunt, transeamus nunc ad ulteriora glaciei, quatenus ea in formatione sua exhibet, phaenomena, & quum nullum sit corpus, quod non aliquam aëris portionem contineat, videamus, quasnam in congelatione partes agat?

Non posse eum in eodem, in quo ante congelationem fuerat, statu remanere, nulla probatione indiget; quum enim glacies oriatur ex majori contactu particularum aquearum, qui major fieri nequit, nisi expulso hic illic aëre interlabente, sequitur eum vel omnino expelli, vel aliam saltem quam habuerat, faciem induere debere. Omnino eum expelli, experimentis repugnat & observationibus; partim quidem extruditur, sed ea quae remanet portio, ex minoribus in majores bullulas, per totam glaciei massam dispersas, abire solet. Hoc tum nudis, tum armatis oculis conspici, tum & effectibus cognosci potest.

Conspici possunt illae bullae per integram glaciei massam, quam opaciorum reddunt, & praecipue quidem versus axin & fundum vasis, cujus rei ratio non e longinquo quaerenda est; quum enim, uti diximus, congelatio a superficie ibique a parietibus vasis incipiat, necessario bullulae, si exire non possint, inde praecipue deorsum protrusae ad medium, & plerumque ad fundum vasis conspiciuntur, ubi remanere solent, & incrementa sua capiunt, etiamsi tota aquae massa in glaciem abeat.

Narrat DE MAIRAN (1), se plus semel prope fundum tales bullulas magna copia accumulatas vidisse, quae figuram racemi optime imitabantur.

Et,

(1) *Diff. sur la glace. pag. 118.*

Et licet oculis de his omnibus non constaret, nulla alia praeter hanc, idonea dari posset ratio, cur superficiem interdum convexitatibus munitam, seu gibbosam induat glacies, nisi assumas, aërem in bullulas congregatum hujus rei causam esse, quae liberum non amplius exitum habentes, necessario vi sua elastica seu repulsiva, hanc aliquantulum elevent, ita quidem ut convexa fiat ob rationem allegatam, quod plerumque in medio coeunt (†).

Si admodum lente procedat congelatio, & crusta glacialis nondum formata sit, antequam attolluntur bullulae aëreae, convexitas ista non obtinet, nunc enim maxima bullularum pars exire potuerunt, &, quae remanent, non satis magno sunt numero, neque, quum minores sint, satis magna earum elasticitas, ut effectum hunc producere valeant.

Ut itaque convexitas haec aliquantulum in sensus cadat, valde prompta requiritur congelatio; quo promptior est, eo citius quoque & majori vi aër ex interstitiis suis protruditur & congregatur, ac proinde, uti recte asserit DE MAIRAN (1), eo majores quoque bullae formari solent, quae nunc propter majorem levitatem specificam facilius attolluntur. Si jam superficies in glaciem fuerit conversa, antequam plures bullulae exire potuerint, illae quae remanent, elasticitate sua crustam istam glaciale convexam reddunt. Sin autem haec nondum satis crassa sit, interdum in medio oritur foraminulum, per quod aqua, ab elasticitate bullularum aërearum pressa, erumpit, donec totius massae congelatio subsequatur, quo in casu clauditur, atque, ubi exierat aër, monticulus formari solet (2).

Verum, quamvis admodum subito fiat congelatio, non tamen idcirco integra aëris

(1) Ibid. pag. 119.

(2) DE MAIRAN *ibid.* pag. 121. & MUSSCHENBROEK *introd. ad philos. natur.* §. 1491.

(†) Haec convexitas non obtinet in omnibus liquoribus, glaciei statum assumere valentibus, sed in aqueis tantum: in oleosis, & praeter hos in Mercurio, non item, in quibus omnibus loco convexae, concava deprehenditur superficies. Vid. *Comm. Petrop. nova* T. XI. pag. 282.

aëris copia, quae antea aquae inerat, nunc quoque in ipsa remanet; minime vero, sed e contrario multo majores exeunt bullae, quam si valde lento pede procederet, verum multo minori copia, quae non tantum magnitudinem earum compenfat, sed & facit, ut integra aëris exeuntis portio longe minor sit; constat enim, bullam aëream ex pluribus aliis conflata, longe majus occupare spatium, quam omnes separatim occuparent.

Cur autem accidit, ut in eadem glaciei massa omnes bullulae non sint aequales, verum aliae majores aliae minores? Ratio in promptu est: majores sub initium congelationis oriuntur ex conflatu plurium, quando hae liberiores adhuc meatum habentes per massam aqueam, aliae aliis sese jungere queunt; verum ille meatus non semper aequè liber esse potest, nam quo magis aqua ad congelationis temperiem accedit, eo magis particularum integritatis mobilitas diminuitur, ita ut nunc bullulae, quae nondum coalescerunt, non amplius ita facile cum remotioribus, sed vix cum iis, quae in vicinia degunt, coire possint, adeoque aliae aliis tenuiores remaneant.

Ex eo quod superficies glaciei convexa fieri solet, jam concludi certo modo posset, non remanere idem volumen quod antea aqua unde orta est, habuerat, verum praeter hoc incrementum, aliud adhuc obtinet in tota glaciei massa, scilicet ejus dilatatio versus omnes partes; quumque sit ex omnibus formatae glaciei phaenomenis illud, quod difficillime explicetur, erit hoc loco paulo accuratius inquirendum.

Praeterquam, quod de ea satis effectibus constat, certissimum quoque inde repeti potest argumentum, quod glacies aqua sit specificè levior. Manet quidem glaciei pondus absolutum idem quod antea habuit, neque mirum, nam quidquid in aqua aqua erat, illud in glacie glacies remanet, sed quum nunc aquae innatet, pondus specificum seu relativum diminutum sit oportet, quod quum fieri nequeat, nisi aucto volumine, expansio illa certa hinc conclusione colligi posse videtur; quum enim ea sit Hydrostatices regula, volumen augeri in ratione inversa gravitatis specificae, sequitur

ubi haec minor est, ibi illud intumuisse, quibus ad glaciem applicatis, de ipsius inflatione nullum amplius dubium supererit.

Videamus nunc antea quaedam de hac gravitatis specificae diminutione, deinde ad expansionem, quae majoris momenti est, pergamus.

Quamquam, sive lente admodum sive subito oriatur glacies, ratio ponderis massae glacialis ad id, quod aqua sub eodem volumine occupat, valgo habetur uti 8 ad 9, haec tamen ratio minime constans esse potest, si consideremus, minorem glaciei gravitatem specificam oriri a bullulis aëreis in glacie latentibus, adeoque esse in ratione composita ex directa quantitatis, & directa magnitudinis harum bullularum. Hinc quoniam, saeviente gelu, & subito congelatione orta, bullulae sunt majores, neque ita facile ex aqua expelluntur, uti in initio hujus §. vidimus, merito etiam ejusmodi glaciem minus pondus specificum habere colligeremus. Et, si levitas illa specifica unice dependeat a bullulis aëreis, manifesto sequeretur, glaciem, tum & quando ex aqua, unde aër exhaustus est, formatur, tum & quando admodum adhuc tenuis est, aquae pondere omnino aequalem esse, vel minimam tantum dari differentiam, ideo quod sic omnis fere aër extrudi potuerit. Quoad prius, de hoc inter Physicos, quantumvis accuratos & fide dignos, non constat. HOMBERGIUS (1) ait, se glaciei ab aëre omnino purgatae, eandem, quam aquae, gravitatem specificam deprehendisse.

Multi post eum experimenta ea de re instituerunt. Narrat MÜSSEHENBROEKIUS (2), gravitatem specificam glaciei ex aqua, aëre purgata, ortae, sibi compertam fuisse uti 21 ad 22.

Alii aliter hac in re feliciores fuere, inter quos maximus obtigit successus WOLFFO (3) & NOLLETO (4), qui vero nunquam eo pervenire potuerunt,

(1.) *Mémoires de l'Académie des sciences.* anno 1693.

(2.) *Intrca. au phil. nat.* §. 1498.

(3.) *WOLFFS nützl. Versuche* 2^{ter} Theil. §. 120.

(4.) *Leçons de Phys.* T. IV. Leçon XII. pag. 103. seq.

ut eadem glaciei, & aquae gravitas specifica fieret; differebat quidem ab ea, quam habet glacies, aëre nondum purgata, idque satis magno intervallo, verum numquam eadem deprehensa fuit; multo minus iis successit, quod itidem se praestitisse dixit HOMBERGIUS, ut glaciem aqua specificè graviorem redderent; neque mirum, quum enim constar, ne hodie quidem, multo minus tunc temporis, solertiam hominum methodum reperiisse, ut aliquid ab omni prorsus aëre vacuum redderent, ac proinde aliquantulum semper aëris in ista aqua remanere; quumque praeterea cogitemus, ubi adsit causa, ibi aliquem effectum quoque adesse debere, sequitur in aqua etiam, quantum vi humana fieri potuerit aëre libera, aliquot tamen partes huic tribuendas esse, quippe qui non omnino expulsus, satis magna adhuc copia residet, ut differentia gravitatum specificarum aquae & glaciei sensibilis reddatur. Cum hac sententia etiam perfecte convenit, quod, quo minor sit aëris superstitis copia, eo minor quoque sit gravitatis specificae differentia; quae proinde ad certas rationes, ut puto, vocari nequit, quum in singulis glaciei massis necessario varia esse debet, pro quantitate quae exiit, & modo quo in ipsis dispositus fuit. Hinc facile concipitur, alios hanc rationem inter glaciem & aquam uti. 8. ad 9., alios uti 14. ad 15., alios uti 18. ad 19. deprehendisse.

Ex dictis porro dijudicari potest quaestio, an levitas specifica ad glaciei naturam pertineat nec ne, id est, an ita haec cum glacie sit connexa, ut ab ipsa separari non possit?

Certum est eam, quae ex aqua formatur, ipsa specificè leviolem esse (1). Sin autem ad rei cujusdam naturam pertinere existimemus, *id sine quo res ipsa eadem esse desinit*, revera putarem, ad naturam glaciei non facere ut aquis innatet; ideae enim glaciei, si abstracte illam consideremus, non repugnat, ut eandem, quam aqua, habeat gravitatem specificam; si in concreto, revera repugnaret, quia, uti dixi, desunt

ex-

(1) *Instit. Metaphys. clariss. VAN DE WYNPERSSSE Promotoris mei aestimatissimi §. 38.*

experimenta omnibus numeris absoluta, quae talem glaciem unquam exhibuerint. An vero inde concludere licebit, eam formari non posse? Minime vero: esset & maneret glacies, etiamsi aquae gravitate non cederet, quin imo eam superaret.

Si unquam artis ope eo pervenire liceat, ut aquam omni aëre evacuemus, non dubito, quin glacies hinc orta non tantum idem quod aqua, sed & majus, quam haec, pondus specificum sit acquisiturum; quum enim frigus corpora condensare soleat, adeoque ipsa glacies revera pro liquore condensato haberi debeat, cujus dilatatio unice ab aëre interposito proficiscitur, sequitur, hoc omnino sublato, minus quoque evasurum glaciei volumen, quam quod habuerat, dum aqua esset, adeoque & majorem gravitatem specificam futuram.

Quas attulerunt alii rationes, ut magis completam diminutae gravitatis specificae explicationem traderent, hic non inquirimus, tanquam magis directe ad glaciei dilatationem spectantes, ad quam nunc transeo.

Dilatatio haec, quam ex imminuta gravitate specifica patere dixi, directis etiam experimentis probatur; quorum ne omnia omittere velle videar, illud hic interfero, quod Philosophi Florentini instituerunt, quodque a MUSSCHENBROEKIO (1) totidem verbis affertur; *cum enim cavum aureum globum aqua implevissent clausissentque, mensuratus metallico trocho fuit circulus maximus; in glaciem deinde conversa aqua, globus aureus valde intumuerat, ut per trochum nequaquam trajici potuerit.* Quid magis quam hoc ipsum assertam dilatationem demonstrat?

Verbo jam antea monuimus, hanc considerari tantum debere quoad massam integram, non vero quoad glaciem ipsam, quae revera condensatur, neque a generali regula, frigore in minus volumen redigi corpora, aberrat. Aqua etiam, quamdiu fluida est, optime hanc legem sequitur, com-

pri-

(1) *Introd. ad phil. nat.* §. 1494.

primitur, ac minus spatium occupat, (licet tamen non admodum sensibili modo, comprimi enim non multum posse constat experimentis Florentinis ea de re institutis) sed eo ipso, quo ad glaciei statum occupandum se accingit, momento, incipit dilatatio, quae magis magisque increfcit, non tantum usque dum glacies evadit, sed & postea; non tamen in eadem ratione; ideo quod evaporatio glaciem diminuit, sine qua magis sensibilis foret, verum & nunc ita pergit, ut, quemadmodum mox patebit, non parvi interdum inde oriantur effectus.

Quemadmodum vero levitatem specificam glaciei unice bullulis aëreis in ipsa contentis deberi asseruerim, ita & nunc tentandum erit, an & dilatatio ejusque effectus soli aëri ejusque vi tribui possint? Nimirum hunc in aqua satis magna copia latitare diximus, eundemque in congelatione, propter arctiorem particularum aquearum nexum, e latebris suis protrudi, atque in bullas coire: inquirendum restat, an nunc in bullas congregatus, magis aptus sit, ad hanc dilatationem producendam, quam antea dum in aquae interstitiis verfabatur.

Si eadem remaneret ipsius copia post congelationem, quae ante fuerat, res omni dubio major esset; verum & nunc, licet magna satis portio expulsa fuerit, certissima est; sive enim statuas, aërem, dum adhuc dispersus esset, jam sensibili quodam, sin potius perparva, aut nulla prorsus elasticitatis nota gaudere, constat tamen, ex ipsius proprietatibus eum in bullas congregatum magnam acquirere vim repulsivam, eoque majorem, quo majores fiunt bullae; quae omnia ingeniosissime explicuit DE MAIRAN (1), cujus verba inferere nimis longum foret. Stabilita hac elasticitate, necessaria videtur consequentia, hujus ope glaciem distendi & in majus volumen totam massam increfcere debere. Quod itaque ad extensionem hanc abstracte, & per se consideratam attinet, ea sine dubio ex sola aëris elasticitate idoneo modo expli-

(1) *Diff. sur la glace* pag. 128. seqq.

cari poterit; an vero & omnibus quae expansionem istam interdum comitantur, effectibus explicandis haec causa sufficiat, nunc indagabimus.

Aliquas certe partes aëri esse tribuendas nullum dubium est; si itaque experimentis a MUSSCHENBROEKIO (1) aliisque institutis constat, aqua, quantum arte licuerit, aëre vacua, & congelationi exposita, saepe fieri, ut phialas, quibus continetur, frangat, quidni, si non sit exhaustus, maximos effectus producere possit, eoque majores, quo citior fuerit congelatio ac proinde major aëris superstitis copia.

Inter hos primo sane loco referri meretur stupendus ille effectus, quem HUGENIUS (2) anno 1667, quo frigus valde saeviebat, experimento sibi obtigisse refert, quod BUOT, (3) paucos annos post, eodem cum successu instituit: scilicet sclopetum penitus aqua replebat, alteram partem hermetice, alteram, ope cochleae, perfecte claudens, & ne hoc modo aër ullo modo exire posset, hanc plumbo liquefacto obstruens; sic itaque, integra aëris portione remanente, nihil aliud sibi superesse putabat, nisi ut ingentem illam vim, qua sclopetum, aliquamdiu frigori expositum, disruptum fuit, aëris contenti elasticitati soli tribueret, & ut puto non sine veri specie; etenim rupturae illae, de quibus fit mentio, minus saepe, neque eadem cum vi procedunt, in apertis vasibus quam in clausis; cur quaeso? Nempe quod in apertis aër paulatim expellitur, neque sic plerumque satis magna copia remanet, ut rupturam istam ita facile & tanta cum vi progignat, cum e contrario, in receptaculis undique clausis nequiquam exire possit, & sic necessario ob maximam compressionem omnia, quibus continetur, frangere debeat (†). An itaque etiam soli ipsius

(1) *Introd. ad phil. nat.* §. 1498.

(2) DU HAMEL *Hist. Academiae Regiae Lib. 1. Sect. 2. cap. 1.*

(3) *Hist. de l'Académie des Sciences ann. 1670.*

(†) Disruptio illa vasorum rarissime obtinet, quando congelatio a fundo incipit, uti fit, si vas miscelae frigorificae inponatur, & paulatim admodum eadem ratione qua procedit

ipfius elasticitati tribuendum est, quod interdum fundantur rupes, arbores, aliaque, aedes nonnunquam integrae sublevantur?

