

LIBRERIA  
CALLE DE LA  
LIBRERIA  
CALLE DE LA  
LIBRERIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUENOS AIRES  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECA

LIBRERIA DE LA UNIVERSIDAD DE MADRID



JACQVIER  
INSTITVTIONES  
PHILOSOPHICAE

B69

J3

V. 5

C. 1

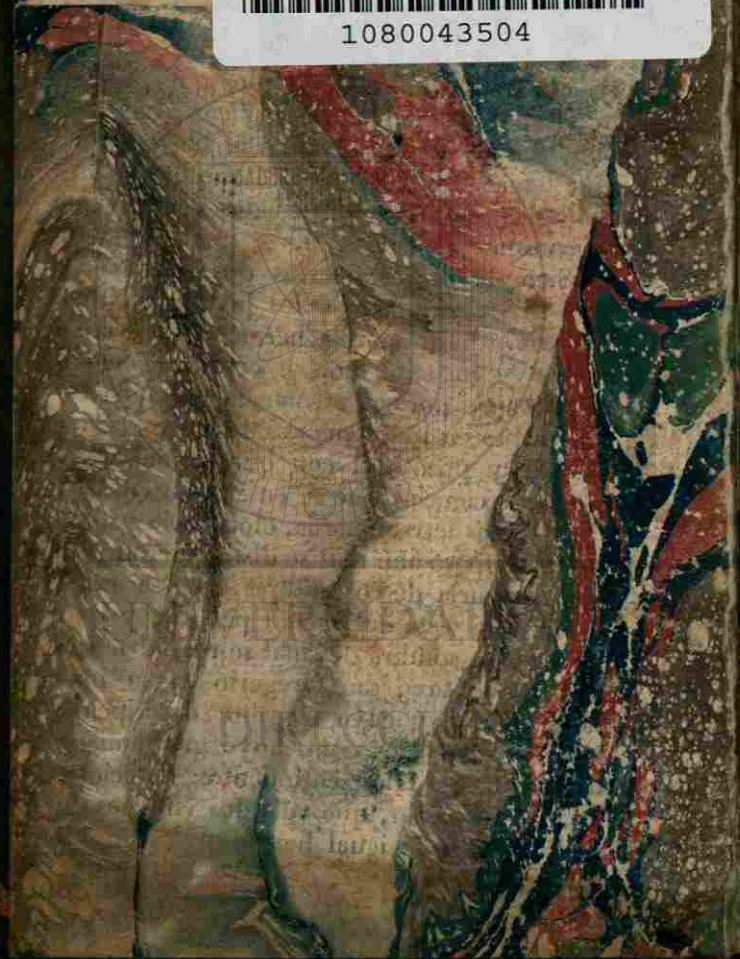
ÓNOMA  
ERAL DE

11

José L



1080043504



E#46#99



INSTITVTIONES  
PHILOSOPHICAE

AVCTORE

FRANCISCO IACQUIER  
*ex minimorum Familia, primariorum per  
Europam academiaram socio, in lyceo  
romano, et in collegio urbano de propa-  
ganda fide professore.*

AD VSVM SCHOLAE VALENTINAE.



TOMVS V.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Biblioteca Universitaria  
VALENTINAE

DIRECCIÓN GENERAL DE PUBLICACIONES  
IN OFFICINA BENEDICTI MONFORT

MDCCCXV.

SUPERIORVM PERMISSVM

33517  
53371-00

B 69

J 3

V. 5



FONDO BIBLIOTECARIO MUNICIPAL  
DEL ESTADO DE NUEVO LEÓN

III

## INDEX.

### PHYSICA PARTICULARIS.

SECTIO I. De fluidis.	Pag. 1
CAPVT I. De fluidis generatim consideratis.	1
ARTIC. I. De fluidorum natura.	ibid.
CONCLVSIO. Ex sphaerica particularum fluidi figura, illarumque minima vi attractiva satis probabiliter repen- da videtur fluiditatis causa.	4
ARTIC. II. De fluidorum acquilibrio.	16
CONCLVSIO. Ex mutua aquae et vitri attractione repetenda videntur tubo- rum capillarium phaenomena.	31
ARTIC. III. De fluidorum motu.	45
ARTIC. IV. De resistentia fluidorum.	53
APPENDIX. De quibusdam capituli prae- cedentis utilitatibus.	59
CAPVT II. De fluidis elasticis.	67
ARTIC. I. De elasticitate.	ibid.
ARTIC. II. De aëre illiusque propieta- tibus.	74
CONCLVSIO. Aër grauis est et elasticus.	75
ARTIC. III. De sono et auditu.	77
APPENDIX. De quibusdam capituli prae- cedentis utilitatibus.	121
SECTIO II. De lumine et igne.	134
CAPVT I. De lumine.	ibid.
ARTIC. I. De lucis natura et entana- tione.	135

CONCLUSIO. <i>Lux consistit in effluviis e corpore lucido iugiter emanantibus, illiusque propagatio instantanea non est, sed successiva.</i>	137
ARTIC. II. <i>De lucis propagatione generatim considerata.</i>	132
ARTIC. III. <i>De lucis refractione.</i>	167
CONCLUSIO. <i>Reflexionem lucis in minimis a contactu distantius fieri, refractionem vero vi attractivae medii tribuendam esse, vix in dubium revocari potest.</i>	168
<i>De Dioptrica.</i>	180
ARTIC. IV. <i>De visione.</i>	186
<i>Catoptrica.</i>	205
ARTIC. V. <i>De coloribus atque iride.</i>	209
CONCLUSIO. <i>Certissimis experimentis diversam radiorum refrangibilitatem demonstravit Newtonus; atque ex eadem doctrina pendent iridis phaenomena.</i>	212
APPENDIX. <i>De quibusdam capitibus praecedentis utilitatibus.</i>	246
CAPVT II. <i>De igne.</i>	256
ARTIC. I. <i>De ignis proprietatibus praecipuis.</i>	ibid.
ARTIC. II. <i>De calore et frigore.</i>	267
APPENDIX. <i>De quibusdam capitibus praecedentis utilitatibus.</i>	282
SECTIO III. <i>De astronomia.</i>	287
CAPVT I. <i>De variis corporum coelestium phaenomenis et motibus.</i>	288
ARTIC. I. <i>De mundi systemate, quale ocu-</i>	

<i>lis apparet, et de sphaera coelesti.</i>	288
ARTIC. II. <i>De variis mundani systematis hypothesisibus.</i>	303
ARTIC. III. <i>De sole et stellis fixis.</i>	324
<i>De aequinocciorum praecessione.</i>	333
ARTIC. IV. <i>De stellis erraticis, sive de planetis et cometis.</i>	337
CONCLUSIO. <i>Cometae non sunt corpora sublunaria aut meteora, sed circa solem certa periodo revolvuntur.</i>	350
ARTIC. V. <i>De planetis secundariis.</i>	369
<i>De eclipsibus.</i>	377
APPENDIX. <i>De quibusdam capitibus praecedentis utilitatibus.</i>	385
CAPVT II. <i>De astronomia physica, seu de phaenomenorum coelestium causis.</i>	388
ARTIC. I. <i>De gravitatis caelestis systemate, et de planetarum orbita.</i>	389
ARTIC. II. <i>De planetarum densitate et figura praesertim de figura telluris.</i>	400
CONCLUSIO. <i>Quamvis certo cognita non sit accurata telluris figura; eam tamen versus polos compressam esse, demonstrant observationes atque experimenta.</i>	405
ARTIC. III. <i>De phaenomenis pendentibus ex mutua planetarum actione, praesertim de aestu maris.</i>	406
CONCLUSIO. <i>Ex actione lunae et solis repetenda sunt aestus marini phaenomena.</i>	425

APPENDIX. De quibusdam capitibus praecedentis utilitatibus.	443
CAPVT III. De chronologia et calendario.	447
ARTIG. I. De temporis partibus atque mensura.	448
ARTIG. II. De illustrioribus epochis praecipisque periodis.	455
ARTIG. III. De calendario.	463
APPENDIX. De quibusdam capitibus praecedentis utilitatibus.	480
SECTIO IV. De geographia.	488
CAPVT. I. De superficie terrestri praecipisque in ea considerandis corporum speciebus.	489
ARTIG. I. De superficiei terrestris divisione illiusque variis respectu solis adfectionibus.	ibid.
ARTIG. II. De praecipuis corporum speciebus in telluris superficie considerandis.	504
APPENDIX. De quibusdam capitibus praecedentis utilitatibus.	525
CAPVT II. De corporibus aliis in terrae gremio potissimum considerandis.	528
ARTIG. I. De ferro et magnete illorumque vi attractiva, ubi etiam de electricitate.	529
ARTIG. II. De subterraneis quibusdam meteoris atque phaenomenis.	548
APPENDIX. De quibusdam capitibus praecedentis utilitatibus.	563



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA

DIRECCIÓN GENERAL

(1)

PARS SECVNDA

PHYSICES

SEV

PHYSICA PARTICVLRIS.

SECTIO I.

*De Fluidis.*



VPLEX generatim distingui debet fluidorum species. Alia fluida nullum praebeant elasticitatis indicium, qualis aqua vulgo creditur; alia autem sunt eximie elastica, qualis est aër. Ad fluidorum doctrinam revocari etiam possunt, quae de lumine et igne a physicis tractari solent. Totam huius utilissimi argumenti amplitudinem in varia capita dividemus, distinctisque articulis explicavimus.

Tom. V.

A



## CAPVT I.

*De fluidis generatim consideratis.*

In fluido quolibet quattuor adfectiones potissimum considerari debent. I.<sup>o</sup> fluidorum natura. II.<sup>o</sup> illorum aequilibrium. III.<sup>o</sup> eorundem motus. IV.<sup>o</sup> tandem resistentia.

## ARTICVLVS I.

*De fluidorum natura.*

## DEFINITIO.

**F**luidum definiri solet: *corpus omne, cuius partes vi cuiuscumque illatae cedunt, et cedendo facile moventur inter se.* Singulas huius definitionis partes explicabimus. I.<sup>o</sup> Haec est primaria fluidorum proprietas, ut partes cedant vi etiam minimae, et quae sub sensu non cadat. Hinc patet, illam fluidorum proprietatem a sensibus nostris pendere. Si enim organo tactus longe subtiliori donati essent homines ita, ut eam liceret deprehendere resistentiam, quae sensuum nostrorum potestatem fugit, iam corpora plurima non reputarem fluida, quae tamen ut talia a nobis sentiuntur. II.<sup>o</sup> Ad constituendum corpus fluidum, oportet, minimas omnino esse illius particulas ita, ut

sensibus nostris sese subducant. Si enim corporis alicuius partes seorsum tangere aut videre licet, tamquam fluidum haberi non debet corpus illud. Ita licet farina minutissimis constet particulis, quae levi digito statim moventur, quia tamen digitis compressae facile sentiuntur; fluida dici non debet farina. At si multo subtiliores evadant particulae, ut fit, dum panis dentibus atteritur, ventriculi et intestinorum actione subigitur, ac tandem in chylum sanguinemque transmutatur; iam fluidi proprietates et nomen acquirit. III.<sup>o</sup> Ut clara habeatur fluidorum notio, neque corpora *humida* cum fluidis, neque etiam fluida cum *liquidis* confundi debent. Corpora humida appellantur fluida illa, quae corporibus adhaerescunt, et in iis quaedam relinquunt madoris vestigia. Metalla liquefacta fluidorum proprietates habent; haec tamen non sunt corpora humida. Corpora liquida dicuntur fluida illa, quae ad libellam sese componunt. Haec autem proprietas singulis fluidis non convenit. Ita flamma, fumus, aer sunt corpora fluida, haec autem dilationem, minime vero libellam adfectant. Itaque corpora omnia humida et liquida sunt etiam fluida, sed non vice versa.

Licet in humanae societatis usu primarias fluidorum proprietates nosse satis sit; nec de fluiditatis causa, quae quidem parum omnino iuvaret, valde sit curandum,

quid tamen hac de re probabilis sentiendum sit, in sequenti conclusione exponam.

### CONCLUSIO.

EX SPHAERICA PARTICVLARVM FLVIDI FIGVRA, ILLARVMQVE MINIMA VI ATTRACTIVA SATIS PROBABILITER REPETENDA VIDETVR FLVIDITATIS CAUSA.

Prob. I. Crassiorum fluidorum particulas exquisitis microscopiis saepe contemplati sunt diligentissimi physici. In mercurio, lacte, sanguine, sero, oleis figuram sphaericam constantiter obseruarunt. Eandem figuram in fumo carbonis Muskenbroëkius, et in vaporibus, Derhamus maxima experimentorum subtilitateprehenderunt. Porro si fluida crassiora ex minimis constant globulis, eandem quoque figuram in subtilioribus fluidorum particulis probabiliter ostendit lex analogiae.

Et re quidem ipsa, quum minimae fluidorum particulae vi cuiuscumque illatae cedant, et cedendo facile moveantur inter se, haec primaria fluidorum proprietates ex sphaerica particularum figura satis apte intelligitur. In memoriam revocanda sunt, quae de minimarum particularum vi attractiva demonstravimus in physica generali. Illa attractionis species componitur ex minimarum parti-

cularum densitate et contactus magnitudine; ac proinde quum minima sit in globulis eximie laevigatis contactus magnitudo, minima omnino est attractio, ideoque et cohaesio minima. Atque hinc summa facilitas, qua particulae fluidi vi cuiuscumque cedunt, et aliae supra alias labuntur.

Ex his principiis non solum satis feliciter explicatur fluiditatis causa, sed diversi etiam intelliguntur fluiditatis gradus. Etenim quum superficies crescant vel decrescant, ut quadrata diametrorum, soliditates autem ut earundem diametrorum cubi; minores particulae minorem habent superficiem ob minorem etiam soliditatem, ac proinde debiliorem contactum admittunt. Quare maior erit fluiditas, si particulae sint minoris, atque ad figuram sphaericam magis accedant. Contra autem fluiditas minor, si maiores fuerint globuli, et minus accurate rotundi. In hoc enim casu crescit contactus magnitudo, atque hinc oriuntur per gradus variae fluiditatis conditiones. Ceterum heic probe meminisse oportet, quod in physica generali saepe monuimus: attractionis nomine a nobis intelligi effectum aliquem, cuius causam, si quae sit, sagacioribus philosophis investigandam relinquimus. Cavendum enim maxime nobis est, ne attractionis doctrina abutamur, et pertiniaciores imitemur materiae subtilis patronos, qui dum huius materiae usum maxime am-

plificant, et in omnibus effectibus explicandis adhibent, eam omnino inutilem reddunt. Sed quidquid sit, iam concludere licet: probabiliter adseritur ea fluiditatis causa, quam lex analogiae ipsaque fluiditatis phaenomena postulare videntur; atqui ex adductis observationibus atque ex analogia naturae probabile fit, fluiditates causam esse, quae in conclusione adseritur; ergo fluiditatis causa satis probabiliter deducitur ex sphaerica minimarum particularum figura, earumque minima vi attractiva.

### SOLVVNTVR OBIECTIONES.

*Obiect. 1.* Ex intestino minimarum partium motu potissimum repetendam esse fluiditatis rationem, demonstrat experimenta. Exemplo sit corporum solidorum in fluida transmutatio: glaciei in aquam, et vicissim. Totam inter utrumque statum differentia in eo maxime posita videtur, quod in corpore duro partes minimae fixae consistant, ideoque tactus organo resistent. Contra autem minimae fluidorum particulae perpetuo motu agitentur, et ideo vi cuiuscumque facile cedant. Et quidem intestinum hunc motum ostendant corporum fluidorum effectus. Fluidorum particulae corporum poros penetrant, durissima corpora emolliunt et dissolvent. Tandem nullum corpus solidum ad flui-

ditatis statum transire potest nisi interveniente corporis alicuius motu, ignis v. g. aëris, aquae. His praemissis observationibus ita argumentari licet. Probabiliter adseritur illa fluiditatis ratio, ex qua pendere videntur praecipua fluidorum phaenomena; atqui praecipua fluidorum phaenomena ex intestino particularum motu repetenda videtur; ergo ex eo motu fluiditatis causa derivanda est.

Resp. N. min. Singulas explicabimus objectionibus partes. Quamvis intestinus partium motus primaria non sit fluiditatis ratio; certum tamen est fluiditatem motu minimarum particularum maxime augeri, immo aliquando creari. Sed haec eadem experimenta coniecturas nostras maxime confirmant. Si glacies igni et colori subiciatur; iam particulae igneae aliaque plurima diversi generis corpuscula glaciei poros pervadunt, et glaciei partes a mutuo contactu dimovent; hinc minor cohaesio, ideoque fluiditas. Ex iisdem principiis pendet quoque corporum solidorum *fusio* et *calcinatio*. Etenim si metalla etiam durissima vehementiore igne fuerint vexata, igneae particulae durissimas quoque particulas frangunt, metallique massam in modum fluidi vel pulveris dissolvent. Et re quidem ipsa cessante ignis actione puriora metalla ad contactum redeunt, rursusque in duram massam sese compingunt. At si minus pura fuerint metalla, et diuturniori igne torquantur,

iam particulae plurimae vi ignis sublevantur, aliae figuram mutant. Hinc particulae, licet actioni ignis subtrahantur, ad eosdem non redeunt contactus. Atque ita intelligitur, quae de causa in pulvisculum calcemque redigantur metalla plurima. Talis autem corporum insoles, quae fit, ut in pulverem reduci possint, vocatur *friabilitas*. Itaque manifestum est, corporum fluiditatem intestino partium motu aliquando promoveri. Verum heic fluiditatem consideramus in ipso corpore fluido dumtaxat, et ab aliis abstrahimus quibuscumque corporibus, quae fluiditatem augere possunt. Porro fluiditas hoc modo considerata satis feliciter intelligitur ex minimarum particularum figura, illarumque debiliori vi attractiva. Probe autem notari debet, quod modo dictum est, aliquando nempe fluiditatem intestino partium motu augeri. Et quidem id non semper accidere, manifestum est, atque ut alia plurima omittam experimenta, satis erit referre, quod a diligentissimo viro Fahrenheitio primum fuit observatum, et deinde ab aliis physicis eodem successu iteratum. Si aquae fluidae massa aëri frigidissimo et tranquillo exponatur, talem aliquando acquirit frigoris gradum, qui frigus glacie productum longe superat; cuius quidem gradus fidem facit accuratissimum thermometrum. Haec tamen aqua si tranquilla maneat, exquisitae fluiditatis statum retinet. At si aqua in hoc sta-

tu vel minimam ab aëre aut corpore circumstante agitationem experiatur, statim in durissimam glaciem concrevit, et ad vulgarem congelationis gradum reducitur, aliquam amittens frigores partem; quod quidem paradoxum omnino videbimur. Haec autem pauca dicta sint, fusius explicanda, ubi de glacie formatione sermo erit.

Quod spectat ad corporum fluidorum in alia corpora actionem, diximus iam, corpora fluida in se ipsis, et seorsum ab aliis corporibus heic considerari. Re quidem vera fluidorum quorundam particulae corporum solidorum partes alte penetrant. Ita mercurius durissimorum quoque corporum substantiam pervadit: aqua corporibus plurimis sese inserit, nonnullaque dissolvit. Verum effectus illi intestinis partium motibus, saltem ex omni parte tribui non debent, sed summae particularum mobilitati, vi attractivae, atque etiam aliis externis viribus. Ita aqua vi aëris comprimentis in balneorum usu ad sanguinem usque introducit; adiuvantibus alternis cordis contractionibus sanguinis moleculas agit, et circulationis facilitatem conciliat. Sed haec omnia comparari debent cum iis, quae de minimarum particularum vi attractiva in physica generali fuisse disputavimus.