Quamvis non diffitear, forte sic effectum fore ipsa causa majorem, credo tamen & sine absurditate statui posse contrarium, quum aëris vim non ita perspectam habeamus, ut unum alterumve pro certo possit determinari.

Quum vero omnis explicatio ab aëris elasticitate petita, eo plenior sine dubio sit, quo plures causae, quae ad istam augendam aliquid contribuere possint, detegantur, videamus, an non praeter aëris vim repulsivam, quatenus unice a conflatu plurium bullularum oriunda est, aliud suspicari liceat, quod forte hic obtinere possit, & licet non directis nitatur fundamentis, tamen, uti spero, inter absurda reprehendi nequeat. Scilicet, postquam glacies formari inceperit & hic illic jam aliquot majores bullae coaluerint, opinor fieri posse, ut nunc ignis, perdurante ulterius frigore, & si illud intensius sit, majori copia avolare tentans, bullulas eas, quibus in transitu occurrat, necesse est, magis adhuc expandat eorumque elasticitatem, quae jam valde magna est, ita augeat, ut nunc obstaculo quod iis oberat, superando pares sint. Hanc enim esse novimus ignis proprietatem, ut quaecumque intrare possit, corpora, praecipue si fluida sint, uti nunc bullulae aëreae, magna vi repulsiva donet.

Alii aliam ingrediuntur viam, & quum causam effectibus imparem putent, rationes itidem secundarias afferunt, inter quos maxime eminent DE MAIRAN (1) & NOLLET (2), quorum ille opinionem suam eo superstruit, quod, facta apertura in glacie, qua aër compressus exire possit, velocitatis, qua cedit congelatio, aliquanto profundius immergatur. Nunc enim omnis aër, accrescente glacie, sursum expellitur, & ipsa glacies magis sese ad figuram vasis accommodare potest. Cum e contrario, si a superficie oriatur glacies, eaque deinde ulterius formari pergat, uti jam dixi, bullae deorsum protruduntur, & in ipsa remanent.

(1) Ibid. pag. 127.

(2) *Leçons de Physique* T. IV. Leçon XII. pag. 117.

qua exit, gradus non respondeat effectibus quos producere soleat; verum accuratius aliquanto re inspecta ratiocinium hoc nihil probare patebit. Certe glacies cum qua factum fuit experimentum, vel nullum adhuc vis expansivæ signum dederat, vel aliquem jam effectum exhibuerat, ex gr. vase, quo continebatur, disrupto. Si prius, minime mirum est, velocitatem aëris sequeutis non respondisse effectibus produci solitis; unde enim noscitur aëris vim expansivam, quæ etiam post formatam glaciem augetur, eamque magis magisque dilatat, jam ad eum gradum pervenisse, ut tale quid valuerit? Nonne potius contrarium ex eo apparet, quod alioquin nulla ratio adesset, cur vim suam nondum exseruisset? Sin posterius, res, ut puto, itidem facile solvi potest; eo ipso enim, quo vas frangitur, momento, glacies expanditur, uti satis per se patet, quoniam sine hoc disruptio perfici non potuisset; aër itaque nunc majori sub volumine continetur, neque amplius ita comprimitur, quam ante vasorum rupturam, & hinc per se patet, quod, facta nunc apertura, seu foramine in glacie, velocitas respondere non possit effectui, quem produxerat; quum enim hæc a majori minorive aëris compressione dependeat, hanc vero post fractum vas diminui debuisse dixerimus, prono quoque alveo fluit, effectum nunc non amplius ita magnum esse, quam forte antea fieri potuisset, deprehendissimus.

Quod autem ad explicationem, quam doctiss. ABBAS phaenomeno ipsi subjungit, attinet, videamus, quid sibi per hoc ratiocinium voluerit.

Huc redeunt verba ipsius: *Aër in bullas majores congregatus sine dubio aucti voluminis immediata causa est. Eo plus aëris autem in bullas convertitur, quo major ipsius copia ex poris, quibus antea continebatur, exit; expansio itaque voluminis oritur ab eadem causa, cujus ope aqua condensatur; quæ quanta vi agat, quotidie docemur (1).*

Miror equidem doctiss. AENEAE, uti ipse fatetur, sibi non perspectum habuis-

se,

(1) *Leçons de Physique. T. IV. Leçon XII. pag. 128 seq.*

fe, quid sibi per illud ratiocinium voluerit NOLLETUS (2). Res mihi admodum clara apparet; scilicet pro sententia sua de congelatione, per causam illam quae aquam condensat, non aliam, nisi exeuntem materiam igneam innuisse videtur; quae, postquam glaciei superficies jam formata sit, neque aër amplius exire possit, eodem quo ipsa aquam relinquat momento, aërem hunc ex poris & interstitiis quibus continebatur, vi quadam protrudat, quae faciat, ut aëris moleculae ad se plures accedant & in bullulas abeant, eo majores, prout hæc vis, qua ignis exeat, major sit. Hinc si acre admodum ac subitum sit frigus, glaciem ob eandem rationem majorem vim expansivam habere, idque experientiae consentaneum esse inquit; & recte quidem; quoniam, si frigus est validissimum, plerumque ejusmodi effectus obtinent. Novam fane causam sibi reperisse visus est: verum, re probe inspecta, patebit, nihil aliud esse, nisi mechanicam ut ita dicam explicationem, ejus quod plures ante eum statuerant, quomodo fiat, ut aër ex interstitiis suis extrudatur & in majores bullas valde elasticas abeat.

Videamus nunc, quasnam causas attulerit DE MAIRAN (2), ut plenior phaenomeni, de quo agimus, explicationem suppeditaret. Putat nempe tum confusionem, quae inter particulas aquae integrantes ab exitu & protrusione aëris interlabentis, tum eam, quae a diverso, quo sibi junguntur, modo propter nisum angulum certum affectandi oritur, non parum ad hunc effectum conferre.

Quod ad prius attinet, profecto concedi posset, particulas aqueas, quae oblongae sunt (†), dum ex earum interstitiis aër exeat, eaque sic magis agitet, transverso modo disponi, ac sic glaciei volumen augere, eodem modo quo plures ligni fasciculi, quando transverse unus alteri imponitur; majus occupant spatium, quam

(1) *Diff. inaug. antea laudata*, pag. 32.

(2) *Ibid.* pag. 127 seqq.

(†) Si perfecte essent globulosae, certe ea transversa dispositio nullum voluminis incrementum praebere posset.

quam si alio quodam ordine, puta, juxta longitudinem, disponderentur. Quum vero transversa illa dispositio a partium agitatione oriunda, sistatur necesse fit, simulac aqua in glaciem convertatur, quoniam nempe tunc quoque sistitur omnis motus, effectus autem quos vis expansiva producit, saepe etiam longe post formatam jam glaciem obtineant, concludo transversam illam dispositionem per indirectum quidem, quatenus voluminis incrementum produxit, non vero directo quodam modo tanquam causam efficientem ingentes istos, de quibus antea locutus fui, effectus producere. De posteriore eadem valent, quae de priori: scilicet, perfecta aquae in glaciem transmutatione, angulus, quem constituerunt filamenta glacialis, eadem in directione maneat necesse est.

Ex his omnibus jam quae attuli pater, quascumque causas ad vim illam ingentem glaciei, melius explicandam, utque phaenomeno pares sint, afferas, immediatam tamen non aliam nisi aërem reperiri.

Si vero statuamus, omnes has causas secundarias aliquid ad illum effectum praestandum conferre, easque proinde jungamus, res sic explicari posse videntur: Aqua in glaciem mutata tum ex transversa partium dispositione, tum ex nisu certi anguli affectandi, in majus volumen increfcit; aër in bullas majores, congregatus, atque nunc majori elasticitatis vi gaudens hanc glaciei massam, cujus jam auctum est volumen, ulterius inflat; sique ea elasticitatis vis satis magna est, (uti fit, quando subito orta est glacies) impedimenta quae ulteriori expansioni obsunt, superat; quae aëris elasticitas inde etiam augetur, quod ignis ex aqua exiens & hic illic bullulas aëreas obvias habens ipsas magis rarefaciat, ac vim earum repulsivam augeat.

Sic puto saltem non adfuturos, qui explicationem nostram effectibus imparem dicant; & hoc modo nunc mihi defunctus videor de difficillima hac quaestione, unde ingens illa glaciei vis expansiva oriatur. Fateor multis quidem difficultatibus hanc rem obnoxiam esse iis, qui privatim congelationis causam invocant; minoribus forte iis, qui *MUSSCHENBROEKII de particulis frigorificis* amplectuntur sententiam; si assumant, particulas illas longe leviores esse aëre exeunte
simul-

simulque glaciei extendendae facultate gaudere: at quoniam utraque haec proprietas, quo non magis fieri possit, precario iis adscriberetur, quum ipsi ejus sententiae fautores earum naturam sibi plane incognitam esse fateantur, etiam explicatio haec ad amplectendam eorum hypothefin nihil profus facere potest.

§. V.

Aliae quaedam glaciei proprietates, ubi de duritie, frangibilitate, facultate radios Solis colligendi, gustu, odore, &c. Interdum glacies idioelectrica est, interdum anelectrica.

Vidimus omnium quae in glacie jam formata obtinent phaenomenorum maximum; quodque huic, si non soli, saltem paucissimis aliis corporibus, excepto ferro, sulphure &c. competat: videamus nunc, an aqua in hunc statum redacta non alias quasdam proprietates distinctivas habeat.

Si duram esse dicam, nihil aliud forte asserere nunc videbor, quam quod plus semel antea jam asseruerim, quodque ex ipsa glaciei definitione fluit (1), Verum duram dixisse non sufficit; potest enim hac proprietate gaudere, uti multa alia corpora, quae quamvis durissima sint, minimo tamen impetu franguntur; verum de glacie alia est ratio, nec immerito ejus durities jaectata videbitur, si iis, qui ea de re imprimis mentionem fecerunt, scriptoribus fides habenda sit.

Quo magis autem compacta sit, quo minor sit aëris residui copia, eo sane durior est glacies, ac proinde intensitas frigoris magis forte huic obesse quam prodesse videbitur; quoniam sic aër satis magna copia, uti antea vidimus, expelli non potuit. Mirum hinc apparebit, in septentrionalibus regionibus ubi frigus est validissimum, & congelatio valde subita, glaciem omnium durissimam esse; at vero ibi frigoris acerbitas praestat, id quod alibi lentior glaciei formatio; & summa partium inter se adhaesio duritiem auget. In nostris autem terris

ubi

(1) Vid. §. 1.

ubi frigoris acerbitas ejusmodi cohaesionem plerumque non valet progignere, lentior requiritur congelatio, ad glaciem duriolem reddendam, ut sic aër majori copia exire ac proinde glacies compactior fieri possit.

De glaciei in regionibus septentrionalibus duritie testatur OLÄUS MAGNUS (1), dicens ex hac arces easque solidissimas, quin & castella in hostium invasiones munientia formatas fuisse. Porro glaciem *Spitzbergensem* jactat MARTENS (2).

Quoniam vero glaciei durities est terminus admodum vagus, qui praecipue dependit tum a locorum, ubi oritur, situ, tum a majori minorive temporis, intra quod formatur, spatio, mirum non est certam non dari rationem, qua uti possimus ad resistantiam glaciei cum ea, quam offerrunt alia corpora solida, comparandam.

At nihilominus tamen DE MAIRAN (3) in experimentis, quae ea de re instituit, quaeque plenius apud ipsum leguntur, se invenisse narrat hanc rationem cum marmore ex gr. uti 1. ad 10., quae revera talis in hisce experimentis esse potuit, at quum durities glaciei tantopere differat, minime inde concludi posse videtur, ad hanc pro constanti ratione assumendam.

Quantumvis autem dura sit glacies ex aqua oriunda, remanet tamen ei proprietates quae frangibilitas audit, ita tamen ut hanc non duritiei, sed imprimis ductilitati opponamus; eodem modo quo res sese habet in vitro, quod itidem durum est & simul fragile, nec ductile, nisi ad certum gradum calefactum fuerit. Quemadmodum vero diminutionem gravitatis specificae ad essentiam glaciei non pertinere diximus, ita nec ad ipsam pertinet fragilitas glaciei in genere considerati.

Glacies ex aqua orta sine dubio ductilis esse nequit: at vero longe alia est ratio ex gr. in metallis omnibus, itidem glaciei speciem constituentibus, praesertim in glacie Mercurii, ita ut huic summa quidem ductilitas, & majori gradu quam ulli alii metallo, assignanda sit.

(1) *Hist. de Gentib. Septentrion.* L. 11. C. 25.

(2) *Journ. d'un Voyage a Spitzbergen* Chap. 3. de la glace.

(3) *Ibidem* pag. seqq.

Si glaciei ex aqua ortae duritiem cum alia ipsius proprietate, quae pelluciditas est, licet haec non semper eadem sit, jungamus, apparebit eam, quemadmodum lentes adhiberi posse; dum eodem, quo hi, modo, radios solares refringendi facultatem habet; quum enim notum sit, omne corpus pellucidum sive convexum sit, sive concavum, lucis radios refringendi facultatem habere, ita tamen ut in priori casu radii magis fiant convergentes, in posteriori divergentes, cur itidem glacies in lentis convexae formam redacta, facultate radios solis colligendi non gauderet? nisi objicias propter summam evaporationem lentem istam glacielem sensim sensimque minui debere, id quod lubens concedo, neque hoc ad rem facit. Ago tantum de casu quo nondum ita diminuta est; & quum haec diminutio sensim procedat, necessaria est consequentia, eadem ratione quoque radorum refractionem mutari debere.

Quemadmodum autem in tota hac glaciei formatione aer maximas partes agit, ita & in hac radorum solarium refractione non paucis defungitur, sed pelluciditas glaciei praecipue dependet a majori minorive bullularum in ipsa contentarum copia; quo major haec sit, eo saepius isti radii refringantur necesse est, quo facto quilibet sentit vim earum valde diminui debere.

Hinc magis pellucida est glacies, in qua majores bullae, sed minori copia adsunt, quam ubi minores, & majori copia; quoniam scilicet lux nunc non amplius ita multas subire solet refractiones; ac proinde hinc sequitur, quo magis subito procedat glaciei formatio, eo majori quoque hanc pelluciditate gaudere, uti ex iis quae *praeced.* §. diximus patet.

Si aere purgata sit, alia est ratio sed de hoc *in seq.* §.

De odore & gustu, quum, quod sciam, in glacie ordinaria aliquid singulare habere non constet, nihil hic affero.

Restat aliud, & si semper obtineat, memorabile fati in glacie phaenomenon, ad fluidum electricum, quod, quemadmodum & in omnibus aliis corporibus ita & in glacie continetur, spectans.

Narrat ACHARD (1), se Berolini mense Januario anni 1776 observasse, postquam ad vigesimum gradum infra punctum congelationis (nempe scalae Reaumurianae qui gradus scala Fahrenheitiana 13° infra 0, sive quod idem est, 45° infra punctum congelationis respondet) pervenerat, corpus idioelectricum evasisse, dum antea semper optime conductoris officio functa fuisset, ita tamen ut jam ad gradum septimum vis ipsius conductrix diminueretur, & ad vigesimum plane cessaret. Tunc itaque & in hac re glacies aquae, quam inter optimos conductores referri notum est, contraria sit.

Quin & ACHARD sphaeroides ex glacie utebatur tanquam disco, quem rotando circa axin, conductores metallicos electrificabat. (†)

Putat causam hujus phaenomeni in eo esse quaerendam, quod, quo intensius sit frigus, eo magis particulae glaciei condensantur. Condensationem autem particularum atque proinde pororum diminutionem maxime conferre putat, ut corpora ab anelectricis in idioelectricis convertantur. An res revera ita de habeat non inquiri, quia sic terminos angustos Dissertationis longe egrederer, neque forte certi quid hac de re dicere possem. Mens tantum fuit ut glaciei hanc proprietatem narrationis specie proponerem.

Haec sunt quae praecipue de iis, quae glaciei, tum quando formatur, tum quando formata est, competunt, dicere in animo habui; at vero quoniam haec omnia, quemadmodum aeri Atmosphaerico exposita fieri solent, con-

fide-

(1) *Journal de Physique Novembre 1776.*

(†) Phaenomenon praesertim ideo singulare est, quoniam ille transitus ex conductore in corpus idioelectricum obtinet, dum corporis status non mutatur; erat enim jam glacies antequam electrica fieret. Si transversio illa simul cum transversione aquae in glaciem obtinisset, cum multis aliis corporibus illud commune fuisset, quae pro diverso in quem rediguntur statu, nunc electrica nunc anelectricae esse solent. Sic ramus arboris adhuc viridis optimus est conductor, prope ignem ficcatus idioelectricus fit; carbo factus anelectrici iterum, in cineres mutatus electrici denuo corporis officio fungitur.

fideravimus, videamus an, quae in vacuo fit, in omnibus his aequalis sit, an vero in quibusdam differat?

§. VI.

De glacie in vacuo formata.

Quamquam ea, quae hucusque recensuimus phaenomena, ad glaciæ formationem, prouti in aere Atmosphaerico succedere solet, pertinentia, ab iis quae ipsam in vacuo comitantur, essentialiter non sint diversa, plane tamen cum ipsis si convenirent, repugnaret principio, sub diversis conditionibus & circumstantiis, diversos quoque effectus esse debere.

Quum vero directa ea de re experimenta instituendi mihi copia defuerit, solis ratiociniis hac in re contenti simus oportet. Scilicet si ratiocinium sequamur, patet, aëre, quem adeo magnas in congelatione partes agentem vidimus, diminuto, vel, si velis plane exhausto, ac proinde aqua etiam puriore reddita, glaciem quoque hinc ortam, uti jam alicubi in hac Dissertatione observavi, specificè graviorem esse debere; quum enim levitarem specificam ab aëre contento deduxerimus, sequitur, diminuto hoc, gravitatem quoque augeri debere. Quenam autem sit gravitas specifica hujusmodi glaciæ ad eam aquae ex §. iv. lucet. Minorem quoque hinc vim expansivam prono alveo consequi patet. Et quoad reliqua §. praeced. recensita, de iis itidem suspicandum foret, aliam in permultis rationem obtinere. Sic duriores esse concludimus ob eandem rationem ac gravior sit; duritiei enim major gradus a minore aëris contenti copia deduci debet. Itidem radiis solaribus colligendis melius inservit, quam glacies communis; scilicet quum minor sit aëris superstitis copia., non ita saepe radiis solaribus refractionem subeundi locus est, quae alioquin major fit, prouti bullulae aëreae ipsae majori sunt numero, ac proinde radii solares diversa media transeuntes, saepius refringuntur.

An eodem modo corporis nuncanelectrici, nunc electrici officio fungatur, il-

lud experimentis explorandum foret, neque hoc ex solo ratiocinio dijudicari potest.

Haec sunt ea, quibus glaciēs in vacuo formata a glacie ordinaria differre solet. Eadem quidem obtinent in glacie ex aqua unde aër exhaustus est, orta, etiamsi formatio in vacuo non fiat, sed minori gradu, quoniam aliquantulum semper aëris sese cum aqua jungit.

Quae dixi, maximam saltem partem, etiam a WOLFIO (1), MUSSCHENBROEKIO (2) aliisque confirmantur, quos itaque etiam in vacuo hac de re experimenta instituisse constat; quod nisi ex ipsorum verbis pateret, putarem forte de congelatione aquae sub Antlia pneumatica numquam experimenta capta fuisse; & generaliter obtinere crederem, quod sibi obtigisse refert LICHTENBERGIUS (3) in Academia Georgia Augusta Professor celeb., quod nunc vero alio modo considerandum erit, ita ut ea quae modo diximus, non evertat.

Scilicet, dum explorare cuperet, an in glaciei expansione, & hinc oriundis phaenomenis, ex gr. ruptura vasorum aliisque, soli aëri vel praecipue saltem huic majores partes tribuendae essent, hunc in finem die 30 Decembris anni 1783 aquam, cui omnem aërem tum excoquendo tum exantliando exhauserat, in vacuo frigori exponebat, donec in glaciem abiret, probe observans, quid in hac transformatione obtineret. Accidit autem hoc: vas, cui aqua inerat, more solito disrumpebatur; glaciēs autem, longe aliter ac sperare licuerat, non pellucidior erat, quam quae ex aqua aëre suo adhuc impraegnata oriri solet, sed é contrario quasi tota in spumam conversa videbatur, & in duas partes divisa ope bullae, quae situ horizontali totam glaciei massam secabat.

Admodum singulare esse hoc phaenomenon & explicatu difficile, negari nequit; optandum foret, ut plura hunc in finem instituerentur experimenta, quibus

(1) WOLFFS *Versuche*, loco antea citato.

(2) *Introd. ad phil. nat.* §. 1498.

(3) *Erstoben Anfangsgründe der Naturlehre*, 8vo 1787. §. 426. in notis.

bus pateret, an saepius, an vero rarissime tantum idem obtineret, probe observatis omnibus, quae phaenomenon comitarentur, conditionibus.

Tres hujus causas concurrere putat auctor.

1°. Aërem in aqua superflitem.

2°. Eum, qui forte in mutatione aquae in glaciem progignitur; &

3°. Exitum ignis; cui ultimae imprimis infistit.

Causae allatae si obtineant, certe in omni congelatione in vacuo obtinent. Si itaque phaenomenon ipsum pro generali habeamus, quod quoties in vacuo fiat congelatio, procedat, merito quaeri poterit, unde igitur alii, qui ante LICHTENBERGIUM congelationem in vacuo observarunt, illud non deprehenderint, vel saltem non memoraverint, (†) res enim perspectu nimis facilis est, quam ut eorum attentioni effugere potuissent credamus.

Nihil itaque superest, nisi ut illud peculiari modo consideremus, tanquam quod a regula communi aberret, & specialibus conditionibus tribuendum sit, quae cum causis istis generalioribus antea allatis, & praeter quas nullam novi, concurrant. Quenam itaque erunt conditiones illae, quibus effectus hic specialis tribui debeat?

Omni ex parte certi quid hac in re determinari nequit; attamen ut rem aliquo modo cum aliorum experimentis conciliemus, liceat hoc observare: neminem, neque WOLFIUM, neque MUSSCHENBROEKIUM, neque ipsum LICHTENBERGIUM unquam cogitasse, tale quid sibi in congelatione in vacuo successurum, sed praecipue ideo experimenta sua instituisse, ut glaciei vel majorem gravitatem

(†) Referral enim huc nequit quod narrat s' GRAVESANDIUS in *elem. phys.* §. 2607. Dum ibi loquitur de experimento, quo aqua vase vitreo contenta, & nive cum sale marino perfusa circumdata, congelata fuerit, dicit: idem experimentum, si in tubo aëre vacuo fiat, cum ebullitione congelationem fieri. Aliud autem est, cum ebullitione congelationem fieri, aliud id quod antea recensui phaenomenon, obtinere. Prius in omni congelatione quae in vacuo fit, obtinere crederem.)

tem specificam vel majorem pelluciditatem, vel minorem vim expansivam deprehenderent, ideoque non attendisse, quam tempestate an minus intenso, an vero admodum acri frigore experimenta sua instituerent.

Sic forte suspicari poterit, alios ante LICHTENBERGIUM minori frigoris intensitate aquam suam congelationi exposuisse, atque in eo quaerendam esse maximam rationem, cur iis idem effectus non obtigerit (+), praesertim quum ex ipsius LICHTENBERGII verbis pateat, eum admodum acri frigore, phaenomenon quod memorat, observasse, quae conditio itaque non sine veri specie multum ad effectum hunc conferre potuit (++).

Si itaque hanc conditionem affirmamus, res sequenti modo ex causis antea allatis, & praecipue quidem exitu materiae igneae, & aëre superflite explicari poterit (+++).

Scilicet ut aqua in glaciem convertatur, determinatam ignis portionem liberari debere postea constabit, quae, dum libera fit, atque ex aqua avolare tendit, necessariam habet consequentiam, ut ipsa consolidescat.

Hoc autem quando in aëre atmosphaerico procedit, pressio hujus in aquae superficiem obstaculum obmovet, quominus ignis ille vi sua, quantumvis magna, erumpens, aquae massam quasi in partes divellere possit. Verum in vacuo, (uti nos vocamus) alia est ratio, & quum ibi pressio ista, si non plane remota, saltem admodum diminuta sit, neque aliud nisi vapor elasticus, uti deinde vide-

(+) Addi forte posset, nunc perfectius reddi posse vacuum, quam tunc temporis poterat, & sic minorem etiam esse aëris superflitis copiam; verum, licet res ipsa negari nequeat, non tamen putarem, differentiam istam, ad effectum de quo hic agitur praestandum, multum conferre potuisse, praesertim quum jam MUSSCHENBROEKIUS machina pneumatica satis perfecta usus fuerit.

(++) Hoc quidem ex viri clar. dictis constat, verum non reperi, eum hanc conditionem phaenomeno explicando necessariam putasse.

(+++ Quod ad novi aëris procreationem attinet, non video unde hic oriretur, ac proinde hanc causam intactam relinquere malui.

debimus, in eo subsistat, minori etiam negotio ignis erumpere potest; verum si exitus ille paulatim procedat, hinc non magis sensibiles quam in aëre atmosphaerico oriuntur effectus.

Sin autem admodum intensum & acre sit frigus, hoc casu ignis, remoto obstaculo ab aëris pressione oriundo, & propter magnam, quae eodem tempore erumpit, copiam, aquae massam, per quam transitum sibi aperiat necesse est, magna vi a se divellit, & quasi in partes fecat. Quum autem eodem fere momento procedat congelatio, aqua in glaciem abiens hanc formam, quae ab exitu ignis ei induta erat, retinet, eodem modo ac si magna bullarum pars per eam disperfae essent, quae, omni pelluciditate sublata, eam spumae aequalem reddant. Hinc oritur etiam major illa bulla, de qua antea facta fuit mentio.

Quod ad aërem residuum attinet, qui non omnino expelli potuerit, huic, si quas partes, minimas tantum in producendo phaenomeno nostro adscribimus. An vero is spatia ea repleverit quae in glacie aderant, alia est quaestio. Potuerunt omni prorsus aëre vacua fuisse, attamen & contrarium obtinere potuit. Ego ad posteriorem sententiam vergo, & quum non omnem plane aërem extrudi posse constet, eum qui remanet, sublata compressione, & nunc majus expandendi se spatium nactum, elasticitate sua, quae ab ipso exeunte igne etiam aucta esse potest, tum bullam istam majorem, tum & alias minores exhibuisse putarem.

Ex tradita explicatione apparet, disruptionem vaporum, in quibus sic formatur glacies, necessario hanc formationem insequi debere, & quod alioquin soli fere aëris vi expansivae, illud nunc minime huic, sed unice vi exeuntis ignis tribuendum esse.

CAPUT SECUNDUM.

DE THEORIA CONGELATIONIS.

Transitus ad hoc caput.

Stabilivimus jam, ut opinor, si forte non omnia, saltem, ut confido, praecipua congelationis phaenomena; causas nondum tetigimus, idque de industria, quoniam, me iudice, antea effectus exposuisse oportet, quam ad causas eruendas accedamus, ut sic optime pateat, quaenam ex his ad explicandos illos maxime sit idonea; quumque nullus sit effectus, nisi simul adsit causa, quae illum determinet, ita & in hac re videndum erit, quaenam eos quos memoravimus, producere soleat. At quemadmodum in plurimis, ita & in hoc dissentiunt Physicorum animi.

Alii materiam igneam assumunt, quae ex aquae interstitiis exiens facit, ut particulae integrantes strictius sibi cohaereant & consolidescant.

Alii statuunt, solam ignis diminutionem non sufficere ad explicandam aquae in glaciem conversionem, verum putant afferri quasdam in aëre particulas subtiliores, quae quasi gluten moleculas aqueas contineant.

Duae itaque tantum praecipuae exstant de congelatione hypotheses: quae ab aliis Physicis foventur sententiae, ad unam alteramve ex his reduci possunt. Hinc omnes memorare superfluum foret, quamobrem hasce tantum tractabo, ut sic pateat, quaenam ad rem explicandam maxime idonea sit. Nos congelationem unice ignis diminutioni & liberationi adscribimus, licet tamen ab aliquo inde

tem-

tempore praesertim in GALLIA & SUECIA particulae congeliantes strenuos iterum defensores sint nactæ. Nec miramur, multis hanc hypotesin quantumvis ficto fundamento nitatur, praefendam videri, cum in alia interdum occurrant, quae evolvere perdifficile est, verum quae nunc minori negotio explicantur, ex quo viri clariss. BLACK, CRAWFORD, LAVOISIER, DE LA PLACE, DE LUC, aliique omnibus his majorem lucem attulerint.

Horum itaque theoriam amplexi, qua fieri poterit brevitate, ea quae ad nostram sententiam explicandam faciunt, exponemus. Ut autem ordine procedat dissertatio, caput hoc in 3 partes erit secandum; quarum prior de liquiditatis, posterior de soliditatis, sive ipsius congelationis causa aget; tertia denique, eaque ultima, quaedam de frigore artificiali tradet.

S E C T I O P R I M A.

D E C A U S A L I Q U I D I T A T I S.

§. I

Liquiditatis causâ in determinata calorigi in corporibus copiae praesentia quaerenda est.

Omne corpus est vel solidum, vel liquidum, vel in statu fluidi aëriiformis versatur (1). Quum ipsa soliditatis notio partium cohaesionem involvat, adeo ut sine hac concipi nequeat, sequitur nullum dari posse liquidum, nisi arctior illa cohaesio impediatur. Ea itaque vis, quae partes continere solet, quidquid ejus causa sit, ab alia, quae ipsas separare tendat, superari debet. Duae itaque adsunt vires, quibus corporum particulae obtemperant, necesse est: altera attractiva, altera repulsiva vocatur. A diversa, quae inter has obtinet ratione, dependet omnis in statu

(1) Vid. LAVOISIER. *Traité élémentaire de Chimie*. T. 1. pag. 7.

corporum diversitas; si illa hanc superet, corpus solidum, si haec illam, liquidum evadet, aut in fluidum aëriforme convertetur, pro majori minorive repulsionis ratione.

Verum, nisi praeter has duas vires aliud quid adesset, sine dubio eodem modo quo corpora solida sunt, si attractio repulsionem vincat, eodem, inquam, si haec istam superet, statim partes quaquaversum dispergerentur, & in vaporem redigerentur, nec umquam status liquiditatis remaneret. Quid itaque nunc est tertium illud, quod vis repulsivae majorem gradum quodammodo temperet, & differentiam inter liquidum & fluidum aëriforme constituat?

Certe, ut status liquiditatis remanere possit, aliud quid addendum est, quo abstracte considerato, inter statum soliditatis & fluidi aëriformis non daretur medius, qui ultra momentum subsistere posset. Tolle enim Atmosphaerae pressionem, tum corpora eo ipso, quo soliditatem amittunt momento, liquida quidem erunt, sed mox in fluidum aëriforme convertentur, cui separationi pressio ista nunc obstaculum obmovet (†), quod major vis repulsivae gradus vincat necesse est, ut tale quid obtinere possit. Et vice versa, simulac vis repulsiva ab attractiva superetur, ex liquidis aut fluidis aëriformibus solida evadent, ita tamen ut tum fluida ista, non nisi statum liquiditatis permeando istuc perveniant.

At, quum nihilominus tamen necesse sit major vis repulsivae gradus, sine qua omne corpus solidum foret, videndum erit, quidnam hanc vim repulsivam adeo intendere possit, sive, quod idem est, quidnam liquiditatem constituat? Repulsio ista, ut attractionem superet, effectus esse debet causae alicujus subtilioris, sese corporibus interferentis.

Haec

(†) Neque obstat, quod aqua, etiam si in vacuo ponatur, atque sic Atmosphaerae pressio tollatur, nihilominus tamen aqua maneat; neque hoc mirum, nam longe alia est ratio in hoc casu, quam in illo. In hoc certe, vapor qui oritur superficiem premit, quoniam ulterius expandi nequit, & sic partium aquareum dispersioni obest; in illo autem, remota omni aëris atmosphaerici pressione, aqua, quum spatium sibi, ut extendatur, habeat amplissimum, in infinitum dispergeretur.

Haec, uti ait DE LUC (1), in combinatione chemica certae ignis copiae cum corporum particulis confistit, quae combinatio maxime generalis & forte unica est, quae hunc effectum producat.