*Obiect. 2.* Rotunda particularum figura in singulis fluidis constanter non observatur. De-

monstrant observationes microscopicae, fluidorum multorum particulas implexas esse atque ramosas. Ipsae etiam sanguinis particulae varias atque irregulares ostendunt figuras, si exquisito microscopio subiciantur. Et re quidem ipsa hanc particularum diversitatem atque irregularitatem postulare videntur ipsa phaenomena. Si fluidorum particulae ita sint dispositae, ut sese variis implexibus coniungere atque irretire possint; iam in massam solidam coalescere poterunt, ut accidit oleis, vel in glaciem indurescere, ut contingit aquae fluidisque plurimis. At si tales sint particulae, ut se invicem implicare atque irretire non possint, numquam in corpus durum reduci poterunt. Tales sunt aëris mercuriique particulae. Ex quibus sic concluditur: fluiditatis causa adferri non potest haec figura, quam in omnibus fluidis non observamus, quamque diversam omnino esse, postulat diversa fluidorum natura; atqui figuram sphaericam in omnibus fluidis non demonstrant observationes; ergo ex sphaerica minimarum particularum figura non deducenda videtur fluiditatis causa.

Resp. dist. min. hanc figuram in omnibus fluidis non observamus ob minimam particularum subtilitatem sensibus omnino imperviam, C. min.; secus, N. min. Quare N. cons. Quamvis minimae omnino sint fluidorum particulae, quae exquisito microscopio

patent; non tamen pro fluidorum elementis haberi debent. Etenim tanta est primigeniarum particularum subtilitas, ut imaginandi vi non possit comprehendi, et quo usque perveniat, ignotum omnino sit. Itaque dum microscopice observationibus utuntur physici ad demonstrandam particularum fluidorum rotunditatem, id faciunt ex lege analogiae dumtaxat. Ita ostendunt microscopia, animalium terrestrium sanguinem compositum esse ex globulis rubris fluido aëreo vel seroso pelliculo innatantibus. Quilibet globulus constat ex aliis sex minoribus globulis magisque pelliculis, quorum unusquisque rursus continet sex alios minores globulos ita, ut singuli globuli saltem ex triginta sex minoribus globulis componantur. Hinc per legem analogiae ratiocinantur physici, globulos illos ex aliis minoribus fortasse compositos esse ad prima usque fluidi elementa. Ceterum minime repugnat, globulos illos ita inter se disponi, ut exquisito etiam microscopio varias figuras demonstrent. Illi etenim crassiores globuli et oculis conspicui flecti possunt atque comprimī, vario ordine inter se collocari, et in quemlibet figuram componi. Praeterea sanguinem maxime heterogeneum esse, demonstrat analysis chemica. Mirum ergo non est, quod pro diverso sanguinis statu diversaque secretionē varias oculis ostendat figuras, quamvis figuram sphaericam habeant minima sanguinis

fluidi elementa. Praeclarissima atque utilissima de sanguinearum particularum mutatione experimenta sumsit solertissimus naturae indagator Leewenhoëkius. Vnum referre satis erit. Observavit, leuissima etiam venenati animalis morsiuncula totam sanguinis massam ita corrumpi, ut uno quasi oculi ictu colorem, motum, figuram mutent globuli.

Hinc etiam patet responsio ad alteram obiectionis partem. Quod fluida quaedam in glaciem facilius concreuant, quaedam difficilius, alia vero numquam; id repetendum videtur ex maxima minimarum particularum mobilitate, ac proinde et ex ipsa figura. Ita que in hac quaestione diligenter distinguendum debet *mobilitas* a motu *actuali*. Fluiditas esse non potest sine maxima motus facilitate, quae quidem summa mobilitas ex ipsa particularum figura probabilissime repetenda videtur. At fluiditas non semper coniuncta est cum motu actuali. Et certe si minima quaeque corpuscula in aqua suspendantur, immota omnino consistunt; quae quidem perfecta quies cum intestino partium motu conciliari non posse videtur. Tandem apud omnes physicos certissimum est, idque in sequenti articulo demonstrabimus, aequalem esse fluidorum ex omni parte pressionem. Illa autem pressionis aequalitas cum perpetuo particularum motu componi omnino non potest.

*Obiect. 3.* Si corporum fluiditas ex sphae-

rica particularum figura minimaque vi attractiva repeti possit; iam contraria ratione corporum durities ex contactus magnitudine maiorique vi attractiva pendere dicenda est; haec autem hypothesis est omnino absurda. Et quidem quum durissimae sint minimae fluidorum particulae, ponamus durissimum aquae globulum, cuius attractio ad lineae unius distantiam vigeat: deinde circa hanc particulam descriptus intelligatur circulus, cuius semidiameter sit lineae unius: particula aquae ab iis tantum attrahetur globulis, qui intra circuli peripheriam continentur. Quia vero particulae illae in partes contrarias agunt, sese mutuo elident attractiones oppositae, ac proinde attractionis effectus erit nullus. Quare explicari nequaquam poterit minimarum particularum durities. Evidens autem est, hanc eandem ratiocinationem in maioribus quoque corporibus valere. Etenim interiores corporis cuiuslibet particulae, eae saltem, quae non sunt superficiei valde proximae, ab omni parte attrahuntur aequaliter, ac proinde manent in quiete relativa; ergo nec corporum durities nec eius a fluiditate discrimen per praedictam hypothesim explicari possunt. Resp. N. min. Haec obiectio, cuius vim maximam non diffitemur, coniuncta est cum implicatissima quaestione de primigeniarum particularum natura, quam quidem nobis ignotam esse, in physica generali atque heic iterum profitemur. Quod

spectat ad primigeniarum particularum duritiem, probabilius videtur, eam esse *primitivam* a Deo primis corporum elementis inditam. Haec autem durities sine vi ulla attrahente intelligi poterit, si dicamus, prima corporum elementa a Deo creata fuisse omnino solida ita, ut nullas habeant partes, quae sint poris intervallisque distinctae. Durissimas esse minimas aquae particulas, merito concludere videtur Muskenbroëkius ex doloris sensu, quem aliquis experitur, si aquae superficiem manu verberet, atque etiam ex ipsa figurae mutatione, quae in globis plumbeis observatur, si e scopieto in aquam explodantur. Ceterum in praesenti quaestione non agimus de primigeniarum particularum duritie, sed tantum de magnorum corporum fluiditate, ac proinde etiam, ob contrariam rationem, de duritie. Validissima quidem foret in magnis etiam corporibus proposita obiectio, si homogeneas fingamus primigenias omnes materiae particulas. At si particularum immensam ponamus varietatem, quod non sine maxima probabilitate adfirmant plurimi physici; iam aequales esse non possunt attractiones oppositae, ac proinde particulae cohaerere poterunt, et inde conflata corpora diversos fluiditatis et duritiei gradus acquirere.

*Obiect. 4.* Fluiditatis et duritiei causa multo probabilius referenda videtur in fluidum quoddam subtilissimum rarissimumque, ab aë-

re prorsus distinctum, quod *aetheris* nomine appellari solet. Motu intestino confuse et perturbate cientur aetheris particulae. Illud fluidum est eximie elasticum, et minimae illius moleculae compressae moleculas alias propriores comprimunt, hae rursus alias. Fingamus, tantam esse aetheris elasticitatem, ut vim aëris elasticam fere in immensum superet; iam partes materiae á se invicem distrahi non poterunt, nisi superetur vis aetheris, quae contactum tuetur, et quae maior est pro maiori contactus amplitudine. Ergo in hac hypothese fluiditatis et duritiei redditur ratio sine ulla vi attrahente. Resp. N. ant. et cons. Hanc materiae aetherae hypothese iam explicavimus in physica generali. Negari quidem non potest, existere materiam quamdam aëre nostro crassiori longe subtiliorem, sive materia illa sola maiori subtilitate ab aëre differat, sive sit naturae longe diversissimae. Quidquid sit, haec hypothesis non valde repugnat nostrae conclusioni, in qua vis attractivae causam nulla ratione definimus. Adfirmare tamen audemus, precarias omnino huic materiae proprietates tribui, nullo argumento, nulla ratiocinatione confirmatas. Praeterea quum materia illa sit eximie elastica, seu quod idem est, polleat vi maxima repulsiva, explicanda superest vis illa, quam quidem si materiae aetherae inditam adfirmant huius hypotheseos patroni, non video, cur minimis

materiae particulis vim attractivam tribui, tam aegre ferant. Tandem; qua ratione, qua alia causa explicabunt perturbatum atque celerimum huius materiae motum? Novis certe sese implicent aliarum causarum ambagibus. Ex huius quaestionis obscuritate patet, quod iam saepe observavimus, difficillimam et fere desperatam esse primam effectuum naturalium mechanicam causam. Et re quidem ipsa praesentem controversiam aliasque id genus facile omitterem, nisi rerum obscuritas involveret experimenta plurima scitu dignissima, quae data occasione praetermittere nolumus.

## ARTICVLVS II.

*De fluidorum aequilibrio.*

Fluidorum omnium, qualis est aqua, haec est lex primaria, quod nempe partes superiores graves sint in inferiores, seu in eas pressionem exercent. Apud veteres scholasticos error invaluerat: fluida *in propriis elementis*, ut aiebant, *non gravitare*. Sed pressionem hanc et scholasticorum errorem demonstrant experimenta plurima, quorum unum referre satis erit. Ampulla vacua et accurate clausa aquae immergatur, staterae brachio suspensa: alteri staterae brachio appendatur pondus, donec habeatur aequilibrium. Si deinde reserata ampulla aqua impleatur,

haec in partem contrariam inclinabit.

*Coroll.* Ex hac proprietate colligitur, fluidorum quiescentium superficiem in sphaerae segmenta telluri concentrica disponi. Etenim quum fluidorum particulae vi cuicumque cedant; vi gravitatis moveri debent, donec descendere amplius non possint, et singula maneat in aequilibrio. Illud autem aequilibrium obtineri non potest, nisi singula superficiei fluidae puncta in segmentum sphaerae telluri concentricum fuerint disposita. Et quidem in hac particularum dispositione quaelibet particula premitur perpendiculariter ad telluris superficiem, ac proinde quum non magis tendat ad unam partem, quam ad aliam, totam fluidi massam quiescere necessum est. Ceterum heic ponimus tellurem sphaericam, et gravitatem ad centrum tendere. Porro quum exigua ingentis superficiei sphaericae portio tamquam superficies plana considerari possit, si magni non fuerint fluidorum quiescentium tractus; illorum superficies tamquam plana haberi poterit. Atque hinc pendet tota ars *libellandi*.

*Observ.* Si fluidum homogeneum infundatur tubo ex duobus cruribus cylindricis aequalibus et verticalibus composito, cuius crura duo communi tubo horizontali inter se iungantur; fluidum illud ad quietem pervenire non observatur, nisi eandem in utroque crure obtineat altitudinem.



*Coroll.* Hinc evidens est, fluidum in tubo horizontali contentum a columnis fluidi verticalibus in partes contrarias premi. Si crus unum verticale, atque etiam tubi horizontalis pars aliqua resecentur; demonstrat experientia, ad sustinendum fluidum eandem omnino vim requiri, quae necessaria foret ad sustinendum tubum cylindricum alteri cruri verticali aequalem, et ad eandem altitudinem aqua repletum. Generatim succedit experimentum, quaecumque sit tubi crura duo iungentis inclinatio. Atque hinc facile colligitur, aequalem esse fluidorum undequaque pressionem. Haec autem proprietas, cui innititur tota fluidorum doctrina, rursus confirmatur, eamque obtinere ostenditur non solum in fluidis, quorum partes vi constante et secundum directionem datam sollicitentur, sed etiam si viribus quibuscumque urgeatur. Etenim fluidum includatur in vase cuiuscumque figurae, et embolo aliquo prematur; si vas illud in qualibet parte fuerit foramine pertusum, ad impediendum fluidi effluxum foramini adhibenda est pressio vi prementi omnino aequalis. Ex hoc experimento manifestum est, fluidorum particulas suam pressionem quaquaversum exercere, tum a summo deorsum, tum ab imo sursum, atque etiam ad latera secundum quamlibet directionem, et quaecumque sit vis fluidi particulas sollicitans. Et re quidem ipsa haec pressionis aequalitas ex

ipsa etiam fluidorum definitione statim derivatur. Ponamus, fluidum aliquod in vase quiescere, et particulam aliquam ex una parte magis premi, ex altera autem minus. Iam quia fluidorum partes vi cuicumque illarum cedunt; fluidi particulae moverentur secundum directionem vis maioris impressae, quod est contra hypothesim; aequalis ergo est in hanc particulam pressio undequaque.

Si corpus fluido totum immergatur, superficies illius inferior fluidi inferioris actione ab imo sursum premitur; superficies autem superior fluidi superioris actione a summo deorsum urgetur. *Si autem corpus solidum fluido immergatur ita, ut superficies solidi superior cum fluidi libella congruat: vel si solidum aliqua dumtaxat sui parte fluido immergatur; superficies solidi inferior fluidi inferioris actione ab imo sursum pellitur.* Atque hinc varia intelliguntur praeclarissima atque utilissima experimenta. Corpus in primo casu duplicis columnae fluidi viribus urgeri, ex dictis evidens est. Etenim columna superior agit in superiorem corporis immersi partem, columna autem inferior in partem corporis inferiorem. *In aliis autem casibus nulla est actio fluidi in superficiem corporis superiorem, sed huius superficiei inferior fluidi inferioris actione sursum agitur.* Variarum autem esse possunt corporis immersi conditiones. Etenim vel minorem habet gra-

vitatem specificam vel maiorem vel aequalem. Singulas partes explicabimus.

Prop. I. *SI CORPVS SIT FLVIDO SPECIFICACE LEVIVS, AD FLVIDI SVPERFICIEM ENATABIT.*

*Dem. Concipiamus, corpus solidam ita fluido superimponi, ut superficies illius inferior fluidi superficiei proxime contigua sit. Iam si corpus illud cum columna fluidi, cui incumbit, integram longioremque columnam componere fingatur; quum columnarum fluidarum longitudo ab ipsa superiori fluidi parte computari debeat; longitudinum differentia aequalis est ipsi corporis crassitie. Columna nempe, cui corpus incumbit, ceteras hac differentia superat. Quare corpus deorsum urgeri necesse est vi maiori, composita ex gravitate corporis et aequali columna fluidi. Proinde corpus descendet; non tamen descendet totum. Nam si corpus specificè levius totum immergetur, quum pondus corporis ponderi fluidi esset substitutum; iam vis minor columnae fluidi, cui corpus corresponderet, foret in aequilibrio cum vi maiori aliarum columnarum, quod est absurdum. Igitur tandem corpus debet descendere, donec pars corporis intra fluidam demersa eam expellat fluidi quantitatem, quae sit eiusdem ponderis cum toto corpore; tunc enim columna-*

*rum aequilibrium haberi manifestum est. Evidens enim est, in hoc casu aequalem esse columnarum fluidarum pressionem.*

Prop. II. *SI CORPVS SOLIDVM FLVIDO SPECIFICACE GRAVIVS FVERIT, IN FVNDVM PRÆCEPS RVERE NECESSVM EST.*

*Dem. Etenim heic rursus attendi debet columnarum fluidarum differentia, ut in casu praecedenti. Evidens autem est, corpus sursum urgeri vi columnae fluidae inferioris, prorsus ut in casu praeced. At quia corpus immersum maiorem habet gravitatem specificam, vi reliqua seu virium differentia corpus praecipitari necessum est. Sed heic etiam quum pondus corporis ponderi fluidi sit substitutum, corpus eam amittit ponderis sui partem, quae aequalis est ponderi fluidi eiusdem cum corpore immerso voluminis: eo enim pacto habetur aequalis columnarum pressio, adeoque et aequilibrium. Contingit tamen aliquando, corpuscula leviora atque etiam graviora per satis longum tempus in eodem fluidi loco manere. Verum id facile intelligitur ex minima columnarum fluidarum differentia, quae tantilla est, ut resistentiam fluidi ex partium tenacitate oriundam superare non possit.*

Prop. III. *SI CORPVS SOLIDVM IPSVMQVE*

FLVIDVM EAMDEM HABEANT GRAVITATEM SPECIFICAM; CORPVS TOTVM DEMERGITVR, SED IN EO SVBSISTIT FLVIDI LOCO, IN QVO CONSTITVITVR.

*Dem.* Et quidem in hoc casu corpus fluido impositum est pondus columnae fluidae additum. Rursus ergo columnae duae heic fingi possunt, diversae quidem altitudinis, sed tamen homogeneae. Quum enim corpus solidum eandem habeat cum fluido gravitatem specificam, corpus illud considerari poterit tamquam aequale ponderi fluidi, et eiusdem voluminis. Igitur columnae omnes ad eandem altitudinem reduci necessum est; quod fieri nequit, nisi corpus totum demergatur. Illud vero sustineri a fluido evidens est, quum amittat ponderis sui partem aequalem ponderi fluidi eiusdem cum corpore immerso voluminis. Amittit ergo totum pondus, ac proinde intra fluidum in quocumque loco quiescit.

*Coroll.* Ex hactenus demonstratis intelligitur, duplicem esse corporum intra fluidi gravitatem, *absolutam* scilicet et *relativam*. Gravitatis absoluta est vis tota, qua corpus deorsum tendit; gravitatis autem relativa est ea, qua corpus magis tendit deorsum, quam fluidum ambiens. Apud vulgus pondera corporum nihil aliud sunt, quam veri ponderis excessus supra pondus aëris. At pondera illa accurate distinguunt physici.

Ex his principiis originem habuit vulgarissima apud physicos statera, quae *hydrostatica* appellatur. Corporis pondus ad accuratam libram in aëre expendatur, iterumque in fluido aliquo ad stateram revocetur: differentia ponderum erit ipsum fluidi pondus eiusdem cum corpore immerso voluminis. Sunt enim gravitates specificae, ut pondera sub eodem volumine. Quare fluidorum et solidorum gravitates specificae comparari inter se poterunt. Eiusdem staterae beneficio conferre etiam licebit diversas fluidorum gravitates specificas. Si enim idem corpus diversis fluidis immersum examinetur, erunt pondera in diversis fluidis amissa, ut eorundem fluidorum gravitates specificae *respective*. Alia est facilior machina ad explorandas fluidorum gravitates specificas. Constat globulo vitreo, cuius extremitas inferior in saeculum desinit; extremitas autem superior in collum longius, et cavum terminatur. Sacculo infundi solet paucillum mercurii, ut machinula in situ recto fluido innatet. Notetur primum totius machinulae simul cum addito mercurio pondus, quod dicatur *P*, *granisque* expressum ponatur. Deinde machinula liquori immergitur ad datam aliquam altitudinem, et in ea notatur prima divisio. Adiunguntur postea machinulae ponderi grana alia per vices, et pro granis singulis iterum notatur altitudo, ad quam machinula in liquore descendit. Ma-

china ita comparata liquorum omnium gravitati investigandae aptissima est. Nam remotis omnibus granis ita, ut machinula solum mercurium contineat, ipsa deinde immergatur alicui liquori; et perveniat v. g. ad quartam usque divisionem, in alio autem liquore ad sextam usque divisionem demergatur; erit gravitas specifica primi liquoris ad gravitatem specificam liquoris alterius, ut numerus granorum sextae divisioni conveniens ad numerum granorum quartae divisioni respondentem, ut patet. Nam machinula intra liquorem demergitur, donec portio fluidi eiusdem cum machinula immersa voluminis idem habeat pondus cum tota machinula. Quare quum gravitates specificae, eodem manente pondere, sint ut volumina inverse (*ex demonst. in phys. gen.*); erunt gravitates specificae, ut partium immersarum volumina inverse, hoc est, ut immersionis altitudines inverse; sed altitudines demersionis sunt, ut granorum numeri additi; ergo gravitates specificae sunt, ut iidem numeri reciproce. Quare si numeri illi in ipso instrumenti collo fuerint descripti, statim exhibebuntur diversae gravitates specificae.