Sin autem, id quod non decidam, unica non sit, praecipuam saltem esse patet, quod plerisque corporibus, aucto ad certum gradum calorico, liquiditas conciliari queat. Et si forte non omne corpus in liquidum converti possit, saltem humanae artis ope nondum potuerit, non dubito tamen quin, si sufficiens caloris gradus adesset, aequae facile mutatio illa in uno, quam in alio succederet.

Nos autem qui speciatim de congelatione aquae agimus, hujus quoque liquiditatem ab igne oriri inde concludimus, quod juncta certa hujus copia, in liquorem resolvatur.

Quum vero ignis, uti jam suo tempore docuit BOERHAVIUS, eam constanter sequatur legem, cujus si aliquando exceptio obtineat, illud peculiaribus causis atque circumstantiis tribuendum erit, ut corpora quaecumque, sive solida sive fluida expandat, atque hoc etiam fundamento nitatur tota thermometrorum mercurialium theoria, quae tanquam satis accurata caloris mensura assumi possunt, quatenus caloricum ipsum (+) dilatationem vel condensationem fluidi, quod ipsis inest, produ-

(1) *Idees sur la Meteorologie*. T. 1. P. 2. pag. 174.

(+) Ut constet, quaenam significatio his vocibus tribuenda sit, quasdam hic secundum novissimam Chemicorum nomenclaturam definire non incongruum puto.

Vox *calor* olim promiscue adhibebatur, tum ut sensationem istam, quam nos calorem vocamus, tum ut principium ipsum, quod hanc producit, denotaret. Hac de re solliciti recentiores, imprimis LAVOISIER, FOURCROY alique, ut omnem ambiguitatem tollerent, & sic rebus aptiores & cum notionibus ipsis convenientiores terminos addicerent, novam nomenclaturam intorduxerunt:

Caloricum vocatur principium ipsum, quod caloris sensationem producit.

Calor est ipsa sensatio, quam caloricum producit.

Temperatura dicitur effectus, quem caloricum in corporibus producit, atque determinatur per dilatationem Mercurii in thermometro.

Caloricum specificum est absoluta quantitas calorigi, quam continet unum corpus ratione alterius.

ducit (†), prono quasi alveo sequi videretur, in corpore solido, ex gr. glacie, quod liquefactioni jam proximum est, additis pluribus ignis gradibus, simul atque hoc liquidum evasit, Mercurium in thermometro dilatari atque ascendere debere, pro ratione additae quantitatis caloricæ. Hoc tamen non ita se habere primus observavit & experimento demonstravit BLACK, Scotus, & reperit quantitatem ignis, quae glaciei in aquam mutandae communicari debeat, antequam ullum auctae temperaturae vestigium praebeat.

Verum ne hic illic terminos adhibeamus, quorum nondum tradita sit explicatio, non incongruum fore puto, si, antequam ulterius progrediamur, quaedam hic de capacitatibus, quatenus in Dissertatione ad scopum nostrum spectare possunt, afferamus, praecipue quum haecce theoria non ita perspecta sit, ut unicuique Lectorum praesupponi, aut aut ex sola voce cognosci possit.

Primus hanc theoriam admodum concinne exposuit CRAWFORD, Anglus, qui in libro suo egregio (I.), quique rerum quas continet, novitate maxime se commendat, non parum lucis attulit multis, quae in Chemia obscuriora adhuc essent; & si qua forte quaedam ejus capita sint rejicienda, non dubito tamen, quin, uti plura alia, ita & hoc quod de capacitatibus agit, firmo pede sit mansurum. Huc redit ipsius ratiocinium: corpora diversae substantiae, quorum pondera & temperaturae sunt aequalia, interdum inaequales portiones caloricæ continent, id est, caloricæ specificæ quantitate differunt. Patet hoc inde, quod si duobus ejusmodi corporibus addatur aequalis caloricæ portio, temperatura unius plus augeatur quam alterius. Si jam aequale esset in utroque caloricum specificum, temperatura

(r) *Experiments and observations on animal heat and the inflammation of combustible bodies.* (editio altera. Londini.) Ego usus sum versione germanica a CRELLIO facta, & hic illic animadvertionibus locupletata, quum anglica mihi ad manus non esset. Leipzig 1789. 8vo.

(†) De thermometris non hic agendi eorumve defectus inquirendi locus est; sufficit animadvertisse, quod omnes fere Physici, CRAWFORD, DE LUC, aliique, repetitis experimentis, pro accurata satis caloris mensura adhiberi ea posse dixerint. Vid. *Annales de Chimie* T. III. pag. 161.

in utroque etiam aequaliter augeri deberet; hoc autem minime fit, sed interdum thermometrum in uno dimidiam partem ejus qua in altero ascendit; id est, eadem caloricis quantitas, quae temperaturam unius corporis duobus, alterius uno tantum gradu augere valet; ita ut duplum in hoc requiratur, ad temperaturam hujus aequali graduum numero augendam. Ex quibus concludit, caloricum specificum hujus posterioris esse ad illud prioris uti 2 ad 1. Sic caloricum specificum ferri esse constat ad illud antimonii uti 2 ad 1. quoniam si aequale sit pondus & temperatura, ad hanc in utroque aequali graduum numero augendam, ferri duplam caloricis portionem ejus quam antimonium requirit.

Hoc autem quum fieri non possit, nisi adsint in ipsa natura corporum differentiae essentialis, quae faciunt, ut quaedam istud majore copia colligere & retinere queant quam alia, nec tamen majores effectus producere, hanc diversam aptitudinem, *capacitatem caloricum continendi* vocat, quae ita ab ipso calórico differat, uti vis ab objecto in quod agit (1).

Ut res clarius pateat, non possum quin hic exemplum afferam, quo rem illustravit LAVOISIER. Sumantur, inquit, duo vasa ejusdem magnitudinis; alterum globulis impleatur rotundis, alterum alia substantia alius figurae, ita ut pondere sibi sint aequalia: affundatur utrique arena, quae spatiosa in utroque vacua repleat; sic patebit in hoc multo minorem contineri posse arenae quantitatem, quam in altero, quoniam interstitioli admodum differunt. Fingatur jam arenam hanc esse id, quod nos caloricum vocamus, & globulos aliasve illas figuras esse moleculas corporum; tunc facile intelligitur, quomodo fieri possit, ut in corporibus heterogeneis differant capacitates caloricum continendi; quae diversae esse debent, tum propter ipsam partium integrantium figuram, tum propter harum a se invicem distantiam, aliasve ob causas.

Mechanica hujus rei, eaque egregia explicatio reperitur in Annalibus chemicis (2), sed hanc excerpere nimis longum foret.

Ex

(1) CRAWFORD loco laud. pag. 6 seq.

(2) Annales de Chimie T. III. pag. 200. seqq.

Ex antea traditis de capacitatibus multas conclusiones elicit CRAWFORD; quum vero plures ad nostrum scopum minime spectent, eas tantum, quas omnino necessarias putamus, hic afferemus.

Scilicet elicimus sequentia:

1^o. Quo major est corporis cujusdam capacitas, eo major requiritur caloricæ copiam ad eandem temperaturam obtinendam.

2^o. Aucta corporis cujusdam capacitate, neque aucta tamen caloricæ copia, multo minorem illud habebit temperaturam.

3^o. Etiam si augeatur caloricæ copia, nec sufficienti gradu aucta sit, eadem minuetur temperatura.

4^o. Corpus, cujus capacitas minor est quam alterius, addita æquali caloricæ copia, majorem temperaturam habebit.

Jam vero, quid per capacitates ipsas intelligendum sit quum constet, videamus paucis, an hæc ita sint cum corporibus connexæ, ut nullo modo, neque eorum temperatura, neque ipso statu mutato, alterari possint?

Quod ad prius attinet, inquit CRAWFORD, capacitates corporum caloricæ continendi, dummodo non mutetur status, in omni temperatura easdem manere, uti magna experimentorum, quæ eum in finem instituit, serie ostendit (1).

Eadem sit capacitas corporis necesse est, si eadem caloricæ quantitas temperaturam ejus, quamcumque habeat, eodem graduum numero augere valeat; si enim capacitas mutata esset, temperaturæ incrementum non semper æquale foret; si diminuta illa, hæc aucta, si aucta illa, hæc diminuta foret. Quum vero pateat temperaturam, puta inter punctum congelationis & ebullitionis aquæ, addita æquali caloricæ portione, æquale incrementum capere, ex his merito concludit, capacitatem, saltem inter hos terminos, tum in aqua, tum & in omni corpore propter Analogiam æqualem esse debere. Ex his porro aliam adhuc elicit consequentiam, scilicet aquam, quaecumque ejus sit temperatura, quamdiu

ita-

(1) Ibidem, pag. 42--51.

statum non mutet, eandem capacitatem habere, quae opinio, quum experientia non constet, inter mere hypotheticas refertur.

Quod ad posterius vero spectat, de hoc inter Physicos non convenit. Dicunt alii, capacitatem glaciæ ad eam quam habet aqua, esse uti 9 ad 10. Hac in sententia versatur CRAWFORD (1), qui illud experimentis a doctiss. IRVINE institutis constare dicit. Aliam opinionem tumentur alii, quorum hic memorasse liceat DE LUC (2) qui errasse eos, nec dari ullam capacitatis differentiam inter glaciem & aquam, contendit, saltem experimentis id non certo probari statuit.

Dictis jam, quae, ut opinor, de capacitatibus praemitti debuerunt, filum hujus §. resumamus, & videamus nunc de experimento, quo BLACKIUS determinavit caloricæ portionem, quæ in liquiditate absorbetur.

Ut ostenderet vir doctiss. quanta sit caloricæ copia, quae requiritur, ut ex glaciæ fusioni jam proxima aqua evadat, aequales portiones glaciæ & aquae calidae, quarum antea temperaturam exploraverat, miscebat.

Sumebat nempe portionem glaciæ temperaturam habentis 32° graduum; miscens hanc cum portione aquae ejusdem ponderis, sed temperaturam habentis 172°. Fundebatur quidem glaciæ, sed explorata, quam nunc habebat mixtum illud, temperaturam 90° non excedebat, cum tamen illi 140°, quibus aqua glaciem superabat, si rem primo saltem oculo inspicias, aequaliter inter utrumque distribui, & sic aquae 70° demi, glaciæ 70° addi debuissent; accurate fere medium arithmeticum inter duas temperaturas constituendo. (+) Ea enim est ca-

loricæ

(1) Pag. 66. (2) *Idees sur la meteorol.* pag. 180.

(+) Non possum quin addam hic formulam a RICHMANNO, quoad liquores homogeneos, traditam, quae reperitur in *comm. Petrop. Nov. T. 1.* pag. 152. Scilicet ut mixtis duobus liquoribus homogeneis diversam temperaturam habentibus, noscatur temperatura mixti, debet multiplicari massa utriusque corporis in gradum caloris sui, & summa productorum deinde dividi per summam massarum. Sit x temperatura mixti, quae quaeritur: a massa unius, b alterius; m vero gradus caloris unius, n alterius corporis. Tunc

$$\text{erit. } x = \frac{a m + b n}{a + b}$$

lorici proprietas, ut nisi adsint, quae illud prohibeant, obstacula, in omnibus ambientibus & vicinis corporibus temperaturae (non quantitatis) aequilibrium affectet. Ex quibus patet, omnes illos 140° gradus nullum alium effectum praeter mutationem solidi in liquidum produxisse (†).

Merito itaque concludere licet, ad efficiendum status mutationem, id est ad aquae liquiditatem conciliandam, impendendos esse 140° caloris gradus, qui nullum temperaturae incrementum exhibent; & quidem, ut puto recte; idem etenim infirui experimentum, quod eodem modo ex voto successit, verum eodem deinde repetito, sed loco aquae 172° sumta alia, quae 180° habebat, 8° illi, quibus haec alteram superabat, aequaliter sese in miscela distribuerunt; quae nunc additis 4° , qui sunt medium arithmeticum 8° , temperaturam 36° ostendit; manifesto iudicio, non ultra 140° requiri, ut ex glacie aqua evadat.

Ut autem melius adhuc pateret, hos 140° unice requiri, ut ex glacie aqua fiat, idem BLACKIUS simile instituit experimentum, atque loco glaciei 32° , aquam ejusdem temperaturae sumit, & hanc cum altera portione, itidem 170° miscuit; quo facto excessus caloris in altera aequaliter sese inter utrumque distribuit, ita ut totius mixturae temperatura non 32° sed accurate circiter 102° ostenderet, qui sunt medium arithmeticum inter summam utriusque portionis graduum computatam. Ex quibus manifestum est, eo in casu quo jam adest liquiditas, licet temperatura non differat, omnes caloricis communicati gradus plenum effectum praebere. Si fiat ut medium arithmeticum non perfecte obtineatur, hoc a diversis conditionibus aut circum-

stanti-

stan-

(†) Idem experimentis probarunt LAVOISIER & DE LA PLACE, ac WILKE, differentia tamen aliqua deprehensa. Secundum experimenta LAVOISIERII & DE LA PLACE patuit, eundem in finem tantum opus esse 60° ; WILKE requiri tantum $57^{\circ} 33$ reperit. Possent haec tentamina longe diversa videri a prioribus ubi 140° requiri compertum fuit; verum hi 140° secundum scalam Fahrenheitianam respondent $62^{\circ} 22$ scalae celeb. DE LUC, qua LAVOISIER & WILKE usi fuerunt. At sic tamen aliqua superest diversitas. Causam quandam suspicatus fuit DE LUC. *Idées sur la meteor.* p. 179.

stantiis dependet; quin imo, si accurate loquamur, nunquam perfecte obtinere potest. Res certe sine immisso thermometro adjudicari nequit: quum autem Mercurius, dum miscelae immittitur, aëris ambientis temperaturam indicet, atque haec minor esse soleat, quam qua mixtura ipsa gaudet (numquam eam accedit, ut Atmosphaerae temperatura, saltem in nostris regionibus, sit 102°) haec, quoniam caloricum cum omnibus contiguis corporibus, uti recte statuit CRAWFORD, temperaturae aequilibrium affectare solet, quorum in numero nunc quoque est thermometer, huic ipsi ut ascendat, & dilatetur aliquid de suo calórico communicare debet, idque in ratione massae & capacitatis ipsius Mercurii illud continendi.

Intelligitur hinc, miscelae temperaturam aliquanto minorem esse debere post, quam ante immissum thermometer, ac proinde non posse, accurate medium arithmeticum obtineri, nisi alia forte adsit causa, quae illud reprodicat. Quantopere haec differentia forte parva sit, aliquam tamen dari certum est, & eandem ob rationem mihi videtur, thermometra ita accuratam non esse caloris mensuram, qua non detur accuratior (†).

Quum jam ex antea dictis constet, aquam & glaciem ad tandem temperaturam diversimode a calórico communicato affici, & ut ex glacie aqua evadat, magnam absorberi portionem caloricam, quae temperaturam non augeat; merito inquirere licet, quanam hujus tam singularis in liquiditate phaenomeni causa sit habenda? an quod mutata corporis cujusdam natura, uti nunc ex solido fluidum fit, simul & mutetur ejus capacitas? an vero quod ad liquiditatis essentiam pertineat, ut certa ignis copia sese cum ipsius particulis combinatione quadam affinitatis! chemicae jungens, nullam in thermometro mutationem producere possit?

Qui priorem sententiam amplectuntur, id est, qui soli capacitatis mutationi ab-

(†) At negari nequit, ex omnibus thermometris, Mercurialia esse optima, quoniam Mercurius minimam capacitatem habens caloricum continendi ratione aliorum liquorum, minima etiam, ut ascendat, caloricam portionem indiget.

absorptionem caloricam in liquefactione adscribunt, illo certe nullam combinationem chemicam fieri statuunt, sed solam causam cur temperatura non augeatur, inde derivant, quod nunc aucta capacitate, major quoque caloricam copia requiratur, ad eundem effectum obtinendum. Diximus enim in corporibus diversae capacitatis, diversas etiam requiri caloricam portiones, ut eadem sit temperatura.

Huic sententiae maxime objicitur (1), & hoc quidem recte, ut puto; quantumvis verum foret, augeri capacitatem in aqua, non tamen inde concludi licere, totam caloricam absorptionem huic deberi, sed nisi id sola hypothesi, caloricam absorpti portionem perfecte respondere capacitatis incremento, id est, perfecte eam esse, quae requiritur, ut aucta capacitate, temperatura eadem maneat. Hoc tamen minime constat, quum eum in finem antea demonstrari deberet, quanta esset quantitas absoluta caloricam glaciei quae funditur, ut cognita hac appareret, an illa absorpti caloricam portio esset pars aliquota totius portionis, perfecte aequalis rationi, quae inter capacitates aquae & glaciei obtinet, sive quod idem est, accurate conveniens incremento capacitatis in aqua, quam uti 10 ad 9 esse dicunt. Hoc autem non demonstratur; sed ex eo ipso, quod statuunt, caloricum glaciei communicatum, propter incrementum capacitatis absorberi, concludunt. quanta sit copia caloricam absoluta glaciei quae funditur. Haec vero quum hoc modo decupla esset ejus quae absorberetur; glaciei proinde accurate 1400° contineret. Ex quibus omnibus satis patet, circulum in demonstrando committi, quum unum per alterum demonstraretur.

Altera objectio haec est (2). Quantumvis, ajunt, revera obtineret capacitatis incrementum, absorpti tamen caloricam fieri nequit, antequam illud antecesserit, & hoc quoque non negatur; nam eadem ratione, qua glaciei liquefactio sensim sensimque procedit, eadem, inquam, augeri potest capacitas, quae caloricum absorbeat.

Jam

(1) DE LUC pag. 191. & *Annales de Chimie* T. III. p. 178.

(2) DE LUC pag. 196. seq. & *Annales de Chimie* T. III. p. 177.

Jam porro inquirunt, si in sola majori capacitate absorptionis ratio quaerenda esset, tum id pro causa haberi, quod nihil aliud est, nisi consequentia liquiditatis, cui ipsi revera nullam causam assignant.

Nos quoque in eadem versamur opinione, & eatenus hanc hypothesein, quam CRAWFORD aliique assumerunt, rejicimus.

Quod ad posteriorem sententiam attinet, qua unice ex chemica cum moleculis calorigi combinatione explicatur solidi in liquidum mutatio, hanc egregie enucleatam reperimus apud DE LUC (1), cujus explicatio huc fere redit. Quemadmodum omne corpus, ita & liquida habent proprietates distinctivas, quae eorum essentiam constituunt; quae proprietates ipsis tribui non possint, nisi addatur certa calorigi portio, quae hanc liquiditatem progignat. Portio haec quum nullum temperaturae incrementum in ipso producat, manifesto apparere statuit, hanc ipsam calorigi deperditionem ita ad essentiam liquidorum pertinere, ut sine ea plane existere nequeant; quin imo ob eandem rationem ad solam liquiditatem, qua talem, impendi illam colligit; causa enim, inquit, quae in unum effectum plane impenditur, illa alterum simul producere nequit; & proinde fieri non potest ut eadem calorigi portio, quae ad transformationem solidi in liquidum requiritur, simul quoque ejus temperaturam augeat.

Ex quibus omnibus hanc conclusionem elicit: ignem illum additum, qui ex glacie aquam produxit, combinatione quadam chemica cum particulis transformati corporis sese jungere, & eo ipso, dum hanc transformationem status operatur, calorem impertiendo cessare, dum unice liquiditatem constituat; eodem modo, quo certa requiritur ipsius portio, ut ex liquido fluidum aëriforme evadat, cujus itidem thermometrum nullam notam exhibet.

Totum hoc ratiocinium, quod ignis illa portio ad essentiam liquidorum constituendam adhibeatur, solo fundamento non mutatae capacitatis nititur, & eatenus omni parte absolutum est. Quum vero sic tota de aucta capacitate doctrina

na

(1) *Idées sur la meteorol.*, p. 198. seqq.

na everteretur, videamus nos, an exposita nunc utraque hypothesi, quodammodo hae combinari possint, & sic media quaedam elici, quae tum & capacitatis incrementum, tum & chemicam ignis combinationem fieri statuatur. Et primo quidem per se patet, ubi effectus sit, ibi causam esse, ac proinde ad transformationem status constituendam, debere aliquam ignis combinationem chemicam cum particulis solidi assumi, quae illam efficiat; sed inde non probatur, omnem hanc caloricam portionem requiri, ut hunc effectum producat.

Quidni cum exorta liquiditate simul conjuncta esse potest aucta capacitas, quae consequentia sit illius? nonne hoc ipsum ideo magis arridere debet, quoniam nunc simul aliorum ea de re experimentis fides habetur?

Rem proinde sic explicamus; partem communicati caloricam ad transformationem solidi in liquidum impendi, & propter chemicam cum hujus particulis combinationem nullum alium effectum praebere; partem autem, quae ad producendam liquiditatem non fuerat necessaria, propter auctam capacitatem absorberi.

Admisso enim semel capacitatis incremento, per se patet, non posse omnem ignem combinationem chemicam subire; quod si fieret, temperatura post mixturam minor esse deberet 32°. gradibus; aucta enim capacitate, nec aucta tamen ignis, qui in thermometrum agat, portione, minorem fieri debere ipsam ex antea dictis patet; eaque diminutio in nostro casu satis sensibilis foret, quum incrementum capacitatis uti 10 ad 9 esse statuatur.

Hinc, si secundum hanc sententiam accurate loqui velimus, dicere non possumus, omnes illos caloricam additi gradus nullum in thermometro producere effectum, quem revera satis magnum esse apparet. Multo minus ii, qui solam capacitatem hic invocant, uti BLACK aliique, ignem latentem vocare jure poterunt, cujus pars in thermometro adeo sensibiles effectus producit.

§. II.

An liquidis natura competat motus particularum intesinus nec, ne?

Vidimus § praeced. tum de causa liquiditatis, tum de modo, quo causa ista hanc producat.

De eo itaque nullum superest dubium, liquiditatis rationem in praesentia determinatae portionis calorigi (id est, uti quondam loquebantur, calorigi) esse quaerendam; verum alia, eaque satis memoratu digna inter Physicos saepe agitari solet lis, an non cum hoc corporis cujusdam statu, conjuncta sit conditio, qua carere nequeat, quaeque, ut ita dicam, adeo ad ipsius naturam pertineat, ut ab ipsa divelli nullo modo possit?

Quum recentioribus etiam temporibus quaestio haec denuo a multis recocta sit, non injucundum fore puto, si eam hoc loco paulo accuratius inquiremus, praesertim quoniam cum liquiditate, de qua hoc sectione agimus, tam arcto vinculo sit connexa. Innuo nempe motum particularum perpetuum, a quibusdam adeo jactatum.

Transeamus statim ad rem ipsam, deposito omni praesudiciorum jugo, eam perferutantes, & quatenam ex aliorum de ea opinionibus nobis probabilior videatur, profitentes.

Speciosissima sane ab utriusque sententiae defensoribus afferuntur argumenta, ex quibus singuli pro sententia sua, rectas elicere sibi videntur conclusiones; sique in his praesudicium auctoritatis quid valeret, utri assentire, dubium forem, nec sententiam aliquam amplecti possem.

Etenim sunt permulti, qui principio motus gaudere statuunt aquae particulas, quumque sine hoc multa phaenomena ipsis nullo modo idonee explicari posse videantur, ad naturam liquidorum eum pertinere putant; alii aliter sentientibus & quidem in diversas plane opiniones abeunt optimae ambo notae viri, MAIRANUS, & MUSSCHENBROEKIUS, illo, tanquam BOERHAVII hac in re

acerrimo antistite, motum intestinum fluidorum fortiter affirmante, hoc omnino negante. Quae ad sententiam suam adstruendam afferunt BOERHAVIANI, huc praesertim redeunt.

1°. Quod, nisi motus partium intestinalis adesset, nullo modo fieri posset, ut solutio metallorum a liquidis rite explicaretur.

2°. Quod nulla etiam idonea dari posset ratio, tum commixtionis liquidorum inter se, tum effervescentiae interdum in liquidis ortae, & secutae hinc nonnumquam vasorum, quibus continentur, disruptionis.

3°. Et hoc quidem est maximi momenti, quod sine motu intestino nullo modo rite explicari posset quotidiana illa Naturae operatio, quam evaporationem vocamus.

Caetera quae afferunt minoris sunt vis, quam ut omnia hic inquirere tempus permittat.

Per partes eamus, & primum de dissolutione corporum in liquidis videamus, cum in finem audientes ipsum DE MAIRAN, maximum hujus sententiae patronum, simulque perpendentes, quidnam argumenta ejus probent, quid non?

Motus, inquit, particularum non est visibilis propter partium tenuitatem, at nihilo minus tamen existit (1). Si itaque motus ille existit, certe ex effectibus patere debet.

Porro de his effectibus loquens, dicit: *Inter plures effectus, qui hunc motum probant, praecipuus est dissolutio & corruptio corporum durorum operum liquidorum.* Unicuique dijudicandum relinquo, an hi effectus probent, id de quo lis est.

Quantumvis concederemus, dissolutionem illam sine motu perfici non posse, minime tamen hinc sequeretur, motum illum natura fluidis inesse. Constat enim, simulac corpus fluido immissum fuerit, motum aliquem in hoc excitari,

(1) *Diff. sur la glac, pag. 7.*

citari, & hinc erroneum mihi videtur, asserere, *corpora fluidis injecta illis motum non tribuere posse, quo antea carebant* (1).

Miror equidem MAIRANUM, tam perspicacis ingenii virum, in dubium vocare potuisse, id quod luce meridiana clarius est. Nonne enim corpora fluidis injecta eorum partes separant? nonne eas de loco in locum agunt? nonne eum, quem antea occupabat fluidi pars, locum tenent? At vero noscere cuperem, quomodo quis hoc sine addito motu explicaret. Partium separatio, loci mutatio, omnia haec motum impressum demonstrant.

Remanet quidem aliquod iis subterfugium, dicendo, imprimi quidem motum, sed non novum, eumque tantum, qui inerat, augeri; verum licet cum ipsis statueremus, aliquando illud fieri posse, eodem modo nunc ipsis assertio haec, motum jam antea inesse, probanda incumberet, id quod omnino requireretur, ut firmo quodam pede haec sententia staret. Vidimus autem, illud ex dissolutione corporum nequaquam fieri posse.

Licet autem, propter maximam particularum aquearum mobilitatem putemus, ab immisione solidorum in liquidis, vel affusione liquidorum super solida, motum aliquem produci, minime tamen in ea sumus sententia, dissolutionem sine motu perfici non posse; quin e contrario statuimus, motum ad id nihil prorsus conferre, & si vel nullus progigneretur, nihilominus tamen eodem modo dissolutionem processuram.

Scilicet rem ab *attractione* chemica, quae *compositionis* vocatur, repetimus.

Nimirum quando solidum liquido cuidam immittitur, unum ex hisce tribus, fiat

(1) Ibidem pag. 8.

(†) *Attractio chemica* differt ab *attractione physica* in eo, quod haec circa massam ipsam, illa vero circa minimas quascumque corporum particulas integrantes obtineat.

Attractio sive affinitas compositionis vocatur ea, qua fit, ut particulae integrantes corporum heterogeneorum sese combinare tendant.

Attractio aggregationis est ea, qua fit, ut particulae ejusdem corporis contineantur.

fiat oportet; vel ut attractio aggregationis, & compositionis sibi sint aequales, vel ut illa hanc, vel ut haec illam superet. Si alterum ex prioribus duobus obtinet, nulla hinc oriatur mutatio; sin vero tertium illud, puta, ut attractio, quae inter particulas integrantes diversorum corporum obtinet, major sit, quam qua partes alterutrius continentur, oritur mox dissolutio, & mixtum quoddam constituitur. Haec autem vis dissolvens non unice a parte liquidi procedit; minime vero, nam, uti recte observavit FOURCROY (1), aequalis actio utriusque corporis in dissolutione requiritur, neque sola attractio compositionis molecularum liquidi in molecularum solidi hujus aggregationem destrueret, nisi item solidi molecularum attractionem compositionis in molecularum liquidi exercerent. Obijcunt contrariae sententiae fautores, etiamsi attractio chemica in auxilium vocetur, nihilominus tamen motum liquidi admitti debere, sine qua concipi non posset, quomodo particulae solidi & liquidi remotiores in se agere queant. Respondeo hic, me non negare, existere nunc jam motum; sed hic ipsi immiissioni debetur, & imprimis attractioni inter particulas proximas, quam ipsi agnoscunt, & qua, ut opinor fit, ut particulae remotiores propius accedant, postquam inter proximas combinatio perfecta fuerit: immisso enim solido, separantur fluidi partes, & ad utrumque latus pelluntur, ita ut, nisi iis inesset corpus aliquod, ad priorem situm relaberentur. Quum itaque hic visus omnibus liquidi molecularibus ab utraque parte prementibus insit, quid mirum est, si, postquam viciniorese sese cum solidi molecularibus commiscuerunt, remotiores eorum locum occupare tendant. Hoc itaque concedimus, non sine motu fieri, ut particulae remotiores ad se accedant, ipsam autem dissolutionem sine motu oriri posse putamus, & hoc ex ipsis MAIRANI (2) verbis concludimus: dum enim dicit, attractionem solam non sufficere ad actionem remotiorum particularum inter se explicandam, tacite mihi videtur agnoscere, ab attractio-

ne

(1) *Elements d'Histoire Naturelle & de Chimie* T. 1. pag. 63.

(2) *Loco antea citato.*

ne inter particulas proximas nullum pro sententia sua argumentum repeti posse.

Quod attinet ad alterum, nempe commixtionem liquorum inter se, itidem haec ex attractionibus chemicis eodem fere modo explicatur, ideoque non est,

quod hic de ea pluribus agamus. Quoad effervescentiam quae interdum obtinet, hanc certe non sine motu perfici, concedimus, verum id motum ante commixtionem jam existentem minime demonstrat.

Nec firmius argumentum reperitur ab eo, quod lagenae, vino aliove liquore repletae, interdum maximo cum impetu frangantur; hujus enim rei ratio est aëris fixi copia, quae continuo evolare tentans, hunc motum in liquoribus istis retinet.

Quibus omnibus rite perpensis, non intelligo, quomodo tum ex corporum solidorum in liquidis dissolutione, tum ex liquorum inter se commixtione, ad motum in his jam praeexistentem argumentari possint plerique Physici; at dicam, quod res est:

multi firmius sibi praesidium reperire videntur in evaporatione. Hoc quidem majoris roboris esse fateor, & ad illud indagandum nunc transeo.

Evaporatio quid sit, neminem ignorare puto, causas ejus diversi diversimode tradiderunt. Inter omnes vero quae hac de re exstant opiniones, ea nobis maxime arridet, qua statuitur, fieri aquae veram dissolutionem chemicam in aëre, ita ut hunc quasi pro menstruo habeamus. Quidquid sit, evaporationem fieri copiosam, praesertim in liquidis, constat.

Hanc vero duplici modo ad firmandam suam de motu intestino opinionem, adhibent BOERHAVII & MAIRANI sectatores.

1^o. Uti fit in aëre atmosphaerico.

2^o. Uti In vacuo procedit.

Quoad prius, sic ratiocinantur: si evaporationis quantitas, prouti in diversis liquidis observari licuit, in uno multo plus excedat eam, quae in altero obtinet, quam fieri deberet secundum regulam, quam tradunt: evaporationem in liquidis, aequalem superficiem habentibus, esse *in ratione composita ex directa fluiditatum, & inversa gravitatum specificarum*; debet sine dubio alia adesse causa, quae evaporationem in uno, adeo prae ea quae in altero fiat, acceleret. Quod

ad regulam hanc attinet, negare nequeo, & ipse puto, tum & minorem gravitatem specificam, tum & majorem fluiditatem multum ad evaporationem facere, sed plane etiam cum ipsis credo, aliam praeterea adesse causam, quae huc suas partes conferat.

Ad probandam autem assumptionem suam invocant experimenta a MAIRANO (1) capta, quae plenius apud ipsum leguntur & eos qui praeterea hac de re egerunt (2), quibus patuit, evaporationem spiritus vini fuisse ad eam aquae, uti 8 ad 1; dum tantum secundum regulam traditam uti 5 ad 1 esse debuisset.

Porro inquirentes, quaenam itaque sit hujus differentiae causa, nullam aliam sibi probabiliorum reperiunt quam motum intestinum perpetuum particularum liquidorum, adeoque nunc statuunt, evaporationem esse *in ratione composita ex directa fluiditatum, directa motuum intestinorum, & inversa gravitatum specificarum.*

Longe a me absit, ut in dubium vocare velim, an experimenta illa omni, qua oportet, cura instituta fuerint: sed non video, quomodo hinc rite procedat argumentatio, ad probandum motum particularum perpetuum.