Haec data occasione non ab re erit explicare celebratissimum problema de corona Hieronis Syracusarum regis. Coronam fraudaurificis argento mixtam rex suspicatus, Archimedi inveniendum proposuit latentis ar-

genti cum auro subdole mixti portionem. Res huic ratiocinationi tota inniitur. Si nihil argenti in corona Regis lateat, sumatur purissimi auri massa ipsi coronae pondere aequalis, ac proinde etiam eiusmodi voluminis. Duae illae massae fluido immersae eandem amittent ponderis sui partem. Verum si aliquid argenti misceatur, iam massa auri puri et pondere aequalis minus continebit volumen, quum aurum sit corpus, quod sub eodem volumine maiorem habeat materiae quantitatem. Quare massa auri minorem amittet ponderis sui partem, corona vero maiorem. Ponatur, coronam esse argento permixtam, sumaturque massa argenti puri, cuius pondus sit coronae ponderi aequale; haec maiorem, quam corona ipsa, ponderis sui partem in fluido amittet. His praemissis ita solvitur problema. Sit  $P$  pondus coronae,  $x$  pondus auri in corona contenti,  $y$  pondus argenti,  $p$  ponderis pars, quam massa auri in aqua amittit,  $q$  ponderis pars, quam amittit argentum,  $r$

pondus, quod corona amittit. Erit  $\frac{Px}{P}$  ponderis pars, quam massa auri  $x$  in aqua a-

mitteret, et  $\frac{qy}{P}$  erit pars ponderis, quam a-

mitteret massa argenti  $y$ , ut patet ex demonstratis. Sunt enim ponderum partes amis-

sae, ut volumina, sive in hoc casu ob eandem gravitatem specificam ut pondera. Sed in praesenti problemate ponderum iacturae simul aequantur ponderi  $r$ , quod co-

rona amittit. Ergo  $\frac{px}{P} + \frac{qy}{P} = r$ . Praeterea

$x + y = P$ . Quare ex dictis duabus quaestionibus innotescunt quantitates incognitae  $x$ ,  $y$ . Ceterum in hoc problemate solvendo duae requiruntur conditiones. I.<sup>a</sup> Vt mixturam ex unica tantum materia fiat. Si enim duae laterent diversorum metallorum portiones, tres forent incognitae et duae tantum aequationes. Quare problema foret *indeterminatum*. II.<sup>a</sup> Notam esse oportet metalli speciem. Paucis indicasse satis sit notissimum problema, quo invento prope amens gaudio e balneo exsiluit Archimedes clamans: *reperi, reperi*. Tanta est doctrinae vis ac suavitas aliis omnibus humanae vitae deliciis longe anteponenda.

Ad fluidorum aequilibrium pertinet quoque illorum pressio. Haec autem demonstranda est fluidorum comprimentium

*Lex primaria*: PRESSIO, QUAM FLUIDA IN VASORVM BASES EXERCENT, QVAECVMQVE SIT ILLORVM FIGVRA, SEMPER AEQUALIS EST PONDERI COLUMNAE FLUIDAE, CVIVS VASIS EST IPSE BASIS FVN-

DVS, ALTITVDO AVTEM EST DISTANTIA FIG. PERPENDICVLARIS SVPREMAE SVPERFICIEI A FVNDO VASIS.

Si vas sit perpendiculare et eiusdem ubique diametri, res est evidens. Basis enim toto fluidi pondere premitur; pondus autem est, ut massa, hoc est, in praesenti casu, ut productum ex basi in altitudinem. At si vas sit utcumque inclinatum, et figurae etiam cuiuscumque ita, ut latera vel convergant vel divergant, demonstratio paullo difficilior est.

Prop. IV. SI VAS FVERIT DIVERGENS, HOC EST, CONICVM VEL POTIVS CONI TRVNCATI PARS GACS, APICE SPECTANTE I. DEORSVM, IMPLEATVRQVE FLVIDO; AB EO PREMETVR FVNDOVS AC, QVANTVM FVNDOVS CYLINDRI ACBD EIVSDEM ALTITVDINIS ET BASIS.

*Demonstr.* Divisum intelligatur fluidum in strata fluida innumera et infinite parva eiusdem crassitiei. Iam concipiatur, vim gravitatis agere solummodo in strati superioris  $G$   $Sgs$  particulas. Eadem vi premetur quoque stratum proxime inferius  $gsde$ . Sed quum huius secundi strati area minor sit, a superiori strato non premetur, nisi quod ad particulas contentas in area sibi aequali strati

Fig. *superioris, pressione reliquarum particularum strati superioris a vasis parietibus sustentata.* Et singulae huius secundi strati non secus, ac primi particulae prementur aequaliter ob aequalem fluidorum undequaque pressionem. Iam secundi strati particula quaelibet urgetur vi propria gravitatis; adeoque singularum particularum pressio duplo maior fiet. Haec pressio duplo maior urgebit quoque aequaliter singulas tertii strati *defh* particulas, quod ad aream sibi aequalem, et particula quaelibet urgetur etiam vi propria gravitatis: ac proinde tripla fit pressio. Similiter pressione quadrupla urgentur quarti strati particulae, et ita deinceps. Igitur pressio, qua particula quaelibet urgetur, est ut stratorum fluidorum numerus; ac proinde pressio tota in fundum vasis est, ut numerus particularum fundo incumbentium, et numerus stratorum coniunctim, hoc est, ut basis ducta in vasis altitudinem. Hinc patet, fundum vasis non urgeri toto fluidi incumbentis pondere, sed aliqua solummodo ponderis parte, pondere reliquo a vasis figura sustentato.

- Prop. V. SI EVERIT VAS CONICVM AGSC,*  
 2. *CONI BASIS GS SIT FVNDVS, APEX AC SVRSVM SPECTET, IMPLEATVROVE FLVIDO; PREMIVR FVNDVS GS EADEM VI, AG SI VAS CYLINDRICVM RGST BIVSDEM*

BASEOS AD PAREM ALTIIVDINEM FLVIDO IMPLETVM FVVISSET.

Dem. *Concipiatur in cono columna media, cylindrica et longissima ACBD, tum reliquae columnae breviores eiusdem baseos OIOD, EBEB cet. Columna media et longior fundi partem BD toto suo pondere premit, eademque et attollere conatur sibi proximas breviores EE, OO. Hae autem elevari nequeunt propter laterum resistantiam. Sed quum actioni aequalis et contraria sit reactio; eadem vi, qua latera conii a columnis EE, OO sursum premuntur, versus basim columnae illae reprimuntur. Quare illarum columnarum pressio in partes fundi EB, DO eadem est, atque si incubuissent columnae CDO, AEB. Similiter de aliis columnis brevioribus ratiocinandum est. Adeoque totus fundus GS premitur vi eadem, ac si fluidum implevisset vas cylindri RGST. (Haec est notissima atque utilissima fluidorum proprietas, quam paradoxum hydrostaticum vocant, quum parva liquoris copia tantum in subiectum planum pressionem exercent, quantam exerceret eiusdem liquoris massa centies, inno millies maior in eadem altitudine.)*

Ex his principiis pendet universa tuborum communicantium doctrina.

*Prop. VI.* SI TUBI DVO CUIVSCVMQVE AMPLITVDINIS, ET QVOMODOCVMQVE INCLINATI COMMVNI BASI IVNGANTVR, FLVIDVM HOMOGENEVM AD EAMDEM ALTITVDINEM IN VTROQVE TUBO SVBSISTIT.

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

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

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

## CONCLUSIO.

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

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

#### SOLVVNTVR OBIECTIONES.

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

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

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

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

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

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

infra libellam descendit; et quidem eo magis, quo minor est tubi diameter; ergo falsa est conclusio. Resp. N. cons. Ex doctrina hacenus explicata intelligitur, qua de causa mercurius per tubos capillares descendat. In huius conclusionis probatione demonstravimus, fluidi per tubos capillares altitudinem esse in ratione directa differentiae virium attractivarum fluidi ad vitrum, et fluidarum particularum inter se, atque in ratione reciproca diametri, quam rationem hac formula exhibuimus  $c = \frac{p-q}{d}$ . Si quantitas  $p-q$

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

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

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

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

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

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

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

## ARTICVLVS III.

*De fluidorum motu.*

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

da proponatur mutua corporum actio, dummodo nota sit eorundem corporum figura positioque respectiva. At in praesenti argumento dolendum est, quod problema non sit geometricè determinatum, sed experientias difficiles atque etiam hypotheses requirat. Quare haec pauca tantum exponemus, quae experimentis et facile ratiocinatione innotescunt.

*Prop. I. SI FLVIDVM ALIQVOD VI COMPRIMENTIS FLVIDI MOVEATVR, VELOCITAS FLVIDI PER LVMEN ALIQVOD EXEUNTIS AD DATAM QVAMLIBET ALTITVDINEM EA EST, QVAM FLVIDVM ADQVIRERET CADENDO EX EADEM ALTITVDINE DATA.*

*Dem.* Hanc velociatum legem demonstrat experientia, et facilis ratiocinatio confirmat. Etenim si fluidum aliquod vi alterius fluidi prementis e tubo cylindrico exeat, vis comprimens est ut pondus fluidi prementis, nempe ut productum ex basi in altitudinem. Quia vero idem tubus consideratur, cuius proinde eadem basis est, mutata tantum fluidi altitudine, erit pondus comprimens ut fluidi altitudo. Est autem vis comprimens, ut quantitas motus fluidi dato tempore exeuntis per velocitatem multiplicata. Sed quo maior est velocitas, eo maior est fluidi quantitas dato tempore erum-

pens; ergo quantitas motus est, ut quadratum velocitatis, ac proinde altitudo est in ratione duplicata velocitatis, et velocitates sunt in ratione subduplicata altitudinum. Atque haec est ipsa lex, quam descendendo servant corpora solida.

*Prop. II. SI TVBI DVO EIVSDEM DIAMETRI ET EIVSDEM ALTITVDINIS RECTI FVERINT VEL QVOMODOCVMQVE INCLINATI, EADEM FLVIDI QVANTITATEM HSDDEM TEMPOR. BVIS PER AEQVALE LVMEN EFFVNDENT.*

*Dem.* Etenim si in tubis duobus omnia fuerint paria, res est evidens. At demonstratum est, eadem manente altitudine, tubi perpendicularis vel inclinari fundum aequaliter comprimi; eadem ergo fluidi quantitates eodem tempore exeunt. Atque hinc etiam facile colligitur, eadem manente tuborum altitudine sed mutata diametro basis, fluidi quantitates esse ut bases; ac proinde in ratione duplicata diametrorum.

*Coroll.* Hinc data quantitate aquae ex tubis duobus effluentis, dataque tubi alterutrius altitudine, inveniri facile potest tubi alterius altitudo. Etenim quum sit quantitas aquae dato tempore effluens, ut ipsa velocitas, ac proinde in ratione subduplicata altitudinis; statim per regulam trium invenitur aquae in

altero tubo altitudo quaesita. Similiter data altitudinum ratione et data quantitate aquae ex tubo alterutro effluentis, inveniri poterit quantitas aquae eodem tempore e tubo altero exeuntis.

*Prop. III. TANDEM SI TUBORVM ALTITVDINES SINT INAEQVALES, ET INAEQUALIA ETIAM FORAMINA; ERVNT QVANTITATES AQVAE EODEM DATO TEMPORE ERVMPENTIS IN RATIONE COMPOSITA EX DVPLICATA DIAMETRORVM FORAMINVM ET SVB DVPLICATA ALTITVDINVM.*

Haec autem omnia maximae sunt utilitatis, si certa aquae portio pro data ratione per varios canales distribui debeat. Verum in his omnibus attendere oportet, et variis experimentis probare canalium asperitatem. Haec enim aquarum fluentium velocitatem maxime retardat.

In praecedentibus demonstrationibus probe observandum est, aquarum velocitatem a nobis investigari in hypothesi tantum, quod fluidum exeat vi alterius fluidi comprimentis. Evidens autem est, has demonstrationes transferri non posse ad effluxum aquae per tubum cylindricum utrimque apertum et sine fundo ullo, quod tamen in omnibus fere physicarum institutionum libris factum legitur. Et enim manifestum est, in hoc casu fluidum

instar massae omnino solidae per tubum descendere. Neque enim partes, quae eadem moventur velocitate, ullam in se mutuo pressionem exercent. Si autem fluidum per foramen fundo aptatum exeat, tunc particulae singulae pressionem aliquam obliquam et e latere sustinent ab aliis contiguis fluidi columnis. At pressionem illam aequalem esse ponderi columnae fluidae, cuius basis est ipsa foraminis amplitudo, non sine difficiliori geometriae apparatu demonstrari potest. Neque rem certo conficiunt vulgares physici, qui facilioribus utuntur principiis. Verum quia nec difficiliorem demonstrandi rationem adhibere nobis licet, nec demonstratione minus accurata uti nobis placet, satis sit observare, hanc fluidorum descendentium legem experientia comprobata esse, atque etiam geometricè demonstratam, si minima sit foraminis amplitudo.

*Prop. IV. SI FLVIDVM ALIQVOD IN VASE  $GH$  IN CVIVSCVMQVE FIGVRAE DEFLVAT, ET IN EODEM STATV VBIQVE MANEAT, HOC EST, IN NVLLO LOCO INTVMESCAT VEL DETVMESCAT; DIVISO FLVIDO IN SECTIONS  $cg$ ,  $hn$  AD  $Em$  PERPENDICVLARES, ERIT CVIVSCVMQVE SECTIONIS VELOCITAS IN RATIONE INVERSA LATITVDINIS, HOC EST, VELOCITAS IN  $cd$  ERIT AD VELOCITATEM IN  $hk$ , VT  $hk$ , AD  $cd$ .*  
Tom. V. D



*Dem.* Etenim ponantur volumina *cdeg*, *egrs*, *hkln*, *lnq* indefinite parva et aequalia. Dum portio fluidi *cdeg* perveniet in *egrs*, portio *hkln* fluet in *lnq*. Quare velocitates in sectione *hn* erit ad velocitatem in sectione *cg*, ut *af* ad *im*, nempe ut spatia iisdem temporibus percursa (art. 1. §. 11. part. 1. sect. 1. cap. 1.). Iam vero (ex hyp.)  $af \times cd = hk \times im$ ; ac proinde  $af : im = hk : cd$ . Quare velocitates, quae sunt ut *af* et *im* erunt etiam ut *hk* et *cd*.

Principium illud ad fluminum cursum transferri potest. Flumen in eodem statu manere vel in statu manente esse dicitur, si inter fluendum nusquam attollitur eius superficies vel deprimitur. Quare si flumen in statu manente perseveret, velocitates erunt in ratione sectionum reciproca, sive aequalibus temporibus aequales aquae quantitates fluent per singulas fluminis sectiones, si tamen cetera omnia fuerint paria. Etenim transire ponatur plus aquae per sectionem *cg*, quam per sectionem *hn*; intumescit aqua inter has sectiones, nempe in *cdhk*. Sin vero plus aquae flueret per sectionem *hn* quam per *cg*; aqua inter has sectiones deprimeretur contraria ratione, ac proinde flumen non in eodem statu maneret. Sed de fluminum cursu multa et quidem utilissima in appendice observabimus.

*Prop. v. SI AQUA FLVAT PER TVBVM VEL*

PER CANALEM, EX QVO DEINDE AD VERTICALEM ALTITVDINEM RESILIRE POSSIT, SECLVSIS OMNIBVS IMPEDIMENTIS, AD EAM, EX QVA DECIDIT, ALTITVDINEM PERVERNIET, QVAECVMQVE SIT TVBI VEL CANALIS INCLINATIO.

*Dem.* Id autem facile colligitur ex corporum descendendum lege, quam a fluidis etiam servari ostendimus. Consulere heic debent tiro-nes, quae de corporum descensu in physica generali demonstravimus. Inde etiam evidens fit, fluidum data aliqua velocitate per altitudinem perpendicularem acquisita e tubo inclinato effluens per curvam parabolicam relabi, prorsus ut faciunt corpora solida.

Ex hac doctrina instrumenti cuiusdam occasionem nactus est D. Pitot academiae parisiensis socius. Adhibet tubum inflexum, cuius pars superior verticalis est, pars autem inferior horizontalis, quam aquae fluenti immergit. Iam aqua tubum horizontalem ingressa ad certam altitudinem in tubo verticali ascendit, ad eam scilicet altitudinem, ex qua fluidum cadendo acquireret quaesitam velocitatem. Atque hinc vir clarissimus amnis profluentis velocitatem in diversis locis, diversisque altitudinibus aestimare tentavit; sed irrito prorsus conatu. Et quidem aqua in tubo horizontalem influens in ipso crurum angulo resistantiam maximam experitur, cui re-

sistentiae iungenda est retardatio ex mutuo partium attritu oriunda. Ex iisdem principiis velocitatem sanguinis per animalium venas et arterias fluentis aestimare iam antea conatus erat, sed infeliciori successu, clariss. Halesius, qui in eximio opere, cui titulus est: *statica animalium*, minimum tubulum eo fere, quem diximus, modo comparatum, se inuisisse refert sectis animalium venis et arteriis, ut ex sanguinis exsiliantis altitudine velocitatem expiscaretur. Sed non video, quae-  
 nam ex tali instrumento haberi possit utilitas. Nam praeter incommoda cum instrumento praecedenti communia, alia sunt plurima. Nempe venae et arteriae sectio magis vel minus nitide terminata, magis minusve angusta, sanguinis retardatio ex animalium canalibus in aërem exsiliantis, aliae sunt difficultates omnino insuperabiles. Quare patet, talia experimenta nihil omnino conferre ad determinandam sanguinis velocitatem in statu suo naturali. Illud autem problema a *physico-medici*s saepius tentatum, et geometriae atque algebrae magno apparatu ornatum doctissimorum quoque geometrarum vires longe superat, nisi fictitiis hypothesebus utantur. Satius ergo esset talia problemata pro desperatis relinquere, et alia valetudini nostrae utiliora investigare.

## ARTICVLVS IV.

Fig.

*De resistentia fluidorum.*

## I.

De hac intricatissima doctrina algebrae etiam reconditori fere impervia, pauca tantum delibare licebit, praemissis quibusdam de fluidorum percussione principiis.