Quid magis gratuito est assumtum, & quod nullo alio, nisi imaginario fundamento nititur? Quin & quantumvis concederem, dari revera motum illum intestinum, etiam mihi non apparet, quomodo hic ad copiosorem evaporationem quid facere posset.

Quidni potius causa hic assumitur, cujus existentia certo constat? Quidni aëris, quem aquae menstruum esse novimus, actio potius hic invocatur? Sic res multo facilius atque probaliori modo explicari poterit. Scilicet, uti nec omnia solida aequaliter ab aqua, ita nec omne liquidum aequaliter ab aëre, tanquam menstruo solvi potest; sed uti citior & perfectior solutio in liquidis a majori minorive eorum affinitate cum particulis corporis, quod solvi debet, dependet, ita

&

(1) *Diff. sur la glace.* pag. 11--13.

(2) Vid. *Propositiones philosophicae inaugurales amicissimi RENDORF Prop. I.* pag. 4--6., a quo tamen in hac quaestione dissentire cogor.

& citior ac copiosior liquidorum ab aëre solutio, majori minorive hujus affinitati cum ipforum particulis debetur: quo major haec est, eo citius actionem suam exercet, ac proinde evaporationem accelerat. Quum itaque de ipsa aëris cum particulis liquidorum affinitate constet, nihil mihi absurdi videretur statuere, eum multo majorem habere affinitatem cum particulis spiritus vini quam cum particulis aquae, & sic forte majorem iterum cum his, quam cum particulis alius liquoris. Quum autem ab hac affinitate partim dependeat evaporatio, nunc forte patet, cur spiritus vini evaporatio longe excefferit eam, quae propter solam majorem fluiditatem & minorem gravitatem specificam obtinere debuisset. Haec certe explicatio si forte non omnibus numeris absoluta sit, saltem non gratuita nititur assumptione, sed ex principiis chemicis est desumpta.

Tandem objiciunt, & maxime urgent motus intestini defensores, in vacuo etiam fieri evaporationem. Si hic intelligant evaporationem, uti solito more procedit, rem omnino negamus; si vero vaporem illum elasticum aëriformem, qui sub campana machinae pneumaticae oritur, innuant, iterum hic quaero, undenam sic motus intestinalis probetur? Optime enim sine eo, modus quo vapor ille oriatur, explicari potest. Scilicet vidimus praeced. §, liquiditatis statum unice debere pressioni aëris atmosphaerici, qua sublata, liquida in fluidum aëriforme converterentur. Jam vero in vacuo pressio illa tollitur, atque proinde nunc nihil amplius superest, nisi ut pars aquae saltem, in vaporem elasticum aëriformem convertatur, quod & revera obtinere patet experimentis a LAVOISIERIO cum diversis liquidis, inter quae & aqua, institutis (1).

Porro ut vapor ille elasticus subsistere possit, jungit se ii certa calorigi portio, cujus chemica combinatio nunc facit, ut omnino deperdatur quoad thermometerum invacuo appositum, quod mox descendere incipit. Sic nullo modo motu intestino, etiam ad ita dictam evaporationem in vacuo demonstrandam, indigemus.

Ex-

(1) *Traité élémentaire de Chimie*. T. 1. pag. 8--16.

Expositis itaque & exploratis praecipuis argumentis, quae pro motu fluidorum intestino afferri solent, & , ut puto, probato, minime requiri motum hunc, ut ea rite explicemus, superest, ut etiam argumentum quoddam pro nostra sententia afferamus; oppugnare enim alterius opiniones facilius est, quam suas ipsius probare. At praeterquam quod hic tantum probare animus fuit, motum illum intestinum admodum gratuito assumi; ex ipsa etiam objectionum solutione argumenta pro nostra sententia peti possunt; & , ut verbo defungar, liceat instar omnium allegare MUSSCHENBROEKIUM (1), ex cujus observationibus unicam hanc memorasse sufficiat, quod in oleo raparum aliisque multis liquoribus, ope laudatissimorum microscopiorum experimenta instituerit, at ne minimum quidem motum inter particulas eorum detegere potuerit; sed videamus quid huic observationi respondeant adversarii?

Dicunt motum fieri inter tam tenues particulas, ut conspici nequeat. Vim hujus responsionis non aggredior, sed unicuique, quam parva sit, dijudicandum relinquo. Eandem etiam opinionem fovet L. EULERUS (2), cujus haec fere sunt verba: *A calore in fluidis certum quemdam motum intestinum generari, a Naturae scrutatoribus satis probabili ratione ostendi solet; cum autem hic motus in minimis tantum elementis subsistat, neque in universa fluidi massa cernatur, ejus ratio in theoria motus neququam habetur, sed fluida omni motu in sensus incurrente destituta, in aequilibrio versari censentur, etiamsi minimae particulae, quibus sunt composita, motu quocumque inter se agitentur.*

Noscere cuperem, unde sciret talem motum inter aquae elementa minima subsistere, nam ab experimentis illud non probari ostendimus. Praeterea omnibus legibus hydrostaticis repugnaret motus ille fluidorum perpetuus; constat enim, particulas aqueas aequaliter inter se attrahi, & undequaque aequaliter premi, unde

me-

(1) *Introd. ad Philos. natur.* §. 1238 seq.

(2) *Comm. Petrop. nova*, T. XI. p. 232.

merito eas ex iis quae antea tradit, aliquando quiescere debere concludit s' GRAVESANDIUS (1) dum dicit: *Ex hisce sequitur, fluidorum particulas singulas ab omni parte aequaliter premi & ideo quiescere, illasque non continuo inter se moveri, ut a multis statuitur; si in quibusdam occasionebus talis motus de- tus, hic peculiari causae tribuendus erit.*

Summam particularum aquearum mobilitatem non est quod oppugnemus, at minime putamus, eum adeo ad naturam liquiditatis pertinere, ut cessante illo, corpora in solida abeant, id quod necessaria foret sequela; sed tamdiu hunc motum perpetuum liquidis competere negamus, donec ulterioribus iisque certioribus argumentis de eo confiterit.

S E C T I O A L T E R A.

DE CAUSA SOLIDITATIS, SIVE IPSIUS CONGELATIONIS.

§. I.

Congelatio unice debetur diminutioni calorigi, & speciatim liberationi ignis absorpti, qui ad statum liquiditatis est necessarius.

Sectione priori operam dedi, ut liquiditatis causam aliquanto plenius exponerem, & in eo paullo diutius sum versatus, eo consilio, ut nunc mutationem aquae in glaciem, quae nihil aliud est, nisi inverfa ratio ejus de qua antea egi, explicituro, melius ea de re constaret & appareret, praeter ignis diminutionem & liberationem nihil aliud requiri ad hancce theoriam exponendam. Eodem nempe modo, quo certam ignis copiam ad statum liquiditatis producendum requiri vidimus, ita jam pronò quasi alveo sequi videtur, hac sublata, ac proinde vi repulsiva non amplius attractivam superante, partes corporis iterum sibi propio-

(1) *Elem. Phys. mathem. Lib. 3. C. 1. §. 1421.*

res evadere, idque ex liquido iterum solidum fieri debere, quippe quod sublata causa, quae immediate effectum quemdam producit, necessario hinc quoque tolli debet. Jam autem vidimus causam liquiditatis in praesentia determinatae caloricæ portionis sitam esse, idque experimentis constare probavimus: si nunc aliis iterum experimentis constet, aquam ubi ad 32° . pervenit, simulac liberari possit caloricum, quod antea additum fuerat, in glaciem converti, non video quid amplius dubii superesse possit, congelationis causam non alio fundamento quam ignis certae quantitatis liberatione niti.

Ut vero in aperto sit positum, phaenomenon illud, quod in exorta liquiditate obtinere diximus, nunc inverso ordine reproduci, & revera omnes illos caloricæ absorpti gradus iterum liberari, sequens instituat experimentum, quod, ut puto simplicissimum est, & rem plane absolvit. Habet illud CRAWFORD in opere suo (1).

Sumatur aqua temperaturam habens 32° , quae affundatur aequali glaciei portioni, sed temperaturam habenti 4° , id est, 28° infra punctum congelationis. Tunc $\frac{1}{2}$ aquae brevi consolidescet; & temperatura glaciei erit 32° ; ex quibus patet, aquae portionem quae erat $\frac{1}{2}$ totius, 28° caloricæ amisisse, quae quum itidem sint $\frac{1}{2}$ totius caloricæ absorpti, certo certius concluditur, si glacies ad temperaturam perducatur 140° infra punctum congelationis, integrae massae aquae congelationem subsequaturam; atque tunc etiam totam caloricæ portionem a liquido absorptam, liberatum iri.

Reperitur tale experimentum in Annalibus chemicis (2); an vero illud revera institutum fuerit, an tantum ad rem illustrandam afferatur, non patet. Sufficiat nobis demonstrasse, revera eandem portionem quam liquidum absorbet, quando in glaciem mutatur, iterum liberari. De hoc itaque quum constet, nunc, ut res melius & clarius intelligatur, in isto experimento manebimus, illud exempli causa adhibentes, & summatim hic interferentes.

Su-

(1) *Loco laud.* 1. pag. 57. seq.

(2) *Annales de Chimie* T. III. p. 171.

Sumatur nempe pondus aquae temperaturam habentis 32° ; affundatur hoc glaciei massae ejusdem quantitatis, sed cujus temperatura est 108° infra 0, id est, 140° infra punctum congelationis; tum is erit effectus ut tota utriusque substantiae consolidescat, ejusque temperatura 32° . evadat.

Res proinde sic explicatur: id quod glacies erat, 140° augetur, qui omnes calorigi gradus peri non possunt, nisi ab aqua affusa, cujus portio, quam continet ignis *latentis*, (utor hoc termino commoditatis causa) libera facta, se cum glacie jungit & hujus temperaturam auget; atque ipsa aqua nunc eo, quod liquiditatem constituebat, privata, in glaciem mutatur. At, si quis forte memor sit ejus, quod in priori sectione dixi, me non esse eum, qui putem, omnes illos calorigi gradus chemica combinatione cum particulis liquidorum jungi, sed quosdam ab aucta capacitate absorberi; illi apparere posset, me mihi ipsi non esse consentaneum, qui nunc tacite assumere videar, omnes ad liquiditatem, qua talem, impensos fuisse, dum ipsorum liberationi congelationis causam assignem. Hinc verba ulteriori expositione indigent, quae cum antea dictis congruat.

Tota ignis portio quae in liquefactione absorbetur 140° aequalis est. Horum pars combinationem chemicam subit, pars non; sed ab aucta capacitate absorbetur. Priores illi, propter contiguitatem glaciei liberi facti, separantur, & cum hujus temperatura minor sit, ob aequilibrum nisum huic se jungunt.

Mox tota massa in glaciem convertitur; verum eodem, quo hoc fit, momento minuitur capacitas; &, quia nunc non amplius tanta calorigi requiritur portio, ut temperatura congelationis remaneat, necesse est, ut qui adhuc superfiat gradus, in glaciem transeant, donec in tota massa aequalis eaque 32° reddita sit temperatura.

Exemplo res illustretur: sit temperatura glaciei, uti vidimus, 140° infra punctum congelationis: aquae autem sit 32° , seu puncto congelationis aequalis. Jam ex illis 140° , de quorum deperditione vidimus, assumamus ex gr. 40° chemice combinari & liquiditatem solam constituere; reliquos autem 100° ab aucta capacitate absorberi; si nunc & aqua haec, & glacies ista in conta-

etum veniant, tum 40° illi liberantur, & ob aequilibrum nivum glaciem se jungunt, cujus proinde temperaturam ita augent, ut nunc tantum 100° infra punctum congelationis remaneat, & iisdem minor sit, quam quibus aqua gaudet. Liberata ac separata nunc ea ignis portione, quae ad liquiditatis essentiam pertinebat, nihil amplius obstat, quominus aqua in glaciem convertatur.

Nisi jam aqua, uti antea incrementum nacta fuerat, ita nunc decrementum capacitatis pateretur, tunc de reliquis illis 100° hic nullum dubium foret, at quum capacitas ista simul diminuatur, de his quid fiat videndum est.

Scilicet aqua glaciem superfusa licet interdum satis subito, non tamen uno instanti, sed sensim five per partes ipsa quoque consolidescit; quamobrem & eadem ratione capacitas minor fiat necesse est. Si nunc statuamus, simul cum decremento isto, gradus hos superfluites addi glaciem jam exstanti, cujus temperatura adhuc 100° infra punctum congelationis versatur, tunc tandem, postquam tota massa in glaciem abierit, temperatura in hac ubique eadem erit, & 32° seu puncto congelationis aequalis.

Neque sententiam nostram ferit, quod sic exitus hujus portiois caloricæ, sequela foret formationis glaciem, cum potius haec illius effectus esse deberet. Quemadmodum enim introitus certae ignis portiois non causa, sed sequela fuit liquiditatis, a majori capacitate oriunda, ita & nunc exitus ejusdem necessario pro sequela congelationis a diminuta capacitate proficiscente habetur.

Alia esset ratio, si illius caloricæ, quod chemicæ modo combinatur, liberationem pro consequentia congelationis haberemus; uti enim hoc ad essentiam liquiditatis pertinet, ita neque haec mutari poterit, nisi antea istud plane separatum fuerit.

Modum itaque quo procedit congelatio sic concipimus. Quando in aëre atmosphaerico, quocumque modo hoc fiat (†), ignis adeo diminuitur, ut

(†) Non enim hic inquiri modos diversos, quibus in aëre frigus produci possit. Hoc dissertationis limites excederet. Sed de eo tantum ago, an postquam frigus illud satis

thermometrum sensim descendere incipiat, eadem etiam ratione, aqua cum ambientibus corporibus temperaturae aequilibrium affectans frigescere incipit donec ad 32° thermometrum descenderit. Nunc aqua ad glaciei statum assumendum apta est; verum ignis copia quae exiit hucusque sola haec producere nequit, sed praeterea aliud quid requiritur, non extrinsecus allatum sed in ipso liquido quaerendum. Scilicet diximus, determinatam ignis portionem ad statum liquiditatis necessariam fuisse, quae cum liquidi particulis chemicò modo combinata sit; haec nunc iterum libera fiat oportet, sine quo congelatio procedere nequit.

Ordinario liberatio ista fieri solet, ubi aqua ad 32° scalae Fahrenheitianae pervenit. Scilicet tunc particulae illae, quae cum liquido chemice erant combinatae, adeoque majorem affinitatem cum liquidi particulis, quam cum ipso calorico in thermometrum agente habebant, eam amittunt, & nunc majorem affinitatem cum hoc calorico acquirunt, quo fit, ut quoniam sic temperatura augetur, in aërem atmosphaericum avolent, donec aqua cum hoc ad aequilibrium pervenerit.

En breviter explicationem modi, quo congelatio procedere solet, quae ut puto, rem in aperto ponit, probatque, nihil aliud praeter ignis liberationem huc requiri, neque de particulis illis congelantibus seu frigorificis, de quibus mox videbimus, ullam esse rationem habendam.

Videbat jam suo tempore **BOERHAVIUS**, soli ignis diminutioni deberi congelationem, sed, salva erga Chemicorum patrem reverentia, longe aberat, ut eo modo res rite explicaretur; & hinc non mirum, quod alii alias post eum amplexi sint opiniones, materiam quamdam congelantem spectantes, de quibus nunc erit videndum.

§. I. I.

intensum fuerit, sola ignis liberatio ad mutandam aquam in glaciem sufficiat? Nemo ignorat, praecipuam frigoris in aëre causam in radiorum solarium obliquitate esse ponendam.

§. I I.

Disquisitio praecipuorum argumentorum, quae pro hypothesi particularum frigidificarum faciunt.

Exposita itaque nostra de congelatione sententia, nunc de altera videndum est, & inquirendum, an ex omnibus illis argumentis, quae contrariae sententiae fautores pro se afferunt, unicum sit, quod aliquo modo opinionem a nobis amplectam evertat, neque ex hac plenissime explicetur.

MUSSCHENBROEKIUM ejus sententiae maximum esse patronum quisque novit, & si vera fatear, non est quod mirer, eum pro suis, quibus vivebat, temporibus, & pro iis, qui tunc in caloris theoria facti erant, progressibus, non potuisse eam, quatenus a BOERHAVIO tradita erat, de congelatione theoriam amplecti, quippe quod ex hac certe nullo modo explicari poterant omnia ea phaenomena, quae ipsum ejusque sectatores in aliam trahebant sententiam, eumque perducebant, ut potius causam reconditam in auxilium vocaret, quam aliam admodum fluxam theoriam assumeret. Hinc origo partium illarum, quas DE LA HIRE & post eum MUSSCHENBROEKIUS aliique aquae se jungere putabant, ut haec in glaciem converteretur, quasque, licet ipsi quoad naturam incognitas faterentur, ab effectu tamen frigidificas nominabant.

At quemadmodum omnis fere generis cognitio, ita & haec, quae de calore agit, maxima ab eo tempore cepit incrementa, quo factum est, ut ad majorem simplicitatem redacta, commodior nunc & plenior de congelationis causa explicatio tradi possit.

Si ipsi ii, qui tantos se huic opinioni adversarios praestiterunt, omnia cognovissent, quae nunc cognoscimus, non dubito, quin multi saltem, rerum causas augere, & quae minime necessariae sunt, assumere non cupissent. Omnia enim quae maxime objiciebant, neque a solo exitu ignis explicari posse arbitrabantur, facilli-

cillime nunc eruantur, quia & quaedam solvi possunt, etiamsi non aliam, quam ipse BOERHAVIUS, de calore cognitionem haberemus.

Omnium validissimum argumentum quod urgent, ab eo repetunt, *quod non semper sub eodem frigoris gradu fiat congelatio.* Maximum sane argumentum, si rem primo oculo inspicias; quod vero diluere conabimur. Invocant autem ad probandam suam assertionem, experimenta plurima a MUSSCHENBROEKIO capta, quae apud ipsum plenius memorantur (1). Huc redeunt verba ipsius. *Licet aqua nonnullis temporibus valde frigeat, non congelatur; tempore quodam calidiori fit glacies; regelat coelo magis frigente, quam congelabat.*

Sigillatim ea examinemus.

1°. *Licet aqua nonnullis temporibus valde frigeat, non congelatur.*

Ante omnia hic animadverto, optimam esse observationem, quam facit doctiss. AENEAE (2); si MUSSCHENBROEKIUS hoc, quoad aquam ipsi aëri atmosphaerico expositam,prehendisset, mirum sibi videri, quod nullum quidem tale experimentum attulerit; ne unicum enim reperitur, quo aqua non fuerit constricta ad 32°, nisi illud spectes, quod cum pluribus diversis vasis instituit, in quorum multis aqua aliquot gradus infra 32° fluida manserit; at in his non omnis aqua erat aëri exposita, sed e contrario ea quae huic exposita erat, accurate ad 32° fiebat glacies. Verum etiamsi illi obtigisset, ut aqua aëri exposita etiam longe infra punctum congelationis frigeret, res tamen hinc nondum confecta fuisset; imò vero multos, post & ante eum, reperi qui illudprehenderint, sed de his postea. Videamus nunc de experimento memorato, a MUSSCHENBROEKIO instituto.

Scilicet plura ejusdem magnitudinis vascula aequali ejusdem generis aquae portione replebat, singulis mercuriali thermometro immerso; alia aëris contactui exponens, alia lamina vitrea, alia metallica obtegens, aliis olea diversorum

(1) *Introd. ad Phil. nat.* §. 1507. seq.

(2) *Diss. Inaug.* p. 13.

rum generum superfundens. Sic, expositis omnibus loco admodum frigido septentrionem spectanti, observavit sequentia.

In vasis apertis ad 32° aqua fuit congelata. Ex quo nunc patet quod dixi, in experimentis a MUSSCHENBROEKIO allatis nullum reperiri, in quo aqua aëri exposita infra punctum congelationis liquida manserit. In aliis omnibus vasis thermometer usque ad 3 vel plures gradus infra punctum congelationis descendit, dum aqua adhuc liquida maneret. Verum quid accidit? Reddito aquae cum aëre contactu, sive hac paululum concussa, utroque in casu glacies orta fuit. Idem experimentum DE MAIRAN (1) alique (2) post eum fecerunt, adeo ut de hoc ipso nullum dubium sit.

Videamus nunc de conclusione, quam ex hoc phaenomeno, tum & ipse MUSSCHENBROEKIUS, tum & ii, qui ejus sententiam amplectuntur, eliciant.

Sic nempe ratiocinantur: si sola ignis diminutio congelationis causa foret, necessario sequeretur, illo sufficienti copia diminuto, aquam in glaciem converti debere; quod autem quum non fiat, a remotione consequentis ad remotionem antecedentis argumentantur, ac proinde solam ignis absentiam non sufficere, sed aliud quid requiri, quod glaciem constituat, concludunt.

Aquam nempe aëri expositam congelatam fuisse dicunt, propterea quod haec liberum introitum particulis frigorificis praebuerit, ac propter eandem rationem congelationem in reliquis vasis non statim processisse statuunt, ideo quod in his introitus particulis frigorificis non ita facile patuerit; simulac vero hae sibi aditum reperire possint, congelationem subsequi statuunt, unde & glacies in vasis orta fuerit, simulatque vel aperta, vel tantillum concussa fuerint. Priori casu, quoniam nihil amplius oberat, quominus particulae hae introitum sibi aperire possent: posteriori, quoniam agitationis ope, fluido, quod poros vasis

(1) *Diff. sur la glace*, pag 214—220.

(2) SIGAUD DE LA FOND. *Elemens de phys.* T. II, p. 491. seq., qui etiam hypothesi MUSSCHENBROEKIANAE maxime favet.

obstruebat, ab his aliquantulum remoto, itidem per poros vasorum sibi aditum aperiunt, & sic aquam in glaciem convertunt.

Ex quibus patet, eos ad congelationem praeter ignis diminutionem requirere accessum particularum quarundam, in aëre volitantium, quasque ab effectu frigorificas vocant. Cujusnam naturae sint hae particulae, non certo definiunt. Ple-rique salinas esse putant; verum sic potius congelationi obesse quam prodesse mihi videntur, uti plenius patebit in sect. seq. Observare hic debeo, gratuitam admodum & imaginariam esse particularum earum congelantium hypothesin, & hujus fautores cum illis omnino pro lubito suo agere; dicunt enim, eas esse admodum subtiles & tenues, & tamen ipsis denegant facultatem, quominus ab initio tum & olei tegumentum, tum & vasorum poros penetrare potuerint; at, quoniam earum naturam ipsi non satis compertam esse dicunt, etiam hoc concedi posset.

Et, ut vera dicam, fateor pro istorum temporum conditione, hanc hypothesin, quantumvis gratuito sit assumta, magis mihi placituram fuisse, quam qua soli ignis diminutioni congelatio adscribebatur; illa enim nullum contra se directum habet experimentum, haec omnino; de quo nunc paucis agemus. Scilicet, quod ajunt BOERHAVIANI, & in quo etiam dissentire cogor a doctiss. AENEAE (1), eodem modo, quo apertis vel concussis paululum vasis, particulis frigorificis introitus adscribitur, eodem etiam exitui ignis rem tribui posse, illud omnino admitti nequit. Aqua enim quae 4° infra punctum congelationis frigida erat, jam sufficientem ignis gradum amiserat, ut congelationi apta esset, vel non. Priori casu nulla ratio adesset, cur non in glaciem abierit, nisi aliud quid addendum foret praeter diminutionem ignis. Posteriori casu, quaeritur unde itaque fiat, ut thermometer in aqua positum ita descendat, si adhuc adsit ignis copia, quae congelationem retardet & quae exire prohibeatur. De hoc nulla idonea ratio dari potest, nisi statuere velimus, hanc ignis portionem, quae adhuc

(1) *Loco laud.* p. 16.

abeat, necesse sit, nullum in thermometro effectum praebere; verum hanc ipsius mentem esse non potuisse patet, si recordemur, tunc temporis de calore latente aquae nullum adhuc vestigium deprehensum fuisse; alioquin longe alia foret ratio, uti deinde patebit. Quum itaque multum absit, ut eodem modo quo particulae frigoris intrare dicuntur, eodem etiam ignis adhuc superstes & congelationem prohibens exire dici possit; videamus quomodo alii explicaverint, qui fieri possit, ut vel concussione ope, vel reddito aquae cum aëre contactu, congelatio oriatur. Et primo quidem de concussione. Omnes fere in eo conveniunt, ut exitum ignis adhuc in aqua superstitis pro causa habuerint, cur nunc procedere possit congelatio, qui exitus motu quodam tremulo liquori addito effiebat; verum repeto hic, quod jam dixi, liceat ipsos rogare, quidnam itaque de iis gradibus ignis, quorum exitum, congelationi necessarium fuisse dicunt, in aqua factum fuerit, quum nullum in thermometro exhibuerint effectum? Ex quibus colligo, totam illam theoriam qua statuebatur, congelationem unice diminutioni ignis deberi, admodum fluxam & caducam, ne dicam pro istorum temporum cognitione plane falsam fuisse, sed demum ab aliquot abhinc annis in clariori luce positam esse, ex quo de absorptione certae ignis quantitatis a liquidis constat, sive illam ab aucta capacitate, sive a chemica combinatione cum particulis liquidi, sive ab utroque deducas. Si proinde hodie eadem fere methodo ad explicandam rem utimur, admodum clara erit, & fere per se patebit explicatio.

Aliam viam ad hoc phaenomenon explicandum ingressi sunt alii; illudque adscripserunt non diminutioni, sed additioni cuiusdam ignis copiae, cujus ope etiam fieret, ut thermometrum ipso congelationis momento ascenderet; verum haec opinio, salva erga eos qui ipsam amplexi sunt, reverentia, merito inter absurdas reprehendi debet. Praeterea etiam ista explicatio tunc tantum obtinere posset, quando vas manu ipsa vel simili modo, quo calor aquae communicari possit, concutimus; adeoque sic tantum ageretur de eo casu, quo concussione ope, non vero, quo reddito cum aëre contactu congelatio procedat.

Deinde etiam difficile esset intellectu, quomodo calor ille tam subito per integram massam distribui posset.

Tandem etiam non video, quomodo fieri queat, ut nova ignis additio producat id, quod proprie ab ipsius diminutione oriri debet. Sic multo majori jure particularum congelantium hypothesis assumeretur.

Aliam viam ingressus est ERXLEBEN (1), qui traditas ante eum explanationes rem non evincere probe noverat. Hic soli concussioni, ac proinde motui in aqua orto causam congelationis aquae attribuit. Dicit nempe, aquam jam esse valde frigidam, sed nondum ita frigidam, ut corpus solidum efficiat.

Videtur mihi vir clar., quem caeteroquin maxime veneror, hanc rem non majori, quam alii ante eum felicitate explicuisse. Vel enim ipsum plane non intelligo, vel concipere nequeo, quomodo asserere possit; aquam, quae jam longe infra punctum congelationis frigebat, nondum tamen ita friguisse, ut congelatio fieri potuerit. Hoc omnino contradictorium apparet; nisi totam de puncto congelationis theoriam evertamus, ac statuere velimus, nunc sub hoc, nunc sub illo gradu glaciem oriri. Videtur itaque hac in re in idem incidisse vitium, quo ante eum alii plures laboraverant, dicentes nondum sufficientem ignis copiam abiisse.

Ex eo, quod sufficientem frigoris gradum nondum adesse putat, concludit porro spatium, quod aqua occupat nondum ita diminutum esse ut particulae aquae strictius sibi cohaerere possint. De hac re alia est ratio, uti & de modo quo cohaesionem istam deinde produci statuit, dicens, concussionem aliquam impressam particulas magis ad se invicem compellere, quo facto sese quasi arripiant, sibi que adhaereant, & tota massa in glaciem abeat. Concussionem quidem impressam phaenomeni nostri causam esse, non est quod negemus, at non putamus, concussionem istam solam explicare aquae in glaciem conversionem, neque video, nisi aliud quid adsit, quod hujus concussionis ope efficiatur, ipsam posse solam operari, ut particulae aquae strictius inter se cohaereant, sed e contrario ipsam

(1.) *Physicalisch-Chemische Abhandlungen* 1ster Band p. 334. seq.

ipsam, per se spectatam potius facere ut a se recedant, quam ut ad se invicem compellantur; ubi enim adest motus, ibi necessario simul adfit oportet conatus particularum a se invicem recedendi. Quum itaque haec etiam opinio rem, ut puto, non absolvat, repeto hic, si solummodo BOERHAVII methodo ignem congelationem producere statuas, nullo modo hanc hypothesin assumi posse, sed summo jure de ea dubitasse MUSSCHENBROEKIUM, quem proinde in *particularum frigorificarum* opinionem incidisse, non est quod miremur, quum haec saltem nullum directum argumentum contra se habeat. Verum nunc, quum perspecta magis sit caloris theoria, ex sola ignis diminutione, qui simplicissimus & Naturae convenientissimus modus est, explicari poterit. Videamus itaque de explicatione ipsa, ab igne quem absorbet aqua ut liquida sit, petita.

Memores hic sumus, ejus quod antea diximus, requiri certam ignis seu caloricæ portionem, cujus praesentia liquiditatem constituat, eamque partim chemica combinatione cum moleculis liquidi conjunctam esse, neque ullum in thermometro effectum sensibilem producere. Res proinde sic se habet. Aqua plures gradus sub puncto congelationis frigida esse potest, & tamen fluida manere, licet ignis sensibilis, quae in thermometrum agat, portio magis diminuta sit, quam ad congelationem necessarium fuerat. Ut enim effectus hic obtineat, aliud praeterea requiritur, sine quo soliditas nullo modo existere posset; scilicet ignis latens aquae itidem liberetur & exeat necesse est, quae liberatio unde oriatur §. praeced. vidimus; quum enim hujus ignis praesentia, & chemica combinatio liquiditatem constituat, intelligitur hancce subsistere debere, quamdiu ille non possit liberari. Licet quidem plerumque & regulariter haec liberatio procedere soleat, simulac ignis sensibilis ad 32° diminutus sit, possunt tamen adesse, quae hujus liberationem impediunt. Licet forte nobis non cogniti sint omnes liberandi eum modi, praecipuum tamen esse constat, aliquam concussionem aquae impressam, qua fit, ut liberato, qui ad essentiam liquiditatis pertinebat, igne, particulae aquae antea adhuc laxè cohaerentes, nunc strictius cohaereant, & in corpus solidum mutantur.

Haec

Haec itaque liberatio obtineat necesse est, sine qua solus motus nullum effectum praerbet. Neque tamen concussio ista semper hanc liberationem producere solet; fuerunt enim, qui idem fecerunt experimentum, nec quibus ullo modo succedere potuit congelatio. Sic narrat WALKER *in experimentis suis de frigore artificiali* (1), se saepe aquam habuisse aëre vacuum, & 2 vel plures gradus sub puncto congelationis frigentem, quam neque agitando neque concutiendo ullo modo in glaciem convertere potuerit, donec tandem eo pervenerit, fundum & parietes vasis, quo aqua continebatur, fricando, quo facto intra breve tempus multa filamenta glacialia oriebantur.

Idem BLAGDEN (2), qui de industria experimenta instituit, ut nosceret, quousque frigus in aqua interdum progredi posset, antequam in glaciem abiret, reperit etiam, interdum concussionem aliquanto fortiolem minime effecisse id, quod aliis modis obtinuit. Sic plumae & imprimis cerae Hispanicae ope, fundum & parietes internos vasis fricando, multo facilius eo pervenit, ut glacies oriretur, quam si solam concussionem adhiberet. Suspiciatur hinc, motum aliquem tremulum, qui imprimis in singulas aliquot aquae moleculas agit, aptiorem esse congelationi producendae, quam concussionem toti massae impressam.

Valde mihi arridet ea opinio quam fovet BLAGDEN; facile enim concipere possum, ignem illum, cujus chemica combinatio cum particulis aquae integrantibus liquiditatem constituit, minori negotio liberari, si paucis moleculis motus tremulus injungatur, qui propter summam partium aquearum mobilitatem aliis brevi se communicet, quam si integrae massae motus validior imprimatur; nunc enim interdum fieri potest, ut tota massa agitetur, & particulae singulae respectu singularum quiescant (†).

Ab-

(1) *Philosoph. Transf. ann. 1788.*

(2) *Ibidem eod. ann.*

(†) Et hoc etiam aliquantum mihi confirmare videtur id, quod antea dixi, motum ipsum, qua talem, non conferre posse ut aquae moleculae ad se invicem accedant, sed potius eas repulsurum, nisi simul aliud quid, puta calorigi liberatio, efficeretur.