*Prop. I. SI PLANA DVO AEOVALIA ET IM-  
 MOTA, VT DC, INCURRENTE FLUIDO DI-  
 RECTE PERCVTIANTVR, ERVNT PERCVS-  
 SIONES SIVE ICTVS IMPRESSI VT QVADRA-  
 TA VELOCITATVM. SI AVTEM VELOCITA-  
 TES SINT AEOVALES, SVPERFICIES AVTEM  
 INAEQVALES; PERCVSSIONES ERVNT VT  
 SVPERFICIES. TANDEM SI INAEQVALES FVE-  
 RINT VELOCITATES ET SVPERFICIES; E-  
 RVNT PERCVSSIONES VT SVPERFICIES ET  
 QVADRATA VELOCITATVM SIMVL\*.*

\* *Propositio isthaec non ita generali-  
 ter admitti debet, ut non aliquae conditio-  
 nes in considerationem venire debeant. Eas,  
 adhibitis debitis correctionibus, ad formulas  
 universales rededit nostras Georgius Joan  
 in aureo opere examen maritimo. Praedeces-  
 sorum physicorum ea de re tentamina re-  
 gulasque correxit profundissimus mathema-  
 ticus sagacissimusque observator.*

*Dem.* Etenim considerentur fluidi filamenta *AD*, tamquam ex minimis globulis composita, quorum alii post alios suo ordine moventur. Iam quilibet globulus tamquam corpus solidum potest considerari. Ponatur autem in fluido *AD* velocitas triplo maior; globulorum numerus triplo maior eodem tempore moveri debet, ac proinde quantitas motus seu ictus magnitudo erit, ut productum ex massa triplo maiori in velocitatem triplo maiorem. Sed quo maior est velocitas, eo maior est globulorum eodem tempore incurrentium numerus; ergo ictus impressus, ceteris paribus, est ut quadratum velocitatis. Praeterea si eadem manente velocitate inaequales fuerint superficies: quo maior est superficies, eo maior erit particularum eodem tempore incurrentium numerus. Ac proinde ob eandem velocitatem quantitas motus erit ut particularum numerus, hoc est, ut superficies. Quare si diversa fuerit velocitas et diversa etiam superficies; erit percussio seu ictus magnitudo in ratione composita ex simplici superficialium et duplicata velocitatum.

Nec difficiliter inuenietur percussio obliqua. Superficies duae aequales *DC*, *DE* eodem fluido incurrenti obiciantur, una quidem *DC* directe, altera autem *DE* oblique. Quum singula fluidi filamenta secundum directiones parallelas *BD*, *AC* incurrant (*ex*

*hyp.*), angulus *FDE* aequalis erit angulo alterno *DEG*. Iam sumatur *DE* vel *DC* pro radio vel sinu toto, erit *DG* sinus anguli *DEG* vel *FDE*; sed numerus filamentorum directe incurrentium est ad numerum filamentorum, quae incurrunt oblique, ut *DC* ad *DG*; et praeterea, ceteris paribus, percussio obliqua est ad percussione[m] directam ut *DG* ad *DC*, hoc est, ut sinus anguli incidentiae ad sinum totum (*ex demonstratis in physica generali*); ergo percussio directa est ad percussione[m] obliquam, ut quadratum sinus totius ad quadratum sinus anguli incidentiae. Si autem superficies fuerint etiam inaequales, erit percussio directa ad obliquam in ratione ex his composita, nempe percussio directa est ad obliquam; ut quadratum sinus totius et superficies simul, ad quadratum sinus incidentiae et superficiem simul. Quare etiam evidens est, superficialium inaequalium percussione[m] obliquam esse in ratione duplicata sinuum incidentiae et superficialium coniunctim.

His praemissis de fluidorum percussione, iam pauca explicabimus de resistentia, quam corpora in fluido delata experiuntur. Si corpus aliquod in fluido moveatur, occurrentes fluidi particulas percutit, et in eas transfert aliquam motus sui partem. Hinc corporis velocitas retardatur, atque tandem omnino extinguitur. Itaque resistentia proportionalis est

quantitati motus amissae, vel etiam, quod idem est, producto ex quantitate fluidi, quae loco movetur, in velocitatem adquisitam. Quare si corpus velocitate uniformi moveatur in medio resistente, necessum est, huic corpori perpetuo applicari vim aliquam, quae fluidi resistantiam indesinenter superet, alioqui motuum suum tandem amitteret. Haec autem vis eadem perpetuo manere debet. Quum enim mobile temporibus aequalibus spatia aequalia percurrat, eandem temporibus aequalibus resistantiam debet experiri. Jam ponamus, corpus aliquod in fluido moveri velocitate triplo maiori; eodem tempore spatium triplum percurrat, quod fieri non potest, nisi fluidi volumen triplo maius e loco moveat. Praeterea volumen illud accipit velocitatem triplo maiorem. Nam dum e loco movetur, percurrere debet spatium aequale huic eidem spatio, quod corpus describit. Igitur dum corpus movetur velocitate tripla, massam fluidi triplo maiorem velocitate tripla impellit. Quare quum resistantiae sint ut quantitates motus in fluidum translatae; erunt caedem resistantiae, ut tripla massa per triplam velocitatem multiplicata, hoc est, generatim ut quadratum velocitatis.

*Prop. II. SI GLOBI DVO INAEQUALI VELOCITATE MOVEANTVR IN FLVIDO, RESISTENTIAS PATIENTVR, QVAE SVNT VT*

QVADRATA VELOCITATVM ET QVADRATA DIAMETRORVM CONIUNCTIM.

*Dem.* Nam resistantiae sunt ut quadrata velocitatum et superficierum simul; sed superficies sunt ut quadrata diametrorum; ergo resistantiae sunt in ratione composita ex duplicata velocitatum, itidemque duplicata diametrorum. Quare si velocitates sint aequales, resistantiae sunt ut quadrata diametrorum. Porro evidens est, proportionem non valere, nisi eadem sit fluidi aut corporis directio. Ceterum ex demonstratis colligitur, corpora vi gravitatis per fluidum descendentia reduci tandem ad motum uniformem. Ponamus, corpus per aërem descendere: illius velocitas primum est accelerata; sed crescente velocitate crescit quoque aëris resistantia. Porro si ex duabus quantitatibus inaequalibus minor perpetuo crescat, altera eadem manente, perveniri tandem debet ad terminum, in quo minor maiori aequatur. Quare quum gravitas eadem maneat, continuo crescente resistantia, evidens est, motum uniformiter acceleratum reduci tandem ad uniformem ob gravitatis et resistantiae aequilibrium, quod demonstrat experientia. Hinc facile satisfit obiectioni, quam in physica generali breviter tantum attigimus. Quum nempe uniformiter acceleratus esse debeat motus ex gravitate oriundus, qui tamen elapso tempore aliquo uniformis deprehendi-

tur, gravitatis doctrinae prima fronte contraria videri possent experimenta.

In praecedentibus demonstrationibus nonnullas adhibuimus hypotheses, quae cum ipsa fluidorum natura non satis accurate consentire videntur. Ita dum fluidi percussionem in planum aliquod investigabamus, fluidum a nobis ponebatur tamquam compositum ex diversis filamentis in planum incurrentibus, quorum partes singulae erant in directum posita. Fingebamus quoque, filamenta illa in planum ita impingere, ut post reflexionem ab ipso plano motus mutuos minime perturbarent; quae quidem hypotheses cum natura fluidorum minime conveniunt. Sunt enim particulae fluidorum vario ordine inter se dispositae: secundum varias directiones in se mutuo incurrunt: sese diversissimis indirectisque ictibus mutuo percutiunt, quas quidem conditiones aliasque plurimas nobis omnino ignotas definire non licet. His difficultatibus adiungi etiam debet resistentia ex particularum fluidarum tenacitate, gravitate mutuoque attritu. Attamen non obstantibus praesentis doctrinae incommodis atque ambagibus, nemo sibi persuadeat, eam nullius esse utilitatis. Probe enim distingui debent demonstrationes, quae certis experimentis inniuntur, ab aliis propositionibus, quae ex incerta fluidorum natura colliguntur. Ita de fluidorum doctrina multa demonstravimus, quae ex pressionis

aequalitate unice pendent. Ita etiam dum fluidorum percussionem investigamus illorumque resistentiam, accuratissimis experimentis notam esse ponimus fluidorum velocitatem, quae quidem in plurimis saltem casibus omnem geometriae et algebrae industriam effugere videtur. Sed quo magis accurata sunt experimenta, eo magis ad veritatem accedet doctrina geometrica, si ea, qua par est, diligentia tractetur.

## APPENDIX.

*De quibusdam capitulis praecedentis utilitatibus.*

## I.

De fluidorum natura nihil est, quod in hac appendice observemus, nisi ut recordemur angustos ingenii nostri limites, quorum quidem conscius esse debet quisquis veram physicam probe excolit. Plurima enim, immo omnia mirari cogimur naturae phaenomena. Hanc veritatem sentiunt quidem omnes rerum physicarum bene docti, quamvis eam, ut facere deberent, philosophica ingenuitate non semper profiteantur.

Fluidorum doctrina maximas in arte nautica habet utilitates. Vnam ex multis seligere satis erit. Ex praecedentibus demonstrationibus patet, tantam navis partem aquae im-

mergi, donec aequalis aquae moles totius navis pondus adaequet. Hinc statim definiri potest iustum pondus navi imponendum. Pondus totum navis ex duabus partibus componitur, nempe ex proprio navis pondere, et ex iusto pondere navi imponendo. Duo illa pondera efficiunt, ut navis ad datam profunditatem demergatur. Itaque mensuretur capacitas huius partis navis, quae aquae submergitur, priusquam pondere gravetur, et calculo definiatur, quantum pondus habiturum sit aequale aquae volumen: pondus inventum navis ponderi erit aequale. Iam navi pondus imponatur: ad maiorem profunditatem navis demergitur, atque iterum pondus navis aequatur ponderi aquae eiusdem cum parte immersa voluminis. Primum pondus ab altero subtrahatur, differentia aequalis erit ponderi imponendo. Itaque data profunditate, ad quam navis iusto pondere onusta intra aquas latere debet, et data etiam profunditate, ad quam navis proprio pondere aquis immergitur, tota res huc revocatur; ut nempe determinetur per geometriam utriusque capacitatis differentia, et deinde inveniatur pondus aquae eiusdem cum hac differentia voluminis. Sed quae ad artem nauticam spectant fusius persequi non licet; sunt enim sublimioris doctrinae. At de fluminum cursu fusius dicemus.

II. Doctrinae praecedentis utilitatem in

fluminum cursu pluribus demonstrare superfloium est. Satis est cogitare, in Italia praesertim vestra fertilissimos agros fluminum exundantium impetu devastos: innumerabilium hominum fortunas aquis eversas. Quae quum ita sint, brevioribus, quantum potero, verbis haec colligam utilissima sane principia, quae de fluminum natura tradidit vir peritissimus Guillelmus.

Fluminum aquae suam ut plurimum habent scaturiginem in montibus, vel in loco aliquo sublimi: descendendo velocitatem acquirunt. Haec tamen velocitas deinde ob perpetuam fundi litorumque resistentiam, atque etiam ob minorem descensus declivitatem retardatur. Si velocitas acquisita diversis impedimentis extinguatur omnino ita, ut horizontalis fiat fluminis cursus; iam nihil est, quod fluminis cursum tueri possit praeter aquarum altitudinem vel pressionem perpendiculararem. Verum, quod quidem primo ad spectu paradoxum videri posset, haec ultima celeritatis causa eo magis crescit, quo magis velocitas praedictis impedimentis retardatur. Nam quo maiorem acquisitae velocitatis partem aqua amittit, eo magis attollitur illius superficies.

Aqua superior et a litoribus remotior sola declivitatis ratione, etiam si valde exigua sit, semper fluere potest. Quum enim nullo obstaculo impediatur, minima declivitas ad

motum satis est. At aqua inferior fundo incumbens nullum fere motum ob exiguam decliuitatem maximamque resistentiam admittit, et sola aquae superioris pressione fluit. Partium viscositas atque tenacitas id debent efficiere, ut nempe partes inferiores superiorum pressione moveantur, atque superiores secum trahant, quae quidem in alveo horizontali, vel parum decliui nihil aut fere nihil moverentur. Itaque partes inferiores motum ex pressione acceptum in partes superiores aliqua ex parte transferunt. Ea de causa fit, ut maxima fluminis velocitas in media a fundo distantia observari solet; in hoc enim loco dimidia aquae pressione fluminis cursus acceleratur, nec fundi impedimentis retardatur. An fluminis aqua vi pressionis perpendicularis decurrat, an vero acquisita per descensum velocitate, hoc experimento potest explorari. Profluenti anni obiciatur aliquod obstaculum ipsi aquae perpendicularare. Si aqua versus obstaculum accumuletur et intumescat, velocitas ex alvei decliuitate oritur: at si aqua sistatur tantum, velocitas pressionis tribuenda est.

Flumina suum alveum sibi excavant. Si fundus sit admodum decliuis, aqua maximam acquirit velocitatem. Quare partes fundi elatiores abripere et complanare debent, easque in loca humiliora transferre, atque ita fundum ad situm horizontalem redigere. Quo

maior erit aquae velocitas, eo profundiorum alverum sibi excavabit. Vbi aqua alveum horizontalem sibi effecit, ipsa quoque motu horizontali fluere incipit, ac proinde in ipsum alvei fundum vim minorem exercet, donec tandem illius vis resistentiae fundi aequalis fiat. Tunc autem fundus saltem per longum tempus in statu manente perseverat, illud vero tempus longius est, vel brevius pro qualitate soli. Nam e. g. argilla et creta diutius resistunt, quam arena et limus.

Praeterea aqua alvei sui litora perpetuo corrodit: id facit eo maiori vel minori vi, quo magis vel minus ad directionem perpendiculararem percussio accedit. Hoc perpetuo conatu alvei crepidines, quantum fieri potest, fluentis aquae directioni redduntur parallelae. Itaque minus tortuosus fit aquae cursus, alveus latior evadit, ac proinde aliquid profunditatis, ideoque etiam aliquid pressionis flumen amittit. Id autem tamdiu fieri pergit, donec inter vim aquae litorumque resistentiam datur aequilibrium. Quod quidem aequilibrium tandem fieri demonstrat experientia, quam fluminum profunditatem et latitudinem ultra certos limites crescere non observetur. Aliquando tamen contrarium accidere potest. Flumina, quorum aquae sunt crassiores et limosae, in ipso alvei fundo materias heterogeneas deponunt, ideoque minor fit alvei profunditas. Litora etiam continua talis materiae

depositione ad se invicem possunt accedere; immo fieri potest, ut materiae illae extra profluentis amnis directionem longius excurrentes, et iccirco tardiori motu agitatae, tandem quiescant omnino, novamque ripam constituent. Porro illi diversi effectus fere semper concurrere et pro varietate locorum diversimode inter se coniungi videntur. Hinc difficillimum est de his effectibus iudicium, qui tamen effectus probe cogniti esse debent, antequam aliquod tenetur opus, quod in fluminis statu mutationem aliquam adferre possit, praesertim si alio deducendus sit fluminis cursus.

Flumen minus in eodem communi alveo cum flumine maiore aquas miscere potest sine ullo latitudinis vel profunditatis incremento. Huius paradoxii ratio est, quod fluminis minoris accessio maioris fluminis aquas prope litora quiescentes agitet, profluentis amnis velocitatem augeat in ratione quantitatis aquae auctae. Ita ramus fluminis, quod *Padus* dicitur, prope Venetias licet auctus ramo *ferariensi*, et alio etiam flumine, quod vocatur *Panarus*, nullam tamen in suis dimensionibus mutationem ostendit. Si flumen aliquod in aliud influat vel perpendiculariter vel secundum quamlibet directionem, pristinam directionem sensim amittit, et in novo alveo permixtis aquis flumen utrumque confluit. Haec autem coniuncta flumina velocius

decurrunt, tum ob diminutam litorum resistantiam, tum ob maiorem currentis aquae a litoribus distantiam. Aqua enim velocius atque facilius fluit ob maiorem sui quantitatem, quae aucta velocitate alveum excavare debet, atque ad tantam profunditatem, ut alvei crepidines ad se accedant. Hinc praesaepe fit, ut coniuncta flumina minus spatium in telluris superficie occupent, quam antea. Mediam sive communem fluminum confluentium directionem invenire, problema est difficillimum. Hoc unum observare satis erit, communem directionem magis accedere ad directionem fluminis, quod maiori pollet aquarum impetu; ac proinde, posita in utroque flumine virium aequalitate, directio communis in medio iacebit loco. Cetera vero, quae hac de re tradidit D. Pitot in monumentis parisiensibus anno 1738, ad severitatem geometricam non videntur omnino composita.

Ex his omnibus colligitur, in fluminum exundatione duo vel maxime adhibenda esse remedia. Flumen nempe, contracto alveo, facilius continetur. Crescente enim in hoc casu velocitate, flumen alveum profundiores sibi effodit. Eadem ratione praecaventur aliquando fluminum exundationes coniunctis fluminibus, non autem divisis, quae quidem aquarum divisio non sine gravissimo damno aliquando facta videtur. Si autem in aliquo casu minui oporteat aquae velocitatem; id



parum feliciter praestant exstructi pontes, opposita repagula, aliaque id genus impedimenta. Aqua enim in haec obstacula incurrens attollitur, et sua mole velocitatem aquae intra pilas fluentis non parum auget.

Si flumen intumescit, augetur illius velocitas, donec tandem exundet. Sed exundate flumine decrescit velocitas, eam proculdubio ob causam, quod alveus ardeatur magis, quam pro quantitate aquae. Atque haec videtur ratio, cur exundatio versus fluminis fauces minor observetur ob maiorem in hoc loco aquarum velocitatem. Quod autem spectat ad aquarum velocitatem versus fluminis ostium, praetermittendum non est, mediam alvei aquam aliquando depressiorem esse, quam versus fluminis litora. Quum enim aqua litori proxima minori velocitate moveatur, haec refluentes mari magis reprimuntur. Ex hac velocitatum differentia inter mediam alvei aquam, et eam, quae litori proxima est, intelligere licet, cur aqua in medio fluminis saepe intumescat maris impedimento non retardata ob maiorem aquarum in loco medio, quam versus ripas velocitatem. Haec generatim dicta sint de fluminum cursu. Ceterum doctrinam geometricam turbant plurimum locorum circumstantiae. Nec multum fidendum audacioribus viris, qui locorum imperiti in periculosissimo aquarum negotio remedia proponere audent, felicemque exitum polliceri.

## CAPVT II.

*De fluidis elasticis.*

In capite praecedenti fluidorum doctrinam generatim consideravimus, seposita omnino illorum elasticitate. Recta docendi methodus postulat, ut de elasticitate aliquid primum dicamus: deinde aeris proprietates expendamus, atque tandem praecipua phaenomena, quae ex aeris elasticitate pendent, distincte explicemus. Itaque tres erunt huius capituli articuli. I. elasticitatem generatim considerabimus. II. aeris nostri, qui eximia elasticitate praeditus est, proprietates demonstrabimus. III. tandem pulcherrimam atque iucundissimam soni doctrinam, quae cum aeris elasticitate coniuncta est, explicabimus.

## ARTICVLVS I.

*De elasticitate.*

Vim elasticam variosque elasticitatis gradus iam definivimus in physica generali. At de elasticitatis causa plures sunt physicorum opiniones, quarum aliquae falsae demonstrantur; nulla autem vera ostenditur. Cartesiani rem ita explicant. Dum comprimitur vel ten-

parum feliciter praestant exstructi pontes, opposita repagula, aliaque id genus impedimenta. Aqua enim in haec obstacula incurrens attollitur, et sua mole velocitatem aquae intra pilas fluentis non parum auget.

Si flumen intumescit, augetur illius velocitas, donec tandem exundet. Sed exundate flumine decrescit velocitas, eam proculdubio ob causam, quod alveus ardeatur magis, quam pro quantitate aquae. Atque haec videtur ratio, cur exundatio versus fluminis fauces minor observetur ob maiorem in hoc loco aquarum velocitatem. Quod autem spectat ad aquarum velocitatem versus fluminis ostium, praetermittendum non est, mediam alvei aquam aliquando depressiorem esse, quam versus fluminis litora. Quum enim aqua litori proxima minori velocitate moveatur, haec refluentes mari magis reprimuntur. Ex hac velocitatum differentia inter mediam alvei aquam, et eam, quae litori proxima est, intelligere licet, cur aqua in medio fluminis saepe intumescat maris impedimento non retardata ob maiorem aquarum in loco medio, quam versus ripas velocitatem. Haec generatim dicta sint de fluminum cursu. Ceterum doctrinam geometricam turbant plurimum locorum circumstantiae. Nec multum fidendum audacioribus viris, qui locorum imperiti in periculosissimo aquarum negotio remedia proponere audent, felicemque exitum polliceri.

## CAPVT II.

*De fluidis elasticis.*

In capite praecedenti fluidorum doctrinam generatim consideravimus, seposita omnino illorum elasticitate. Recta docendi methodus postulat, ut de elasticitate aliquid primum dicamus: deinde aeris proprietates expendamus, atque tandem praecipua phaenomena, quae ex aeris elasticitate pendent, distincte explicemus. Itaque tres erunt huius capituli articuli. I. elasticitatem generatim considerabimus. II. aeris nostri, qui eximia elasticitate praeditus est, proprietates demonstrabimus. III. tandem pulcherrimam atque iucundissimam soni doctrinam, quae cum aeris elasticitate coniuncta est, explicabimus.

## ARTICVLVS I.

*De elasticitate.*

Vim elasticam variosque elasticitatis gradus iam definivimus in physica generali. At de elasticitatis causa plures sunt physicorum opiniones, quarum aliquae falsae demonstrantur; nulla autem vera ostenditur. Cartesiani rem ita explicant. Dum comprimitur vel ten-

ditur corpus aliquod elasticum, et in modum arcus flectitur, a se invicem recedunt particulae in superficie convexa, et a se invicem accedunt in superficie concava. Hinc in parte concava angustiores fiunt pori, et ex rotundis v. g. ovales fiunt. His autem positis, fieri, aiunt, ut materia subtilis ex angustioribus poris, in quibus compressa latet, elabi conetur, atque hoc conatu corpus ad pristinum statum compellatur.

Recentiores cartesiani, quorum agmen ducit celeberrimus Malebranchius, elasticitatis causam tribuunt minimis subtilissimae materiae vorticulis, quibus corpora omnia plena esse fingunt. Itaque compressi vortici figuram sphaericam in ovalem mutant: crescit vis illorum centrifuga, qua tandem in pristinum statum compressas corporum partes restitunt. Alii autem physici materiae subtili vel aetherae primitivam elasticitatem adfingunt.

Nemo non videt, hypotheses illas vagas omnino esse, nullamque genuinam elasticitatis notionem nobis ingerere. Et quidem si pori ex parte convexa fiant ampliores, iam materia subtilis, quae formam quamlibet induere potest, eosdem poros statim facilius occupabit, ac proinde corpus in statu compressionis manebit. Praeterea liberalius cartesianis concedamus, vi materiae subtilis corpora compressa ad pristinum statum redire.

Qua ratione explicabunt reciprocos illos tremulosque motus, quibus corpora elastica eunt et redeunt per aliquod tempus? Nullus alius intelligi potest fluidi cartesiani effectus, nisi ut corpus pristinae figurae restituat. Quod spectat ad Malebranchii vorticulos, tale figmentum haud firmiori nititur fundamento quam magnorum vorticum hypothese iam antea profligata. Praeterea si vortici illi per intimas corporum omnium cellulas sint disseminati, corpora omnia debent esse elastica. Tandem si materia subtilis vel aethera ingenitam habeat, seu primitivam elasticitatem, rursus interrogari poterunt talis hypotheseos auctores, quatenam sit huius elasticitatis causa, et nihil quidquam se profecisse, fateri cogentur.

II. Elasticitatis causam ex attractione probabilius repetunt newtoniani. Si corpus aliquod percussatur vel comprimatur ita, ut moleculae e locis suis dimoveantur, non tamen ultra attractionis limites excurrant, cessante vi externa, mutua attractione ad pristinum statum redire debent moleculae. Si autem newtonianos quis interrogaverit, cur attractio mutua in certis dumtaxat corporibus elasticitatem producat, id fieri reponent ob diversam molecularum naturam virumque illarum ordinem, ac proinde et variam attractionem. Hinc si corpus fuerit compositum ex moleculis heterogeneis, quae diversam ha-

beant figuram, diversaque polleant vi attractiva, exclusis e tota corporis massa certis particulis, alijsve substitutis, iam alia diversae naturae oriatur massa. Ita si lamella calybea liquefiat, hoc est, si in datam calybis massam, et inter varias illius moleculas aliud molecularum systema intrudatur ex ignis aërisque particulis compositum, debilior fiet, atque etiam omnino evanescere poterit vis elastica. Quamquam haec explicatio universalis attractionis lege innixa videatur; eam tamen nimis vagam esse, et ad clare explicandos elasticitatis effectus superfluum, ingenue fatemur. Id ergo studiosis adolescentibus assidue inculcandum, ut de ignotis effectuum causis dubitare discant. Praecipites enim opiniones et effectuum explanationes non satis determinatae, physices progressum maxime retardant.

III. His de elasticitate generatim explicatis, iam de fluidis elasticis pauca adiungemus. Fluidorum elasticitatem ut explicaret Newtonus, posuit, singulas fluidi elastici particulas pollere vi centrifuga, qua se mutuo fugiunt aut repellunt. Sed quidquid sit, certissimum est, elasticitatem, si effectus tantum consideremus, reduci posse ad actionem vis centrifugae, qua fluidi particulae sese mutuo repellunt; etiamsi talem vim centrifugam existere, certum non esset. Fluidorum elasticorum pressionem dumtaxat considerabimus.

Illorum enim motum accurate explicare res est difficilior, et ad explicandas aëris proprietates nullius fere utilitatis.

Fingatur virga elastica  $AB$  plano immoto  $DN$  adfixa, et vi qualibet aut pondere  $A$  comprimatur ita, ut redigatur in spatium  $aB$   $\equiv AB - Aa$ . Evidens est, vires punctorum  $B$  et  $a$  aequales esse, nempe puncti  $B$  secundum  $BC$ , et puncti  $a$  secundum directionem contrariam  $aA$ . Quare vis in  $B$  secundum  $BC$  aequalis est pressioni ponderis  $A$ . Nempe planum in  $B$  comprimitur non secus, ac si pondus  $A$  puncto  $B$  incumberet. Iam removeatur planum  $DN$ , substituaturque virga altera elastica  $Bc$  priori aequalis et similis, atque plano immoto  $dn$  adfixa. Evidens etiam est, vim puncti  $c$  versus planum  $dn$  aequalem esse vi puncti  $b$  secundum directionem  $ba$ ; vel quod idem est vi puncti  $b$  secundum directionem  $bc$ , quae quidem vis aequalis est vi puncti  $a$  secundum directionem  $aA$ . Haec autem posterior vis aequalis est pressioni ponderis  $A$ , quae in primo casu aequalis erat vi puncti  $a$ , unica existente virga elastica. Quare ex his omnibus aequalitatibus patet, punctum  $c$  comprimi vi aequali ponderi  $A$ , atque esse  $cb = Ba$ , et  $Bb = Aa$  et  $cb + aB = Ac - Aa - Bb = 2BA - 2Aa$ . (Igitur generatim quicumque sit numerus elastorum; si eadem vi comprimantur, pressio, quam elastrum exercent in planum immo-

tum, aequalis est pressioni, quam potentia comprimens in idem planum immediate exerceret. Eritque spatium, in quod elastra illa reducuntur, ad spatium, in quod eadem potentia redigitur elastrum unicum, ut est elastrorum numerus ad unitatem.)

Iam intelligantur elastra duo  $Ab$ ,  $Bc$ , plano immoto  $DN$  adfixa. Primum elastrum comprimatur ut antea pondere  $A$ , alterum vero elastrum comprimatur in  $B$  vi altera, quae ponderi  $A$  aequivaleat, vel alteri cui-libet potentiae. Punctum  $c$  premetur vi aequali ponderibus  $A$  et  $B$  simul sumtis; elastrum  $AB$  premetur vi  $Bb$ , et elastrum  $Bc$  redigetur in spatium  $bc$ , minus quam  $ab$ . Nam vis puncti  $c$  in planum, vel quod idem est, vis puncti  $b$  secundum directionem  $ba$  aequalis est actioni potentiae  $B$  prementi in  $b$ , et actioni puncti  $a$  secundum  $aa$ ; nempe potentiae  $A$ . Ergo punctum  $b$  vel  $c$  comprimitur vi  $A + B$ , et punctum  $a$  vi  $A$ . Quare generatim quicumque sit elastrorum numerus, quae elastra ponderibus vel potentiis quibuscumque premantur; elastra illa omnia in obstaculum immotum pressionem exercent, quae semper aequalis est potentiarum vel ponderum summae.) Iam ponderum et elastrorum pars quaelibet destrui vel removeri fingatur, atque residui superioris ponderis substitutum intelligatur obstaculum immobile; evidens est, eandem manere pressionem pun-

cti  $c$ , quum elastrorum status et compressio nequaquam mutantur.

Haec principia sane evidentissima ad fluidorum pressionem facile transferuntur. Si vas aliquod contineat fluidum elasticum, cuius partes singulae urgeantur vi quacumque acceleratrice, et vires singulae vasis fundum comprimant; fundus vasis, ceteris paribus, eodem modo premetur, ac si fluidum in eodem manens statu vi elastica statim destitueretur. Atque ad vas illud sustinendum eadem necessaria est potentia, quae ad sustinendum fluidum non elasticum requiritur, nempe requiritur potentia aequalis ponderi fluidi. Iam ponatur vas aliquod figurae cuiuscumque fluido gravi et homogeneo plenum, atque fluidum sola gravitatione partium superiorum in inferiores statim comprimatur, et ad minus spatium redigatur; ex demonstratis evidens est, particulas eo magis compressas esse magisque densas, quo magis sunt fundo proximae. Praeterea etiam manifestum est, densitatem supra fluidi superficie ante et post compressionem manere eandem; quum superficie partes pondere dumtaxat infinite parvo comprimantur. At si compressio fluidi non solum ipsius fluidi pondere sed vi alia quaelibet etiam producat, in hoc casu ad determinandam fluidi pressionem habenda quoque est ratio huius alterius vis;positoque vase cylindrico, pressio in fundum aequalis foret

ponderi fluidi et vi alteri additae, ut patet. Quod quidem probe notandum est; huius enim doctrinae usus recurret in proximo articulo.

## ARTICVLVS II.

*De aëre illiusque proprietatibus.*

## I.

Aër est fluidum illud telluri nostrae circumfusum, in quo vivimus et movemur. Tota huius aëris moles *atmosfera* dicitur. Aërem inter elementa recensebant aliqui veteres philosophi. Sed aëris nomine intelligebant fluidum homogeneous, elasticum, quod vulgaris aëris veluti basis est. Et quidem aër nostrae atmosphaerae terrestrium omnium corporum maxime heterogeneus impurusque videtur. Nam quidquid e terrae gremio iugiter exspirat, quidquid e corporibus putrescentibus evolat, quidquid vaporis subtilissimi ab aquis erumpit, id totum aër in se complectitur. In aëre igitur continentur vapores, exhalationes omnium generum, sales *volatiles* dicti, particulae sulphureae, bituminosae, oleosae et aliae innumerae, ac proinde aër omnium corporum particulis foedatus est. Sed notandum est, tales particulas haud quidem aequaliter per atmosphaeram esse dispersas. Si terra sit vel paludosa vel corporibus putridis noxiisque gravida, iam aër incumbens eiusdem conditio-

nis effluvia admittet. Hinc ex ipsa terrae natura pendet aliquatenus aëris temperies. Praeterea etiam venti regulares nonnulli varias possunt abigere vel etiam advehere aëris particulas, atque ita variis modis aërem vel repurgare vel inficere. Haec autem breviter observata sint, ex quibus intelligitur, exiguam omnino esse aëris *elementaris* et proptie dicti portionem, si conferatur cum ceteris corpusculis magna copia per aërem dispersis. Nec minus patet, per solam aëris perniciosam qualitatem explicari posse morborum quorundam contagium, sive morbi illi ex aëre *immediate*, sive ex aegrotorum vicinia contrahantur. Quare fictitia omnino sunt mortifera, ut dicunt, animalcula, quae grassante contagio per atmosphaeram volitare comminiscuntur aliqui.

## CONCLUSIO.

## AËR GRAVIS EST ET ELASTICVS.

Prob. I. pars. Ipsum aëris pondus examinarunt veteres philosophi. Globum intus cavum ad stateram expendebant: deinde aërem in eodem globo valide comprimebant, iterumque globi pondus accurate explorabant: aliquam deprehenderunt ponderis differentiam inter aërem nostrum vulgarem et aërem densissimum. Sed experimentum illud accuratius fuit iteratum post inventam machinam, cu-

ius ope aër e vasis educitur. Machina illa, quae *pneumatica* appellatur, ab Othone de Guerik magdeburgensi consule primum excogitata, a Boylio postea fuit perfecta; atque tandem a recentioribus physicis ad maiorem perfectionis et facilitatis gradum perducta. Quamvis tota huius machinae structura totumque artificium oculis facilius, quam explicatione ulla usurpentur; quia tamen explicandae aëris proprietates gravitas et elasticitas institutis in hac machina experimentis maxime demonstrantur, praecipuas illius partes, quantum verbis fieri potest, vobis exhibere utilissimum erit. In hac machina considerari primum debet antlia metallica eximie perpolita, cuius cavitatem ingreditur cylindrus, quem *embolum* appellant. Ille autem cylindrus internae superficiei antliae arcte apprimitur ita, ut nihil aëris in antliam irrepere possit. Fundo antliae aptata est valvula eo artificio comparata, ut aëris egressum permittat regressum vero prohibeat. E latere antliae inseritur canaliculus metallicus, cuius extremitas superior cum tabula lignea horizontali firmiter cohaeret. Ille autem canaliculus hiat in campanam vitream tabulae horizontali arcte adglutinatam. Eidem canaliculo aptata est machinula, quam *epistomium* vocant, cuius ope, aëri in campanam vitream transitus conceditur vel negatur.

Rebus ita comparatis, in antliam metal-

licam truditur embolus, quod fieri solet vi rotae dentibus instructae. Aër compressus exitum quaerit, et re vera permissio transitu per valvulam erit. Contrario rotae motu embolus attollitur: aër e campana vitrea per canaliculum descendit, et transit in antliam. Demisso iterum embolo aër comprimitur atque excluditur. Ac tandem repetitis emboli alternis agitationibus campana vitrea omni fere aëre vacua manet.

Aëris gravitatem non sine acutissimo doloris sensu experietur, qui machinae pneumaticae canaliculum digito occludere tentaverit. Educto enim ex cavitae canaliculi aëre, digitus toto atmosphaere pondere foramini arcte apprimetur. Si campana vitrea superficiem planam aliqua ex parte habuerit, facta vacuo, in minutissima frustula dissilit, fracta externi aëris pondere. Nemo vestrum non vidit tubos vitreos, qui a primo auctore Torricellio dicuntur *torricelliani*. Adhibeatur tubus vitreus ex una parte accurate clausus, atque mercurio impleatur, et deinde ex altero foramine in vase aperto mercurium continente perpendiculariter invertatur: mercurius in tubo ad altitudinem 27 aut 28 pollicum circiter suspensus manebit. Huius experimenti ratio ex praecedentibus intelligitur. Etenim mercurius stagnans in vase subiecto atmosphaerae incumbentis pondere premitur, ac proinde eadem vi mercurius in tubo suspen-

ditur. Et re quidem ipsa si tubus torricellianus, cui deinde factum est *barometri* nomen, in campana pneumatica includatur; extracto aëre descendet mercurius, restituto autem aëre ascendet rursus.

Ex aëris gravitate intelligitur etiam ascendens aquae per antlias, quas *tractorias* appellant. At quum gravitas specifica mercurii sit ad gravitatem specificam aquae, ut 14 ad 1 circiter; patet, cur aqua ad 32 pedes per antlias ascendere soleat, nempe ad altitudinem mercurii altitudine quattuor decies maiorem. Alia sunt innumera et quidem praeclearissima experimenta. Sed omnia referre non vacat, in obiectionibus refellendis nonnulla alia explicabimus.

Prob. 2. pars. Elasticitati et gravitati aëris communia fere sunt argumenta omnia. Ex aëris elasticitate pendet machinae pneumaticae structura. Etenim vi elastica aër in campana vitrea contentus transit in antliam. Observandum autem est, vim elasticam aëris et corporum solidorum elasticitate longe differre. Et quidem si vesica flaccida in campana pneumatica includatur, et aër deinde hauriatur; vi aëris interni vesica intumescet, et turgida expandetur. Itaque aër non compressus vi sua elastica dilatatur, maiusque spatium occupat, quod non faciunt corpora solida elastica, quae, cessante compressione, pristinam tantum recuperant figuram. Iam vero quum elasticitas

et gravitas aëris communi probatione demonstrantur, non est, cur hac in re diutius immoremur. Satius erit elasticitatis et gravitatis effectus expendere, eosque a se invicem accurate discernere.

Evidens est, aëris pondus illiusque pressionem ex aëris elasticitate nequaquam pendere. Idem enim maneret aëris pondus, quod materiae quantitati proportionale est, etiamsi omni careret elasticitate. At quum aër sit elasticus; hinc colligitur, eum posse comprimi, in minus spatium redigi ita, ut elasticitas, quae ponderi comprimenti resistit, eidem ponderi ceteris paribus sit proportionalis. Et quidem elasticitas aëris perfecta ponitur. Ac proinde gravitas aëris, quae pressionem producit, et elasticitas aëris, quae pressioni resistit, seu ad dilatationem tendit, aequales esse debent. Quae quum ita sint, si aër in vase claudatur ita, ut nullum cum aëre externo habeat commercium, eadem manebit huius aëris pressio, et atmosphaerae ponderi aequivalebit. Atque hac est ratio, cur mercurius in barometro ad eandem altitudinem subsistat sive in aëre aperto sive in cubiculo clauso, vi nempe elastica aëris. Itaque diligenter observandum est, pressionem, quam fluida elastica exercent, non ad fluidorum pondus veluti ad causam *immediatam*, sed ad vim elasticam proprie esse referendam. Quod ergo mercurius in barometro suspen-



sus maneat, tribuendum non est aëris ponderi, nisi quatenus pondus illud ipsa est pressionis causa. Et quidem, eodem licet manente aëris pondere, si aliqua de causa minuatur vel augeatur pressio, ac proinde et vis elastica, mercurius in barometro descendere vel adscendere observatur. Et re quidem ipsa aëris pondus non esse solam pressionis causam, certum omnino videtur. Aëris elasticitatem maxime turbant varii generis corpuscula atmosphaerae innatantia aliaque causae plurimae, quas deinde, data vel etiam quaesita occasione, explicabimus. Ceterum ex his omnibus sic tandem concluditur; aëri tribuendae sunt proprietates illae, quas experimenta communi probatione demonstrant; atque communi experimentorum testimonio gravitas et elasticitas aëris manifestae sunt; ergo aër gravis est et elasticus.