Abfurdi certe nihil in hac opinione adesse videtur. Aliter tamen sensit DE MAIRAN qui proximam causam esse dicit motum massae, nec aliter potuit, quum particulis integrantibus motum perpetuum adscripserit.

Vidimus jam de iis, quae ad concussionem spectant; superest, ut pauca nunc addamus, quomodo itaque fiat, ut quando contactus cum aëre atmosphaerico restituitur, in aqua adhuc fluida infra punctum congelationis, glacies oriatur. Certe solum aëris atmosphaerici contactum hunc in finem non sufficere, patet exinde, quod quae ab initio huic exposita sit, itidem saepe nullam glaciei notam exhibeat. Solus itaque motus, quatenus caloricum liberat, hic iterum invocari debet; qui antea tum in vasis oleo obductis, tum & alio modo obtectis sistebatur; & nunc, reddito contactu cum aëre atmosphaerico, propter subitanam aëris ingressione, aliquantulum restauretur necesse est. Neque mirum videatur, in vasis oleo obductis aëris agitationem supra oleum nullam in liquido concussionem progignere, nam praeterquam quod jam dixi, neque tum semper, quando aqua cum aëre in contactu est, motum hunc qui requiritur, adesse, etiam hic addo, etiam si is semper tunc progigneretur, solam tamen olei obductionem in nostro casu sufficere ad prohibendum, quominus ulla ab aëris oscillatione concussio in aqua oriatur; quum enim oleum laevissimum esse constet, intelligitur ventum super illud facillime, neque ullo addito motu, transferri.

Antequam ulterius pergam, & de hisce ex tentaminibus agendo desinam, liceat paucis hic addere rationem, cur fiat, ut aqua, quae infra punctum congelationis friguerat, in glaciem abeunte, eo ipso fere momento Mercurius in thermometro usque ad punctum congelationis ascendat. Explicatio admodum facilis est, & fere per se patet. Simulac nempe ignis absorpti portio liberatur, effectum iterum in thermomerrum producere incipit; haec autem liberatio quum in casu de quo agimus obtineat, mirum non est, ascendere thermometrum, donec ad punctum congelationis pervenerit. Si ignis liberati portio major sit, quam quae hunc in finem requiritur, reliqua pars in aërem abit.

Poffem

Poffem permultis adhuc agere de tentaminibus a diverfis Phificis institutis, ut inquirerent, quisnam fit summus frigoris gradus, ad quem aqua, tum injectis quibusdam substantiis, tum absque his, frigere possit antequam solida evadat; sed ne rem plane intactam relinquam, pauca hic afferre animus est. Quod ad prius attinet, scilicet immiffionem substantiarum quarundam majori frigori acquirendo prodesse, de his in *sect. seq.* commodius agetur. Quod ad posterius vero, prius omnia fuit FAHRENHEIT, qui ad 15° descendere vidit thermometrum in aqua adhuc liquida aëre purgata. Post hunc alii plures eadem de re experimenta instituere. Inter hos nuperrime BLACKIUS, qui in genere deprehendit, quo magis aqua aëre purgata sit, eo majorem frigoris gradum, antequam congelatio fiat, obtinere posse. Sic aquam quae ebullitionem subierat, neque ullo modo cum aëre atmosphaerico in contactu erat, saepius ad 21° descendere vidit, dum alia icidem ebullitioni subjecta, sed cum aëre atmosphaerico communicans vix ad 23° descenderet; manifesto indicio, non, ut multi putarunt, aquam aëre vacuum facilius ac citius congelari, quam si nondum ipso purgata esset. Summum quod ei deprehendere licuit frigus fuit 16° adeoque uno gradu minus, quam quod FAHRENHEIT observaverat, ac multo minus, quam quod alii plures ante eum sibi obtigisse memorant. Sic clariff. BRUGMANS, Professor Groningensis refert, se acerrimo illo hieme anni 1776. Mercurium in thermometro ad 8° condensatum vidisse dum aqua adhuc liquida maneret. (1).

Magis singulare adhuc est experimentum a clariff. COOPMANS itidem Groningae anno 1769. institutum; immiserat hic aquam aëre vacuum miscelae frigorificae, 4° infra 0 scalae Fahr. frigenti; aqua immiffa fluida manebat, donec concussione leviori uno quasi momento in glaciem abiret (2). Propter caloris & frigoris aequilibrium verosimile est, aquam immiffam itidem ad 4° infra 0 adeoque 36° infra punctum congelationis friguiffe, licet id pro certo affirmari nequeat,

quo

(1) Vid. clariff. VAN SWINDEN *Observations sur le froid rigoureux de 1776.* p. 274.

(2) Ibidem pag. 275. seq.

quoniam structura tubi, cui inerat, non permiserat, ut thermometer ei immergeretur.

Transeamus nunc ad alteram observationis M^USCHENBROEKIANAE partem.

II^o. *Tempore quodam calidiori fit glacies.* Re probe inspecta, patebit experimenta a M^USCHENBROEKIO allata id non probare, ad quod probandum ea attulit. Ut enim aliquod hinc argumentum pro assertione ipsius peti posset, ex iis apparere deberet, glaciem, antequam ullum ejus vestigium in aquis adesset, ortam fuisse sub iis gradibus de quibus loquitur, verum hoc saltem non directe ex ipsius dictis elicere potui, quae sic se habent: *notavi quodam tempore gelu, Mercurio indicante 36^o. imo & 41^o.* Ex his aliisque eod. §. ab ipso memoratis patet, observasse illum, non glaciem sub his gradibus ortam fuisse, sed postquam jam aliquando orta fuerat, Mercurium 36^o & 41^o indicasse, & nihilominus gelu persistisse nec regelasse. Sic revera rem se habuisse patet ex ipsius opere Belgico (1), ubi dicit *continuare* interdum gelu, licet thermometer ad 36^o quin & 41^o ascendat. Praeterea certum est, gradus illos de aëre atmosphaerico intelligi debere, nam non tantum non patet, eum hanc esse glaciei temperaturam deprehendisse, sed neque deprehendere potuit, quum constet, glaciem nunquam ultra 32^o calere (2), sed omnem ignem ultra hoc additum ad liquefactionem ipsius impendi. Igitur nunc sola superesset difficultas in eo, quomodo fieri posset, ut glacies, licet thermometer in aëre atmosphaerico 36^o vel plures indicet, nondum ullum regelationis signum praebeat, cum tamen haec ad 33^o ordinario incipere soleat.

Quum ipse se rem observasse dicat M^USCHENBROEKIUS, de facto mihi nullum dubium; sed fieri potest ut res plane thermometer adscribenda sit, quae certe multum huc conferre possunt, tum propter situm & locum ubi pendent, tum propter vitia in ipsa scala latentia. Posterius hoc vix suspicari auderem, quoniam thermometra, quibus usus fuerit satis accurata fuisse constat. Igitur a solo, ubi dependebant, loco situque res forte repetenda est; hoc enim cele-

ber-

(1) *Beginfelen der Naturkunde* §. 913.

(2) Vid. DE LUC. pag. 154.

berrimi intendum Physicis obtrigit, ut non semper ad hanc conditionem attende-
rint. Si itaque factum fuerit, ut dependerit thermometer in loco aut in
vicinia loci per se aliquanto calidioris, uti fieri potest, si ex gr. non procul sit
a camera aut cubiculo calidiori & vel si solis radiis maxime exponatur, mirum
non est, thermometra saepe multo citius ascendere, quam ignis glaciem intra-
re possit, praecipue si valde subito calor in aëre increseat. Sic partim saltem expli-
cari posse videtur, cur observaverit *MUSSCHENBROEKIUS*, glaciem interdum re-
manere in statu suo, etiam ad plures gradus thermometri supra punctum congelationis.

Aliam adhuc rationem subjungit *DE MAIRAN* (1), quae hic etiam locum
necessario habere meretur, & huc redit.

Constat multo majus requiri tempus, ut regelet, quam antea congela-
tioni necessarium fuerat. Licet jam generalis sit regula, regelationem incipere
ad 33°, certum tamen est, eam postea non procedere eadem ratione, qua calor in
aëre augetur, licet tamen plerumque ad 41° jam magnos fecerit progressus.
Quando sensim sensumque lento modo frigus minuitur, eodem quidem pede
regelationem procedere puto, non autem quando admodum subito fit, uti in no-
stro casu accidisse crediderim; quoniam tunc calor increcens non ita ubito
se se cum glacie communicare potest. Non autem puto, eo in casu nullum ad-
esse regelationis signum, uti statuisse videtur *MUSSCHENBROEKIUS*, sed
plane cum *MAIRANO*, qui id saepius observasse se dicit, credo, minime eum
in finem requiri, ut statim quasi aquae portione obtegatur glacies, sed interdum
plures gradus ascendere posse thermometer, dum nihil aliud, nisi fere imper-
ceptibilis sudor in glacie deprehendatur.

Si jam huic causae & ipsis thermometris aliquid tribuamus res facile eruitur,
neque ad particulas frigorificas recurrere necesse est, quasi hae causa essent, cur
glacies remaneret, etiam si calor sufficiente gradu ad regelationem auctus esset.

(1) *Diff. sur la glace* p. 234.

Tertia pars affert *MUSSCHENBROEKIANI* haec erat.

III°. *Vidi alio tempore regelasse & pluïsse, stante Mercurio in multis Loais, gradu 28°. 29°. 30°. Observationem hanc esse apparet inverſam prioris; atque proinde patet thermometri positionem iterum hic esse invocandam.*

Quum enim sine dubio thermometri gradus, de quibus mentio fit, in aëre atmosphaerico ostenderit, fieri potest ut illud tum vento fortiori, tum aëris majori perspirationi per locum ubi dependit, tribuendum sit.

Et ut paucis defungar, etiamsi rationes quas ad explicandas duas ultimas objectiones attuli, non essent idoneae, non majori tamen jure dici mihi posse videtur, adfuisse in priori & abiisse in posteriori casu particulas frigorificas; quam statueretur, adfuisse priori in ipsa aqua obstaculum, quominus calor huic se jungere posset; & in posteriori ignem jam in glaciem penetrasse, sed cum thermometro nondum se communicare potuisse.

Praeter haec, quae attulimus *MUSSCHENBROEKIANORUM* argumenta, videamus nunc quid porro maxime urgeant.

Si galu à solo frigore penderet, gelari potissimum deberet, spirantibus illis ventis, qui ex septentrione ad nos perveniunt; attamen hoc in Belgio nostro raro fit.

Quod ad hanc observationem attinet, illam generaliter veram esse omnino negamus; sed é contrario saepe apud nos valde friget spirante Aquilone vel Borea. At verum etiam est, saepissime Euro vel simili vento spirante minus frigidiori, aquam in glaciem converti, sed quid inde? an quod hic particulas secum vehat frigorificas, quae glaciei se jungant? sic res negari debet. Si vero cupiant ut concedamus, particulas illas frigorificas aërem frigefacere, hoc concedere possumus, quia sic tamen aquae congelatio ex solo ignis defectu explicari potest, qui in aërem frigidiorum factum, donec ad aequilibrium pervenerint, transeat. Optima hinc est observatio doctiss. *AENEAE*, non de eo agi, an aër a particulis quibusdam in ipso volitantibus frigidior reddatur, sed tantum id quaeri, an haec ut aquae se jungant, ita necessarium sit, ut sine hoc nullo modo glacies oriri possent.

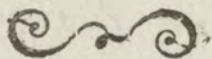
Haec:

COROLLARIA AC THESES.

- I. In fluminibus licet ordinario in iis quoque a superficie incipiat congelatio, interdum tamen in fundo etiam, tum ante tum & post constrictam superficiem, glaciem oriri posse putamus.
- II. Ad naturam liquiditatis perperam a quibusdam refertur motus particularum intestinus perpetuus.
- III. Quamvis aër sit menstruum aquae, non tamen ex hac sola causa vaporum adscensio, earumque in nubes collectio explicari potest.
- IV. Ut aqua in glaciem convertatur, nihil aliud requiri putamus, praeter calorigi diminutionem ac liberationem.
- V. Recte monere videtur **ABBAS DE ST. BARTHELEMI** in opere suo: Voyage du jeune Anacharsis, jam Veteres sibi de aëris gravitate persuasum habuisse, atque proinde ipsam male inter hodierna inventa annumerari, & Torricellio, a quo tubus Torricellianus dictus, adscribi. Minime autem negamus, perfectiorem cognitionem de hac aëris gravitate ab ipso, & qui post eum hac de re egerunt, traditam & in disciplinae formam redactam, fuisse.
- VI. Omnia, quotquot dantur in Natura corpora, esse gravia, nec dari per se levia contra **ARISTOTELEM** tenemus.
- VII. Omnes Planetas & omnia corpora coelestia Planetarum proprietates habentia, quorum in numero & ipsos Cometas referimus, incolis gaudere putamus.
- VIII. Ex planetis, a clariss. **HERSCHEL** a paucis inde annis detectis, non incongruum puto colligere, totum systema Planetarium nobis nondum innotescere.
- IX. Animam licet revera immaterialem statuamus, ex quo, si non certo certius, saltem admodum probabiliter ejus immortalitas consequi videtur, nihilominus tamen, etiamsi foret materialis, immortalem eam esse posse crederemus.

- X. Nulla nobis apparet ratio sufficiens, cur brutorum animis immortalitatem denegaremus.
- XI. *Ideae*, quas vocant, innatae, cum iis, quae in Natura observamus, non conveniunt, sed probabilior est LOCKII sententia statuente, ideas a mente acquiri vel ope sensuum, vel formari ope reflexionis.
- XII. Eidem iterum assentimur LOCKIO affirmanti, mentem nonnumquam ab omni cogitatione cessare, licet eam semper & sine ulla exceptione cogitare contendat LEIBNITIUS.
- XIII. Explicatio commercii inter animam & corpus omnibus numeris absoluta hucusque non datur. Inter praecipuas vero, quae hae de re exstant hypotheses, Aristotelicam de influxu physico tum & Cartesianae de causis occasionibus, tum & Leibnitianae de harmonia praestabilita, anteferre non dubitamus.
- XIV. Intellectus est Dux voluntatis, neque obstat, Quod, licet interdum videat meliora probetque, Deteriora tamen sequitur.
- XV. Cadunt hinc argumenta, quibus celeb. SULZER in actis Berolinensibus anni 1759 contrarium sibi demonstrasse videtur.
- XVI. Quamquam argumentum pro existentia Dei, quod vocatur a priori, plerisque non videatur apodicticum, revera tamen illud defendi posse putamus. Argumentum a posteriori eam extra omnem dubitationis aleam ponit.
- XVII. Miracula facere decreti Divini immutabilitati non contrarium est.
- XVIII. Mundus hic non tantum vocari potest, sed &, uti summo jure docuit LEIBNITIUS, vocari debet omnium possibilium optimus, eo sensu, ut statuuimus, Deum, salvis suis perfectionibus, non potuisse alium quam hunc ipsum creare.
- XIX. Eodem ex principio fuit, Deum alias Leges naturales, quam quas condidit, condere non potuisse, nec semel conditas mutare.

- XIX. *Falsa est HOBBSII doctrina, hominem in hominem ipso Naturae instituto agitari, nec cuiquam favere, nisi quatenus sibi ab eo utilitatem, in commoditatibus vitae comparandis, expectari posse putet.*
- XX. *Servitus non semper injusta est, neque semper inutilis, unde merito concludimus, universam ejus abolitionem generi humano non profuturam.*
- XXI. *Rejicimus opinionem BAYLII statuentis, Rempublicam ex veris Christianis constantem florere non posse.*
- XXII. *Pacta vi metuque injusto extorta Jure Naturae non esse valida defendimus.*
- XXIII. *Doctrina de immortalitate animae, antea a nobis asserta, magnam habet vim ad quaevis officia naturalia confirmanda. Sunt & quae sine hac omnino demonstrari nequeunt.*
- XXIV. *Prudens variolarum insitio non tantum Juri Naturae aut religioni Christianae non repugnat, sed & illam maxime suadet longi temporis experientia, cum constet, numerum eorum, qui ex hac insitione perierint, longe minorem esse, quam qui naturalibus variolis correpti, mortui sint.*



III. *[Faint text]*

IV. *[Faint text]*

V. *[Faint text]*

VI. *[Faint text]*

VII. *[Faint text]*

VIII. *[Faint text]*

IX. *[Faint text]*

X. *[Faint text]*

XI. *[Faint text]*