### SOLVVNTVR OBJECTIONES.

*Obiect. 1. adversus 1. partem.* Si descripta experimenta aëris gravitatem demonstrent, iam totius atmosphaerae pondus facile aestimare licebit. Etenim quum tantum sit aëris pondus, ut aquam in antliis tractoriis ad 32 pedum altitudinem suspendere valeat, considerari poterit atmosphaerae pressio in universum globum terraqueum, non secus ac si tellus vasto aquarum oceano ad 32 pedum pro-

funditatem immersa esset. Porro pes cubicus aquae libris 64 aequivalet, ac proinde pedes cubici 32 aequantur libris 2048. At telluris superficies continet pedes quadratos circiter 5547800000000000. Hic autem ingens numerus per 2048 multiplicatus efficiet pondus librarum, quo aër tellurem nostram comprimet. Equis autem sibi facile persuadebit, tantae pressionis sustinendae parem esse globum terraqueum? Quis crediderit, homines pro sua parte tam enorme pondus humeris sustinere posse? Si enim ponamus, corporis humani superficiem esse pedum quadratorum 15, quae quidem superficies homini mediocris staturae circiter convenit, simili inuito calculo, corporibus nostris incumberet pondus librarum 33600. His positis sic concluditur: aëri tribuenda non est proprietas illa, cuius effectus fidem omnem superat; atque recensita pressio, quae ex aëris gravitate proveniret, fidem omnem superat; ergo nulla est aëris gravitas.

*Resp. N. min.* Haec obiectio facile evanescit, si aliam fluidorum proprietatem in memoriam revocemus, aequalem scilicet unde quaque pressionem. Itaque aër secundum quamlibet directionem corpora omnia ex omni parte premit aequaliter. Atque ob aequalem illam pressionem fit, ut corpora nullam figurae mutationem, nullum detrimentum inde patiantur. Et re quidem ipsa, si aliquo

in loco minuatur pressio, statim sentietur pressiois inaequalitas, atque hinc pendet *cucurbitarum* usus. Etenim humanae cutis pars illa, quae sub cucurbita continetur, nullo fere aëre premitur; eductus enim fuit aër. Quare aëris externi pondere comprimuntur humani corporis humores, atque versus partem illam, quae sub cucurbita laet, impelluntur. Hinc fit, ut pellis varaque omnia hoc in loco turgida intumescant.

Haec autem praetermittendum non est praesens divinae providentiae argumentum. Tanta aëris pressione continentur arteriales plantarum atque animalium canales, qui circulationis impetu frangi vel distendi facile possent. Haec eadem vi fluida in corporibus animalium cohibentur, nimiaque transpiratio coërcetur. Hoc incommodum experiuntur viatores, qui altissimos montes conscendentes, quo proximiores sunt montis vertici eo debiliores se sentiant, atque persaepe *hemoptysim* et *hemorrhagiam* patiuntur. Aër nempe pulmonum vasa non satis comprimit. Notissimum est experimentum, quo animalibus in campana pneumatica inclusis aër adimitur. Illa enim animalia intumescunt, totoque corpore sudant, ore aliisque corporis partibus faeces egerunt.

Observationibus barometricis compertum est, maximam altitudinis mercurii in tubo differentiam non excedere pollices tres. Ita-

que maxima pressiois aëris in corpus nostrum differentia non excedit pondus cylindri mercurii, cuius altitudo est pollicum trium, basis autem superficiei corporis nostri aequalis est. Facta autem, quae facilis omnino est, computatione, pressiois differentia invenitur librarum circiter 4000. Quam autem tanta sit diversis temporibus atque etiam brevissimo tempore pressiois differentia; mirum non est, quod tam repentina aëris mutatione saepe adficiatur atque turbetur corporis nostri machina. Et re quidem ipsa tanta ponderis accessione contrahi deberent corporis nostri canales ita, ut sanguis veluti stagnans in iis quiesceret, et circulationis motus sisteret; nisi frequentissimo huic incommodo divinae machinae nostrae structura paratum fuisset remedium. Et quidem si augeatur aëris pondus, pulmonum *lobi* maiori vi dilatantur, ac proinde magis attenuantur sanguinis particulae ita, ut faciliores succedant secretiones, ideoque et succi nervi maiori copia accedat, cuius actio contractionem cordis vi maiori producit. Sed haec breviter observata sunt. De motibus animalium nonnulla in physices progressu suo loco exponemus.

*Obiect. 2.* adversus 1. part. Quum aër vaporibus, exhalationibus, magnaue particularum heterogenearum copia sit infectus, suscipio oriri posset, atmosphaerae pondus non puriori aëri sed aliis corporibus esse tribuen-

dum. Quibus positis sic argumentari licet: aëris gravitatem non demonstrant experientia illa, quae in aëre purissimo, et ab heterogeneis corpusculis defaecato sumi non possunt; atqui experientia de aëris gravitate in aëre ab extraneis particulis defaecato Institui non possunt; ergo aëris gravitas certo non constat. Resp. N. mai. Aërem crassioribus particulis non foedatum gravem esse, facile demonstrant nubes in sublimiori aëre suspensae. Intelligi enim nequaquam potest, graviore vapores in atmosphaera fluctuare, nisi cum aëre fuerint in aequilibrio, constituti, quo quidem sublato aequilibrio eos praecipites rueri necessum est. Praeterea heic agimus de aëre nostro, non autem de purissimo quodam aëre vel aethere: de quo nulla licet habere experientia. Nemo quidem institui potest, vapores et exhalationes aëri pondus addere. Neque est, quod rem ab omnibus concessam fusius demonstremus. Satius erit, observationes quasdam barometricas, quae ad praesens argumentum pertinent, heic exponere.

Quamvis vapores et exhalationes aëris pondus augeant, constans tamen fere est observatio, altitudinem mercurii in barometro maiorem esse coelo sereno, dum nempe aër purior videtur. Contra autem caelo pluvio minor observatur mercurii altitudo. Huius autem phaenomeni plurimae causae esse possunt. Et primo quidem certissimum est, ventorum

vim atmosphaerae ponderi in aliqua particulari regione mutationem satis magnam adferre posse. Ita si venti duo ad partes oppositas spirent; maiorem aëris copiam in loco aliquo medio cogere atque accumulare possunt, atque ita aërem graviorem reddere. Contra autem venti unius directio versus locum aliquem atmosphaeram aliqua ex parte sublevare potest, et ita illius pondus minuere. Et re quidem ipsa subtilissimo experimento ostendunt physici, ventum etiam arte excitatum aliquam in proximo barometro altitudinis differentiam adferre. Praeterea nitrosae particulae, exhalationes terrestres, praesertim si magna siccitate donentur, magis augent atmosphaerae pondus. Hinc si atmosphaera praedictis causis pondus adquirat, vapores cum aëre intime permixtos facilius sustinebit, coelumque sereneum observabitur. At si causis oppositis levior fiat atmosphaera, iam vapores haud amplius suspensi proprio pondere in pluviam relabuntur. Hinc reddi potest ratio difficillimi sane phaenomeni, quod in mercurii altitudine ut plurimum observatur. Ceterum fatendum est, ex barometri observatione de futura coeli temperie certum fieri non posse iudicium, sed meras haberi coniecturas, quae nimium credulos saepe decipiunt.

*Obiect. 1. adversus 2. part.* Plurimis experimentis compertum est, aëris elasticitatem minui posse, atque etiam tolli omnino ita:

ut aër nullum elasticitatis indicium praebeat, Clariss. Halesius in *statica vegetabilium* talem esse demonstravit perniciosissimam sulphurearum particularum naturam, ut aëris elasticitatem maxime debilitent. Aëris molecule in aliis corporibus arctius conclusae, et ab aliis particulis vi maiori attractae nullam exercent vim repulsivam, ac proinde et nullam vim elasticam. In aëre admittenda non est proprietas illa saltem tamquam universalis, quam aër amittere potest; atqui experientia constat, aërem plerumque elasticitatem amittere; ergo aër non est elasticus. Resp. N. mai. Etiam si aër summam habeat elasticitatem, hanc tamen non semper exercet. Si enim aër sit in suo statu naturali vel aliis corporibus intime permixtus, iam nullum praebet elasticitatis signum. Si aëris particulae vi maxima comprimantur, qualis est aër in corporum omnium cellulis valde conclusus, nullum in eo statu deprehenditur elasticitatis vestigium. At si aër ex illis corporum carceribus liberatur, eximiam elasticitatem ostendit. Ita si in campana vitrea claudatur ampulla fluido aliquo plena; educto aëre, statim magna copia erumpere, et per totam fluidi massam dispersae observantur minimae aëris particulae. Porro ut elasticitas dicatur aëris proprietas, minime necessum est, aërem in statu quolibet vim elasticam exercere, non secus ac corpora solida, quae elasticitate pol-

lent, recte dicuntur *elastica*, quamvis in statu compressionis tantum elasticitatem manifestent. Halitus sulphurei aliique etiam pluri-  
mi aëris elasticitatem debilitant, et fere totam extinguunt. Sed experimenta illa conclusioni nostrae minime repugnant. Satius erit aliquas elasticitatis mutationes exponere.

Aëris elasticitas condensatione et rarefactione maxime augeri potest. Si aër in sco-  
pleto pneumatico vi maxima comprimatur, et deinde liber dimittatur, globulos plumbeos pulveris pyrii instar propellit. Aër calore rarefactus vim elasticam mirum in modum auget. Si vesica paullulum inflata et accurate clausa igni admoveatur, rarefacto aëre intumescit, atque tandem disrumpitur. Aërem maxime condensari et rareferi posse, certissimum est; quamvis incertus sit maximus condensationis et rarefactionis gradus. Ex hac aëris proprietate manarunt fontes *artificiales*, aliaeque machinae plurimae, inter quas sua utilitate commendari maxime debent antliae, quae ad extinguenda incendia adhiberi solent.

*Obiect. 2.* Atmosphaerae elasticitatem ita explicant cultiores physici. Divisam intelligunt totam atmosphaerae altitudinem in orbem aequales crassitiei indefinite parvae. Deinde experimentis certissimum ponunt, aëris densitatem ponderibus comprimentibus esse proportionalem, ac proinde in quolibet at-

mosphaerae loco densitas aëris est, ut pondus aëris superioris. Iam pondus aëris superioris inferiorem aërem comprimentis dicatur *A*, pondus aëris, qui alium orbem proximum comprimit, dicatur *B*, et ita deinceps aliae superiores columnae dicantur *C*, *D*; erit densitas primi orbis inferioris ut *A—B*, proximi orbis densitas ut *B—C*. Sunt enim densitates, ut pondera comprimentia. Quare erit  $A : A - B = B : B - C$ , ideoque  $A : B = B : C$ . Ac proinde pondera sunt in progressionem continuam geometrica. Iam quia orbis singuli ponuntur eiusdem crassitie sive eiusdem altitudinis; patet, altitudines atmosphaerae in hac hypothese crescere in progressionem arithmetica. Itaque pro data qualibet atmosphaerae altitudine facile invenitur aëris rarefactio. Et versa vice dato rarefactionis gradu invenitur aëris altitudo haic rarefactioni conveniens. Rem accuratissima observatione illustrabimus. In vertice montis, qui gallice dicitur *Puy de Domme*, observata fuit barometri altitudo lin. 285, et in horto coenobii nostri, quod monti proximum est, altitudo fuit lin. 324. Itaque numeri duo 285 et 324 exhibere possunt pondera aërem in utroque loco comprimentia. Quare aëris densitates sunt ut iidem numeri, rarefactiones autem sunt in eorumdem numerorum ratione reciproca. Iam si rarefactio aëris in coenobii nostri horto dicatur 1; fiatque pro-

portio  $285 : 324 = 1 : \frac{324}{285}$ ; quartus hic ter-

minus proportionalis exhibebit aëris rarefactionem in montis vertice. Ponamus cum diligentissimis physicis, aërem nostrum decies millies rariorem fieri posse, huncque esse maximum rarefactionis gradum. Tres cognitos habebimus in atmosphaera rarefactionis gra-

du, nempe 1,  $\frac{324}{285}$ , et 10000. Praeterea

nota est atmosphaerae altitudo ab horto nostro usque ad montis verticem, nempe hexapedarum 560. Investiganda ergo superest atmosphaerae altitudo, ad quam aër raritatem habeat decies millies maiorem. Haec autem altitudo ex progressionum doctrina facile invenitur. Duas enim habemus progressionones, unam geometricam, quae aëris rarefactiones exhibet, alteram arithmeticam, quae atmosphaerae altitudines repraesentat. Iam vero ex logarithmorum doctrina, si quantitates aliquae fuerint in progressionem geometrica, erunt illorum logarithmi in progressionem arithmetica. Sed in progressionem arithmetica terminus quilibet aequalis est primo termino et terminorum differentiae toties sumtae, quot sunt termini datum terminum praecedentes. Quare si calculus ad logarithmos reducatur, erunt aëris altitudines datis duabus rarefactio-

nibus convenientes, ut differentiae inter rarefactionum illarum logarithmos, et logarithmum rarefactionis primae, quum logarithmi sint in progressionem arithmetica. Quare altitudo 565 est ad altitudinem quaesitam  $x$ ,

ut log.  $\frac{344}{285}$  — log. 1. ad log. 10000 — log. 1,

sive ut log.  $\frac{344}{285}$  ad log. 10000, ob log.

$1=0$ . Inito autem calculo per vulgares logarithmorum tabulas talis invenitur altitudo atmosphaerae conveniens rarefactionis termino 10000, ut hexapedis circiter 40000 aequalis sit. En totam physicorum ratiocinationem. Sed quam incerta sit, facile intelligitur. Etenim fingitur, pressionem ponderibus comprimentibus proportionalem esse, quod falsum omnino est. Quum enim atmosphaera in ultimo compressionis gradu extensione aliqua ac proinde et pondere non careat, iterum comprimi posset atmosphaera, quod est contra hyp. Vel quod non minus absurdum est, in infinitum comprimi ac rareferi posset, ac proinde illius altitudo foret infinita.

Praeterea elasticitas aëris ponderi comprimenti proportionalis ponitur, cuius quidem hypotheseos falsitatem iam demonstravimus. Nam eodem manente pondere, aëris elasticitatem maxime turbant calor, frigus, humi-

ditas, siccitas. His fuse explicatis sic tandem concluditur: aëris elasticitas variis particulis per atmosphaeram sine ulla lege dispersis longe probabilius tribuitur, si experimentis repugnent physicae aëris elastici leges; atqui experimentis constat, physicas elasticitatis leges aëri repugnare; ergo nulla datur aëris elasticitas. Resp. dist. mai. et illa experimentorum varietas demonstra, ad aëris elasticitatem varias causas concurrere, C. mai, aërem elasticitate destitutum esse, ostendit, N. mai., quare N. cons.

Ad definiendam atmosphaerae altitudinem varias quidem hypotheses fingunt physici, quae ad omnes aëris partes transferri non possunt. Sua experimenta habuerunt in data aliqua aëris portione, quam ad certos limites comprimi et condensari posse observarunt, atque densitates ponderibus comprimentibus proportionales esse invenerunt. At certissimum videtur, aëris compressionem et dilatationem non soli partium ponderi tribuendas esse, sed calori, frigori aliisque causis plurimis. Itaque compertum omnino est, aëris rarefactiones in diversis altitudinibus ponderi comprimenti proportionales non esse, nec proinde observationes barometricae, quae in inferiori atmosphaerae parte sumuntur, ad superiorem aëris regionem traduci debent. Tandem repugnat omnino hypothesis, quae densitatem ponderibus comprimentibus proportionalem fa-

cit; foret enim altitudo atmosphaerae infinita. Hinc factum est, ut aliam hypothesim quaesiverint doctissimi viri, et aëris densitates ponderi comprimenti atque alteri ponderi *constanti* proportionales fecerint. In hac autem hypothesi vitatur atmosphaerae infinitae incommodum. Sed quidquid sit de atmosphaerae altitudine, quae quidem ex barometri observationibus nulla ratione definiiri posse videtur; certa tamen est et indubitata aëris elasticitas, quaecumque sit illius lex. Atque aëris nostri elasticitatem ceteris paribus ponderi comprimenti proportionalem esse, demonstrant experimenta. In refellenda autem obiectione prolixiores fuimus, ut inveniendae altitudinis atmosphaerae vulgaris methodus vobis innotesceret.

## ARTICVLVS III.

*De sono et auditu.*

## DEFINITIO.

Circa doctrinam soni tria praecipua nobis consideranda sese offerunt. Vel enim sonus consideratur in corpore sonoro, vel in medio, quod soni vehiculum est, nempe in aëre, vel tandem in ipso auditus organo. Si sonus primo modo consideratur, dicitur primitivus; si secundo modo, derivativus. Quare tres illas

partes soni definitio complecti debet. Recte igitur sonum definiunt physici: *particularum corporis resonantis motum tremulum in aëris particulis translatum, et ad aures tandem delatum.* Singulae huius definitionis partes sequentibus propositionibus demonstrantur.

*Prop. I. SONVS PRIMITIVVS NON SOLO TOTIVS CORPORIS MOTV OSCILLATORIO, SED POTISSIMVM CORPORIS SONORI PARTICVLARVM TREMORE PRODVCITVR.*

Prob. Etenim corpora non resonant, nisi percutiantur, et maxime omnium resonant corpora dura atque elastica, quorum partes lecta flectuntur, et deinde vi sua elastica resiliunt, atque tremulo ac vibratorio motu agitantur. Particularum corporis resonantis subsultus visu et tactu percipitur. Chartae frustula corpori resonanti insidentia subsultare oculis cernuntur, et admota manu partium fremitus sentitur. Verum si chorda instrumenti musici tensa non fuerit, licet oscillationes tota peragat, sonum non edit, et pariter forcipis focariae crura digitis constricta et deinde dimissa oscillationes agunt sine sono. At si oscillando corpus aliquod durum percutiunt, statim resonant. Ergo sonus non solo totius corporis motu oscillatorio, sed praecipue ipsius particularum tremore concipitur.

Hic motus seu sonus primitivus aëri continuo communicatur, et producit sonum deriva-

tivum. Contremiscunt ergo minimae aëris particulae ad modum chordae musicae. Et quidem aërem soni vehiculum esse, ostendunt corpora sonora in vacuo boyleano. Dum enim educitur aër, sonum languidiorem reddunt, et exhausto aëre, nullum, qui possit audiri. Nec ad sonum producendum satis est quilibet aëris motus. Si enim magna aëris moles agitetur, ventus quidem excitatur, sed nullus sonus. Quare necessarius est tremulus minimarum aëris particularum motus. Hunc vero motum oculis percipere licet, dum instrumentorum musicorum chordae pulsantur. Nam aëri innatantes tenuissimi pulvisculi et radio solis conspicui ad chordarum fremitum subsultare observantur. His necessariis ad sonum producendum conditionibus breviter iam observatis, nunc praecipua soni phaenomena explicabimus.

*Coroll.* Ex praecedentibus colligitur etiam soni propagatio. Etenim consideremus corpus aliquod tremulum, quod alternis vicibus eundo et redeundo sonum producat. Huius corporis partes ita suo propellent aëris partes proximas, easdem compriment et condensabunt, sed deinde reditu suo partes compressas recedere, et sese expandere permittent. Igitur partes aëris corpori tremulo proximae ibunt et redibunt per vices. Et quemadmodum propiores aëris partes eundo condensantur, redeundo relaxantur, sic etiam partes reliquae, quoties eunt, condensabuntur, et

quoties redeunt, expandentur. Ac proinde non omnes ibunt simul et redibunt; sed reliquae earum ibunt, dum aliae redeunt, atque ita deinceps vicibus alternis. Quod quidem evidens est ex minimarum particularum elasticitate. Porro licet corporis tremuli partes eant et redeant secundum plagam certam et determinatam; tamen motus per aërem propagatus quaquaversum dilatabitur, ut patet ex natura fluidorum, quae pressionem suam undequaque exercent. Igitur a corpore sonoro tamquam centro communi secundum superficies propemodum sphaericas et concentricas propagabitur motus. Huius rei exemplum aliquod, minus tamen perfectum, habemus in undis, quae si digito tremulo excitentur, non solum pergunt hinc inde secundum directionem digiti, sed per circulos concentricos digitum statim cingent, et undique divergent. Imperfectum autem, nec satis accuratum esse exemplum illud, observabimus. Si enim medium non sit elasticum, iam illius partes a corporis tremuli partibus compressae nequeunt condensari, et motus in instanti propagabitur ad partes, ubi medium facillime cedit, hoc est, ad partes, quas corpus tremulum vacuas a tergo relinquit. Ex his patet, propagationem soni per aërem non fieri in *instanti*, sed determinato tempore opus habet, ut per datum spatium propellatur. Motus autem soni aequabilis observatur,



et neque ab intensitate soni neque ab eius qualitate pender. Velocitatem soni ad calculum revocarunt doctissimi geometrae. Sed res pender ex sublimiori doctrina, nec fortasse satis accurate demonstrata. Quare velocitatem soni experimento definire satis sit. Tanta est velocitas lucis, ut per atmosphaeram in instanti quoad ad sensum propagetur. Si sonus et lux eodem temporis puncto excitentur, uti in machinis bellicis; flamma et fragor simul producuntur: spectator accurate dimetiatur spatium, quo a corpore resonante distat, tempusque, quod inter luminis et soni perceptiones intercedit, soni velocitas innoscescit. Atque hoc modo in variis regionibus varia observata est velocitas soni. In Anglia ea celeritate sonum propagari Flamsteedio et Halleyo visum est, qua pedes londinenses 1142, parisienses vero 1070 tempore minuti unius secundi percurreret. Quia vero densitas et vis elastica aëris in variis terrarum locis diversisque anni tempestatibus in eodem loco mutantur, inde quoque mutari oportet soni velocitatem. Diu creditum est, observantibus Gassendo, Mersenno nostro et academicis florentinis, sonum neque conspirante vento accelerari, neque adverso retardari. Sed D. Derham experimentis accuratius institutis falsum id esse, adserit.

Quidquid minimas aëris particulas ita commovere valet, ut motum tremulum admittat.

id sonum producet. Duo autem potissimum considerabimus sonorum genera. Primum est eorum, qui a corpore tremulo oriuntur, cuiusmodi sunt cordarum campanarumque soni. Alterum vero sonorum genus eorum est, qui inflatis instrumentis producuntur. Sic tibiae, fistulae aliaque id genus instrumenta ore inflata tinnium.

*Sit chorda AB in A fixa, trochleae B circumvoluta, tendatur a pondere P, et a situ recto ACB detorquatur in situm ADB. Ea per vim tensionis duabus quasi viribus agitur BD et AD, quae (secundum doctrinam de motu comp.) in paralelogrammum constructae, equipollent vi DF, per quam fit restitutio cessante tensione ita, ut punctum D motum suum acceleret usque ad C, atque ita celeritate aucta in alteram partem versus F excurrat, donec illa extinguatur eodem fere modo, quo fit in pendulis oscillantibus. Et quoniam omnes partes chordae motum habent communem, quaevis pars in arcum suum seu minimam lineolam in eodem tempore percurrat, quo suam percurrit punctum D, adeo ut oscillationes omnium punctorum chordae AB eodem tempore peragantur. Sunt enim singulorum punctorum vires restitutivae uti spatia ab illis percurrentia; adeoque tempora aequalia.*

*Igitur quemadmodum in pendulis per minimos arcus oscillantibus durationes sin-*  
Tom. V. G

gularum oscillationum sunt in ratione composita ex directa subduplicata longitudinum et reciproca subduplicata virium (pp. IV. V. cap. I. part. I. sect. II.), ita tempora vibrationum in chordis eandem seruant rationem, idque solum discriminis intercedit, quod vis tota, qua vibratio fit in chordis per massam et pondus exprimenda sit. Quod ut in bono lumine collocetur, sit sequens

Observatio. Sumantur fides eiusdem longitudinis, diversae tamen crassitudinis, et tendantur singulae ponderibus aequalibus. Si singulae percutiantur eodem modo eademque vi, sonos dabunt diversos: tenuissimae acutissimum, crassiores graviores. Vis ponderis tendentis in omnibus eadem est, sed quum haec vis diuidatur in totam massam, non aequae tendet fibras singulas, sed magis in chorda tenuiore, minus in crassiore. Quum igitur vis elastica chordae sit in ratione tensionis, erit illa ut pondus di-

uisum per massam, seu  $= \frac{P}{m}$

Porro in pendulis durationes oscillationum sunt in ratione directa subduplicata longitudinum, et inversa subduplicata virium. Hoc est, si duratio  $= D$ , longitudo  $= L$ , et vis  $= V$ , erit  $D = \frac{\sqrt{L}}{\sqrt{V}}$ . I-

gitur si longitudo chordae musicae dicatur  $L$ , massa chordae  $M$ , vis tendens seu pondus  $P$ , tempus vibrationis in chorda  $T$ ;

erit:  $T = \frac{\sqrt{LM}}{\sqrt{P}}$ . Et quia numerus vibrationum intra datum tempus confectatum est reciproce ut tempus seu duratio uniuscuiusque vibrationis; erunt numeri vibrationum

dato tempore peractarum, ut  $\frac{\sqrt{P}}{\sqrt{L \times M}}$ . Hinc

si chordarum longitudines  $L$  et massae  $M$  ponantur aequales; erunt numeri vibrationum, ut  $\sqrt{P}$ : hoc est, in ratione subduplicata ponderum tendentium. Si pondera tendentia  $P$ , et longitudines  $L$  aequantur; erunt numeri

vibrationum, ut  $\frac{1}{\sqrt{M}}$ , hoc est, in ratione sub-

duplicata inversa massarum, ac proinde in ratione inversa diametrorum\*, si chordae sint homogeneae. Si pondera tendentia sint aequalia, et praeterea chordae sint homogeneae et eiusdem diametri; erunt numeri vi-

\* Nempe massae seu soliditates chordarum sunt uti facta ex sectione quavis in longitudinem; sed longitudines aequantur (ex hyp.) ; ergo erunt, uti sectiones seu areae, hoc est, uti quadrata diametrorum.

brationum in ratione inversa longitudinum. Nam in hoc casu vibrationum numeri sunt,

ut  $\frac{1}{\sqrt{L \times M}}$ . Sed eadem manente chordarum

homogenearum diametro, massae  $M$  sunt ut

longitudines  $L$ . Quare  $\frac{1}{\sqrt{L \times M}}$  erit ut  $\frac{1}{\sqrt{LL}}$ ;

nempe ut  $\frac{1}{L}$ . Simili ratione ex hac formula

colligi possent innumera alia theoremata, quae ad chordarum musicarum vibrationes pertinent.

Sub eodem sonorum genere comprehendi diximus campanarum sonos. Quod quidem facile patet. Pulsatae enim campanae contremiscunt, et campanarum partes suas vibrationes peragunt. Idque etiam facile percipiet, qui campanae motum attentis oculis persequetur. Hanc enim ex rotunda ovalem fieri, et modo ad hanc, modo ad illam partem oblongari observabit. Difficillimum quidem est ex campanae forma et pondere numerum oscillationum definire. Si tamen campanae fuerint similes et homogeneae, facile demonstratur, numerum vibrationum esse in ratione subtriplicata, sive ut radices cubicae ponderum. Etenim pondus tendens ponatur  $\frac{M}{L}$ , for-

mula praecedens abit in  $\frac{\sqrt{M}}{\sqrt{L^2 \times M}} = \frac{1}{L}$ . At

corpora homogenea similia sunt in ratione triplicata laterum homologorum. Ergo quum mas-

sa vel pondus sit  $M$ , erit  $L$  ut  $\sqrt[3]{M}$ . Ac pro-

inde vibrationum numeri erunt ut  $\frac{1}{\sqrt[3]{M}}$ , hoc

est, in ratione subtriplicata reciproca ponderum. Quod autem pondus tendens ponatur  $\frac{M}{L}$ ,

ratio facile patet. Etenim si chordae musicae pondere aliquo appenso tendantur ita, ut tamen non rumpantur, chordarum homogenearum vires seu resistentiae sunt ut crassities, ac proinde etiam et pondera tendentia; sed chordarum crassities sunt ut ipsarum pondera directe et longitudines inverse (*ex elem. geom.*); ergo pondera tendentia sunt in ratione ponderum chordarum directa et longitudinum inversa, quod quidem accuratissimis experimentis in chordis metallicis confirmarunt physici \*.

\* Haec Auctoris demonstratio pro librata penitus et accurata haberi nequit, sed prout ad sensum apparet. Plura enim in considerationem venire debent, quae ab illo praetermittuntur.

Manifestum autem est, hanc ratiocinationem ad metallicas campanarum chordas transferri posse.

*Defin. 11.* Sonorum differentia secundum gravem et acutum pendet ex vibrationum tarditate et celeritate. Sonum graviorem esse dicimus, quo pauciores vibrationes eodem tempore peraguntur; contra vero acutiorem, quo plures vibrationes eodem tempore absolvuntur. Si chordae duae eundem vibrationum numerum eodem tempore perficiunt, dicuntur *unisonae*. Si vibrationum numeri sint, ut 2 ad 1, tunc consonantia illa vocatur *octava*. Si fuerit ut 3 ad 2, dicitur *quinta*. Si numeri vibrationum sint, ut 4 ad 3, consonantia dicitur *quarta*. Si fuerint, ut 5 ad 4, dicitur *tertia maior*. Et tandem *tertia minor*, si numeri vibrationum fuerint, ut 6 ad 5, atque ita deinceps. Illae autem omnes consonantiae ad experimentum facile revocantur, mutatis chordarum longitudinibus, ponderibus et tensionibus. Probe distinguenda est sonorum vehementia et debilitas ab illorum gravitate et acumine. Vehementia eiusdem soni diversa est pro diversa auditoris distantia. Etenim sonus undequaque in circumferentiam propagatur; pro maioribus distantibus in maius spatium diffunditur: ac proinde vehementia soni, ceteris paribus, in duplicata distantiarum ratione decrecere debet, ut statim intelligitur ex iis, quae de-

monstravimus in physica generali. Praeterea quum pulsata chorda, idem pulsus per aërem transmittatur; necesse est, motum perpetuo remissiolem fieri, ideoque et sonum debiliolem audiri. At quamvis in chordis vibrantibus maior audiatur sub initio soni intensitas, quae sensum languescit, atque tandem evanescit; interim tamen oscillationes manent isochronae, ac proinde sonus eundem retinet *gravitatis* et *acuminis* gradum. Tandem pendet etiam soni intensitas ex vi pulsante. Intensior enim exprimitur idem sonus, si maiori vi pulsetur chorda. Immo si nimis vehemens fuerit pulsatio ita, ut chorda extra situm naturalem longius excurrens ampliores vibrationes peragat, sonus sub initio acutior auditur, deinde autem minus acutus, atque hinc fit, ut soni minus iucundi minusque distincti producantur. Itaque ut iucundiores sonos reddat instrumentum musicum, id negligendum non est, ut nempe eadem sit vis pulsans, aut saltem non multum diversa, atque etiam, ut chordae in loco medio, vel saltem in locis similibus impellantur. Patet enim, mutato pulsationis loco, ipsam quoque vim pulsantem mutari.

Ad secundam sonorum speciem referuntur soni instrumentis aëre inflatis excitati. Qua ratione autem soni producantur, ex ipsa fistularum exstructura intelligere licet. Nemo non novit, fistulas esse tubos seu canales,

qui altera extremitate iunctum habent *peristonium*, aërem ex ore excipiens, atque per rimam in tubum emittens. Id autem omnino fieri debet, ut aër per rimam immissus internam tubi superficiem radat, leviterque perstringat, non vero in illius cavitatem et latera irritat. Quamobrem id maxime curant fistularum artifices, ut tubi latus rimae oppositum excendant, ne sit contiguum peristomio; fistulae extremitatem acuunt, ut aër in ipsam aciem irruens, ab ipsa quasi findatur, et ita tenuior aëris lamella per tubum prorepat. Ea de causa fit, ut in tibiis peristomio destitutis, quales sunt fistulae, quae *transversae* vocantur; peristomii figuram os quasi imitari videatur. His praemissis de fistularum constructione et artificio, ita sonus excitatur. Aër nempe in tubum ore immissus aërem in ipso tubo iam existentem secundum longitudinem comprimit. Hinc fit, ut sese iterum expandat, rursus coarctetur, atque hoc modo durante inflatu, oscillationes perficiat, sonumque producat. Ipsum quoque tubum motu tremulo agitari, opinantur aliqui. At cognitis fistularum proprietatibus minime satisfacit haec opinio. Constat enim, fistulas cylindricas longitudine aequales pares omnino sonos edere, quamvis amplitudine, crassitudine et materia ipsa differant. Quae ratione fieri posset, ut diversissimi tubi simili modo contremiscerent? Merito igitur dupli-

cem enumeravimus sonorum speciem. Haec tamen secunda species aliquo modo cum prima potest comparari.

Corpus, quod vibrationes peragit, easque in aërem circumfusum transfert, est aër in tubo contentus, cuius quantitas ex tubi longitudine et amplitudine innoscit. Vis ad oscillandum impellens est aër in tubi internam superficiem ore immissus. At vis, qua aër in tubo existens, et ex statu naturali deturbatus sese restituere conatur, quae proinde fit, ut certum oscillationum numerum dato tempore absolvat, est pondus atmosphaerae seu vis elastica aëris, quae incumbentis atmosphaerae pressioni aequivalet. Quare vis illa ex altitudine mercurii in barometro aestimari debet. Iam fistulae ad chordas musicas aliqua ex parte revocari possunt. Etenim chorda cum aëre in fistula contento potest comparari; ponderis chordam tendentis vires gerit pondus atmosphaerae. Haec enim duo licet prorsus dissimilia videantur eo, quod chorda a pondere tendente extendatur, aër vero ab atmosphaera comprimatur, res tamen perinde se habet si effectum attendamus. Idem enim est effectus, sive aëris compressione, sive chordae extensione oscillationes producantur. Itaque quum aër in fistulae tubo chordae musicae instar suas oscillationes perficiat, ex praecedenti formula comparari poterunt numeri vibrationum dato tempore peracta-

rum. Sit fistulae longitudo  $a$ , amplitudo  $bb$ , gravitas specifica aëris ad gravitatem specificam mercurii in ratione  $m$  ad  $n$ , altitudo mercurii in barometro  $k$ . Habemus ergo chordam aëream longitudinis  $a$ , cuius pondus  $abbm$ . Haec autem tenditur pondere atmosphaerae, hoc est, cylindro mercurii, cuius basis est amplitudo tubi  $bb$ , altitudo autem  $k$ . Quare pondus tendens =  $bbnk$ . Quibus valoribus in praecedenti formula substitutis, habe-

bitur vibrationum numerus  $\frac{\sqrt{bbnk}}{\sqrt{bbmaxa}} = \frac{\sqrt{nk}}{avm}$ .

Quia vero altitudo  $k$  diversis tempestatibus parum mutatur, atque eadem fere semper manet ratio  $m$  ad  $n$ ; hinc patet, cylindricarum fistularum sonos esse reciproce, ut tuborum longitudo; ita ut quo tubi breviores sunt, eo acutiores reddant sonos, et contra. Quod quidem egregie cum experientia consentit; quum fistularum soni neque a tubi amplitudine neque a materia, sed a sola longitudine pendeant. Quotidianis enim experimentis norunt musici, quoties instrumenta chordis instructa simul cum pneumaticis in concentu musico adhibent, haec perquam mutabilia esse, illorumque chordas modo intendi, modo remitti debere. Observandum tamen etiam est, acutorem raddi fistularum sonum, si coelum fuerit maxime serenum cum summo calore coniunctum. Pendet quoque sonorum ve-

hementia ab ipsa vi, qua inflantur fistulae, et a ratione, quam fistulae amplitudo ad longitudinem tener. Et quidem fistularum et chordarum similis est ratio, atque chordarum crassities cum fistularum amplitudine comparanda est. Quemadmodum ergo non quaevis chorda ad omnes sonos edendos est accommodata, sed ad datum sonum certa quaedam crassities requiritur, ita etiam datae longitudinis fistula non pro lubitu ampla vel angusta fieri potest, sed certi sunt limites, quos si praetergrediaris, nullum prorsus sonum datura est fistula. Neque pro lubitu augeri vel minui potest inflatus vehementia. Nam si nimis languide fistula infletur, sonum edet prorsus nullum. At fortius, quam par est, inflata, non eum, quem debet, edit sonum, sed iusto acutiorem. Et quidem si maior sit inflatus vehementia, iam ampliores esse intelliguntur aëris in tubo contenti oscillationes. At oscillationum amplitudo tubi amplitudine ita determinatur, ut certum terminum transgredi non possit. Quare si fistula vehementius infletur, quam ad istum gradum requiritur, eundem sonum edere non poterit; quod quidem etiam in chordis musicis iam antea observavimus. Quae autem de fistulis hactenus dicta sunt, ad eas tantum pertinent, quarum tubi formam habent vel prismaticam vel cylindricam; quales autem sonos daturi sint tubi, si fuerint divergentes vel convergen-

tes, aut alterius figurae, problema est longe difficilius. Si tamen figurae fuerint similes, et datus sit fistulae unius sonus, inveniri poterit fistulae similis sonus, non secus ac factum est in fistulis cylindricis.

Ad tubos divergentes referri debent tubi *stentorophonici*, quorum vis est maxima ad vocem articulatam longius propagandam. Optima tubarum vocalium figura illa est, quae fit ex conversione parabolae circa axem, constituto tubae orificio in ipso parabolae foco. Hac enim structura fit, ut radii sonori, qui angulum reflexionis aequalem efficiunt angulo incidentiae, saltem magna ex parte reflectantur ad axem tubae paralleli (*ex natura parabolae.*) Tubus ellipticus parabolico iungi solet ita, ut elliptici focus unus coincidat cum foco parabolici, et os loquentis in altero ellipseos foco constituatur. Qua ratione fit, ut radii sonori ab ore in tubo elliptico ad focum parabolici partim directi, partim reflexi dirigantur, (*ex natura ellipseos*) et deinde in tubo parabolico paralleli progrediantur. Tubis stentoreis adnumerandae sunt omnes tubae militares aut venatoriae. Exiguus enim sibilus, quem edit tubicem, constricto aëre inter labium et tubae oram, in validissimum erumpit sonum. Accurate autem observandum est, instrumenta illa a figura parabolica longe discrepare. Sunt enim versus axem convexa. Itaque incrementum soni non pendet ex paral-

lela directione soni, sed, ut ait Newtonus, ex *Fig* motu *reciprocatione*. Talis nempe est tubae figura, ut sonus ab uno pariete ad alterum repellatur, ut non nisi post innumeras reflexiones sive reciprocationes foras emittatur, ac proinde motu novo a recurrentibus aëris particulis impresso maxime augetur.

Ex iisdem principiis pendet sonorum repetitiones seu *echo*. Si sonus e centro quovis *A* directe propagatus, in obstaculum planum satis magnum *BC* incurrat, et ex *A* ducatur ad *BC* perpendicularis *AE*, producatursue ad *H*, ut sit  $EH = AE$ , sonus reflexus eodem fere modo percipietur, ac si ex loco *H* tamquam centro directe propagaretur, ob angulum reflexionis aequalem angulo incidentiae. Similiter si sonus a centro quovis propagatus in obstaculum quodlibet impingat, a quo ita reflectatur, ut post reflexionem radii sonori in centrum aliud convergant, sonus reflexus tamquam ex hoc secundo centro propagatus audietur. Quare si radii sonori satis densi ad aurem appellentes, et soni unius sensationem producentes ab aure in diversa centra convergant; locus, ex quo sonus propagatur, non bene distinguetur. At si sonus producaturs in loco *A*, et deinde ab obstaculo quovis *BC* reflectatur, tamquam ex centro *H* propagatus, auditor in loco *R* sonum directum per *AR* propagatum percipiet primum; deinde sonum reflexum quasi ex

centro *H* procedentem, postquam motu directo spatium *AR*, et motu reflexo spatium *FR* descripsit, audiet. Idem igitur sonus audietur bis, modo tamen distantiarum *AR* et *AFR* differentia tanta sit, ut sonus directus et sonus reflexus eodem sensibili momento organum auditus non adficient. Nam si sonus reflexus ad aurem perveniret eo tempore, quo soni directi impressio adhuc in ea perseverat, non geminus sed intensior tantum sonus audiretur. Porro experientia constat, sonos vix posse distingui, si plures quam novem circiter syllabae tempore minuti unius secundi successive producantur. Quare ne sonus reflexus cum directo confundatur, inter eorum ad aurem appulsus intercedere oportet partem nonam minuti unius secundi, quo tempore sonus describit spatium 127 pedum londinensium circiter. Hoc igitur spatio minor esse non debet distantiarum *AR* et *AFR* differentia, ut sonus reflexus distincte percipi possit in *R*. Si plura sint obstacula iustis intervallis dissita, in quae sonus directe offendat, is quasi ex variis locis saepius repetitus audietur. Ita machinarum bellicarum fragorem et tonitrus boatum circumiecta aedificia vel crassiores nubes pluries referunt. Ex sonorum reflexione et ex parabolae vel ellipseos proprietate pendet, quod maxime mirari solet imperitum vulgus, in amplissimis quibusdam cubiculis, atque etiam in tem-

plis tantum soni incrementum, ut si quis demissiori etiam voce mussitaverit, ab alio, qui in convenienti licet maxime distant loco fuerit constitutus, distincte audiatur.

Duplicem iam consideravimus instrumentorum speciem. At praetermittendum non est vocis instrumentum, quod ad utrumque instrumentorum genus pertinere videtur. Praeclarissima referemus experimenta, quae paucis abhinc annis de animalium voce habuit vir clariss. D. Ferreus. Ex anatome notum est, *tracheam* sive *asperam arteriam* esse canalem, qui prope fauces per anteriora colli ad pectus descendit, et in multos ramos, *bronchia* appellatos, per universam pulmonum substantiam disseminatur, ut omnibus eorum cellulis aut vesiculis possit aërem supeditare. Huius canalisis caput, quod *laryngem* vocant, media rimula pertusum est, quae rimula *glottis* dicitur, et fistulae peristomium imitatur. Circum glottidis labia conspiciuntur fibrae tendinosae, quas *chordas vocales* ob illarum officium appellare laudato viro placuit. Dum pectus musculorum vi attollitur, aër exterior vesiculis pulmonaribus sese inserit, non secus ac sublato embolo antliae cavitatem ingreditur. Hic motus, quo fit, ut pulmones aërem admittant, *inspiratio* dicitur. *Exspiratio* autem vocatur motus contrarius, quo depressi pulmones aërem expellunt, atque motus uterque communi nomine *respi-*



*ratio* appellatur. His possitis, totum vocis artificium ita explicatur. Dum aër et pulmonibus per tracheam eicitur, glottidis fibrillas vellicat, motuque tremulo agitatur. Illae autem fibrillae pro tonorum varietate maioris vel minoris tensionis capaces sunt, atque ad illam tensionis varietatem producendam laryngis cartilaginibus aptatos musculos deprehendit D. Ferrein. Ex his omnibus iam suspicio oriri potest, vocis organum ad chordas sonoras atque etiam ad instrumenta pneumatica pertinere. Tendinosae fibrillae hinc et inde ad glottidis labia protensae cum duplici chordarum serie in clavicymbalo possunt comparari: glottis ipsa pro earundem chordarum intervallo haberi potest: pennarum, quibus chordae vellicantur, locum tenet aër fibrillas agitans: vis autem huius aëris pulmonum actione producta digitorum officio fungitur. Hanc coniecturam ita confirmant experimenta, ut extra omnem dubitationem posita videatur. Ex animalium cadaveribus trachea simul cum larynge abstrahitur, tensis deinde magis vel minus glottidis fibrillis, aër in tracheam ore immittitur: pro maiori vel minori tensionis gradu diversi audiuntur toni. Ita pulchre succedit experimentum, ut diversi animalium toni clare distinguantur: tauri mugitus, latratus canis, ovis belatus facile discernuntur. Fibrillarum seu chordarum vocalium vibrationes attentis oculis sese con-

spicuas praebent. Si eadem fibrillae digitis vel instrumento aliquo stringantur, atque ad varias longitudines contrahantur, inflata larynge, diversos edent tonos. Quod autem in praedictis experimentis aër praestat, id in vivis animalibus exsequitur natura. Etenim demonstrat anatome, chordas vocales horizontaliter extensas extremitate anteriori *cartilagini scutiformi* adnexas esse, extremitate autem posteriori adligatas esse *cartilagini arytenoideae*. Cartilago autem scutiformis hinc et inde cartilagini annulari innititur, atque his duobus fulcris tamquam centro in arcum curvilineum flectitur modo a parte antica retrorsum, modo a summo deorsum, et contra. Talis autem motus fieri non potest, nisi cartilaginee illae chordas vocales trahant in partes oppositas; nempe cartilago scutiformis trahit a parte postica antrorsum, cartilaginee autem arytenoideae trahunt a parte antica retrorsum. Itaque chordae vocales magis vel minus tenduntur. Experimenta illa in animalium cadaveribus instituta unusquisque in se ipso facile sumere poterit. Si enim digitum gutturi quis immittat ita, ut ad spatium praedictis cartilaginibus interceptum pertingat; facile experietur, nullum produci posse tonum acutiorem, nisi pressionem aliquam digito sentiat. Contra autem si tonum graviorem edere tentaverit, in partem contrariam cartilago moveretur, et digito libertatem restitui ex-

perietur. Ex his principiis, ex diversa nempe fibrillarum conformatione et tensione, explicari potest in diversis hominibus atque etiam in eodem homine diversa aetate vocis varietas. Sed haec omnia facile colliget, quisquis explicatam sonorum doctrinam probe intellexerit.

Ceterum quae hactenus explicavimus, longe differunt ab iis, quae antea tradiderat D. Dodart. In glottidis labiis admittebat quidem fremitum aliquem, sed fremitum hunc ad tonorum varietatem secundario tantum conferre existimabat, atque ex diversa glottidis apertura totam vocis melodiam repetebat. At opinionis falsitatem demonstravit D. Ferrein. Glottidis amplitudinem sive aperturam per gradus mutavit, eadem manente fibrillarum tensione; contra autem servata glottidis apertura, tensionis gradus mutavit; in primo casu eundem, in altero autem diversum audivit tonum. In his autem omnibus experimentis solam tonorum varietatem simul cum larynge a ceteris partibus abstractam adhibuit vir clarissimus. At si sonus organis extra laryngem positus, gutturi nempe, dentibus, linguae, labiis, genis, naribus, palato admiranda motuum varietate illieat; iam sonus in vocem articulatam erumpit. Hanc autem motuum varietatem ad litteras exprimentas necessariam surdos natos saeculo proxime elapso docebat Iohan. Conradus Am-

man medicus amstelodamensis, atque etiam num parisiis exstat vir stupendae industriae, qui intra breve tempus mira successus felicitate surdos loquelam docet.

Soni doctrinam in aëre et in instrumentis sonoris hactenus consideravimus. Ultima iam superest huius articuli pars, quae est de ipso auditus organo. Praecipuas eiusdem organi partes, quantum officii nostri est, ordine describemus, illarumque usum exponemus. Externa auris pars oculis subiecta dicitur *auricula*, quae est cartilago sive membrana capitis cuti firmiter adnexa, hinc inde prominens, et in modum conchae expansa ad aërem maiori copia excipiendum. Hinc ii, quibus resecta est auricula, minus distincte audiunt, et manu instar cornu inflexa uti solent. Conchae adiacet *meatus auditorius* partim cartilagineus, partim osseus, qui variis flexibus velut spiris contorquetur, ut reflexionum numerus, ideoque et sonus augeatur. In fine meatus auditorii occurrit membrana quaedam subtilis annulo osseo imposita, nullo foramine pertusa, versus meatum auditorium tantisper cava, versus interiora auris convexa: haec *membrana tympani* appellatur. Quandoquidem vero variis aëris motibus excipiendis haec eadem tympani membrana modo laxari, modo tendi debuerat; huic operi ossicula quattuor a sapientissimo divinoque artifice destinata conspiciuntur, *malleolus* nem-

pe *incis*, *stapes* et *os orbiculare*. Malleolus sua cauda tympano nequitur, capite incudi, cui subiectus est *stapes*, hic autem cum ossiculo orbiculari coniungitur. Illa autem quatuor ossicula sic inter se iungantur, et adiunctis musculis trahuntur, ut tympani membranam modo laxiorem, modo tensesiorem reddi oporteat. Itaque dum extrema stapedis pars contrahitur, adnexa illi incus impelli debet, eademque contractio diffundi in malleolum, qui quum altera sui parte tympano adhaereat, tympanum ipsum debet contrahere, eiusque membranam durioresi reddere. Praedicta ossicula continentur in cavitate, quae *tympani cavitatis* appellatur. In cavitatem tympani hiat *tuba eustachiana*, quae est canalis longior partim osseus, partim cartilagineus, per palatum protensus, communicans cum aere externo, qui ore et naribus hauritur. In eadem cavitatem hiant quoque *orificia cellularum mastoidearum* et fenestrae duae; *ovalis*, quam tegit *stapes*, et *rotunda*, quae tenui membrana tegitur.)

Iam consideravimus meatum auditorium et cavitatem tympani. Contemplanda superest *spelunca* alia, ut dicunt, quae *ossis petrosi* cavitates continet, et *labyrinthus* vocatur. Media labyrinthi cavitatis appellatur *vestibulum*, ad quod ducit fenestra ovalis. Ad cavitates labyrinthi pertinet etiam cochlea, cui opponuntur tres canales *semicirculares*

dicti: illi autem canales per quinque foramina hiant in vestibulum. Maxime autem considerari debet admirabilis cochleae structura, hoc nomine appellata eo, quod cochleae figuram imitetur, in varios gyros sinusque inflexa. Huius quidem spirae initio latiores sunt et ampliores, deinde vero sensim contrahuntur. Huic autem ossi lege admirabili contorto subtiliores atque molliores nervorum fibrae a *capitulis* pari diffusae superextensae conspiciuntur. Ad labyrinthum quoque referri potest *processus mastoideus*, qui cellulas plurimas intus continet; quarum quidem cellularum beneficio sonus admodum multiplicatur. Tandem ultima cavitatis est *aqueductus fallopii*, qui est canalis longior e labyrintho protensus, in osse petroso insculptus, nervum *acusticum* seu *auditorium* continens. Nervus autem ille in duos ramos dividitur, *mollis* scilicet et *durus*. Mollis per labyrinthum distribuitur, durior autem per varios ramulos tendit ad tympanum, aurem externam, aliasque vicinas partes.

Ex his licet brevius explicatis iam intelligere licet, qua ratione in nobis excitetur sensatio soni. Sonus, qui in aere externo producit, in auriculam incidit, et concham ingreditur; unde in meatum auditorium defertur. Hinc transmittitur in tympani membranam, quae sic concussa ad modum aeris incidentis contremiscere incipit. Huius mem-

branae fremitus communicatur aëri in tympani cavitate contento, qui per tubam eustachianam illuc advenit, atque in eodem aëre pulsus excitantur. Hic motus per fenestras propagatur ad fibrillas nerveas, quae internas superficies vestibuli et trium canalium semicircularium vestiunt. Agitantur etiam ad modum aëris diversa atque consona, quae per cochleam secundum harmoniae leges extenduntur, nervi acustici filamenta, et deinde motus per nervum acusticum ad cerebrum usque transfertur, et anima sonum percipit. Aliquem aërem, quem *innatum* dicunt, in labyrinthi cavitatibus latere vulgo creditur. Verum ficticius omnino videtur aër ille, quum nullus intra cavitates labyrinthi aditus, exitus nullus umquam observari potuerit. Et praeterea ad explicandum auditus artificium nullus omnino est utilitatis; praesertim si verum sit, quod paucis abhinc annis traditum est, mulierem bononiensem rerum anatomicarum peritissimam detexisse communicationem inter utramque fenestram et cochleam, ope duorum musculorum, qui a fenestris cum nervo auditorio connectuntur. Quare nulla est aëris innati necessitas. At necessarium omnino esse, patet, aërem in tympani cavitate contentum. Hinc nascitur surditas, si tubae eustachianae hiatus obstruatur. Ea de causa fit, ut pictores, dum in tabella auditorem aliquem intensius attentum pingere volunt:

eum ore patulo pendulaeque maxilla inferiore, repraesentare soleant.

Vnum iam superest investigandum, quae scilicet ratione fieri possit, ut diversi per aërem tremores sine ulla tonorum confusione eodem tempore ad aures propagentur, variasque excitent soni sensationes. Et quidem in concentu musico soni tam graves, quam acuti eodem tempore distincte audiuntur. Tanta est propositi phaenomeni difficultas, ut merae hactenus habeantur coniecturae, et vix aliquid amplius umquam sperandum sit. Ingeniosissima sane est hypothesis viri doctissimi D. de Mairan, qui in aëris particulis diversos admittit elasticitatis atque tensionis gradus, et diversos velati tonos ita, ut aliae particulae tardius, aliae velocius suas vibrationes perficiant, atque ita diversas sensationes producant. Si chorda musica motu oscillatorio agitur, haec motum suum transfert potissimum in aëris particulas unisonas, eodem scilicet elasticitatis et tensionis gradu praeditas. Illae igitur aëris particulae instar chordae eunt et redeunt. Inde rationem reddunt aliqui physici, cur chorda unisona etiam non pulsata, si tamen fuerit proxima, resonet, et tonum edat. Quum enim chorda illa ad chordae pulsatae modum contremiscere apta sit, recurrentibus aëris pulsibus, motum accipit, tonumque producit. Simili modo aliae sunt aëris particulae, quae eodem

tempore duplum absolvunt vibrationum numerum. Illae igitur velociores aëris vibrationes in chordam ipsam transferri debent, debilius tamen, utpote integra chordae vibratione turbatae. Atque hinc fieri aiunt, ut praeter tonum totius chordae, quem *fundamentalem* dicunt, audiatur etiam tonus, qui *octava* vocatur, alique etiam toni excitentur non solum in chorda pulsata, sed in proximis quoque chordis licet intactis. Generatim rem ita explicant. Si chordae duae proximae in partes aliquotas dividi possint, quae sint inter se ad unisonum, aut quod idem est, quae vibrationes isochronas peragant, et harum chordarum una pulsetur, sonumque edat; chordae duae sese in partes aliquotas veluti dividunt, recurrentibus aëris particulis, ut ad unisonum reducantur. Ita si capiantur eiusdem chordae partes duae, quarum ratio sit 2 ad 3, et aequaliter tendantur, alteraque pars pulsetur; dividetur minor chorda in partes duas, et maior in partes tres, quae singulae seorsum vibrationes suas perficient. Nam brevior chorda, duarum nempe partium, tres vibrationes perficit, dum chorda longior partium trium duas tantum absolvit. Quare chorda brevior frequentiores in aëre pulsus excitat, quorum recursu chorda longior citius, quam par est, agitur. Et quum utriusque chordae aërisque oscillationes congruere non possint, nisi singulae chorda-

rum partes aliquotae et aequales suas vibrationes seorsum peragant, motus ille conspirans, tam in chordis quam in aëre tandem producit. Haec quidem tonorum multiplicitas experimentis demonstratur, sed demonstrata non est adlata experimentorum ratio. Etenim, ut alias praetermittam difficultates plurimas, si diversae aëris elasticitati tribuenda sint haec musices phaenomena; cur audiuntur dumtaxat soni tono principali acutiores? Non minus distincte graviores toni in hac hypòthesi audiri deberent; quum in utroque casu iisdem motibus recurrant, atque conspirent aliae aëris particulae, quae unam vibrationem peragunt, interea dum chorda rota vibrationem unam perficit. Sed haec satis dicta sint in re admodum difficili et nunquam fortasse explicanda.

## APPENDIX.

*De quibusdam capitulis praecedentis utilitatibus.*

## I.

Explicatam in praecedenti articulo doctrinam intelligendis musices principis utilissimam esse, ex dictis iam manifestum est. Hanc autem utilitatem paucis, quantum licet, declarabimus. Musica dicitur scientia varios

sonos ita coniungendi, ut auribus gratam exhibeant harmoniam. De tonorum varietate nonnulla exponemus, et de suauitatis musicae causa pauca adiungemus. *Intervallum* apud musicos appellatur differentia inter duos sonos ratione *gravitatis* et *acuminis* ita, ut quo maior est differentia inter graviolem, et acutiorem sonum, eo maius quoque intervallum esse dicatur. Quare si differentia sit nulla, nullum quoque est intervallum, illadque intervallum *evanesceus* appellatur *unisonus*. Si intervallum fuerit 2 : 1, si nempe soni rationem duplam teneant, intervallum dicitur *octava*. Sed primaria sonorum intervalla iam definivimus, nunc vulgarem tenorum *scalam* explicabimus. Haec notissimis vocibus exprimitur, *ut, re, mi, fa, sol, la, si, ut*. In hac autem scala praecedentes toni ex ordine tenent sequentium numerorum rationem, nempe 1.  $\frac{9}{8}$ ,  $\frac{5}{4}$ ,  $\frac{4}{3}$ ,  $\frac{3}{2}$ ,  $\frac{27}{16}$ ,  $\frac{15}{8}$ . 2. Ex hac numerorum serie patet, aequalia esse vel fere aequalia intervalla inter *ut re, re mi, fa sol, sol la, la si*. Verum intervalla inter *mi fa*, et *si ut* licet aequalia inter se, praecedentium intervallorum sunt tantum dimidia. Quare intervalla *mi fa, ut si* appellari solent *hemitonia*, reliqua autem intervalla *ut re, re mi* cet. toni proprie dicuntur. Vt autem perspicua intervallorum notio habeatur, docendum est, qua ratione soni duo fractis numeris expressi possint inter se comparari. Ita

si comparandi sint soni *mi, sol*, qui exprimuntur numeris  $\frac{5}{4}$ ,  $\frac{3}{2}$ , multiplicetur numerator 5 per denominatorem 2; deinde numerator 3 ducatur in denominatorem 4; habebuntur numeri duo integri 10, et 12, ac proinde sonorum illorum ratio, sive, quod idem est, intervallum exprimetur ratione eorundem numerorum 10, 12 vel 5, 6; atque sonorum intervallum eo maius erit, quo magis ratio illa differt ab unitate. Nec difficilius numeris exprimitur sonus aliquis, cuius data est ratio ad alium quemlibet sonum datum. Ita invenienda sit tertia maior quintae  $\frac{3}{2}$ . Haec tertia maior debet esse  $\frac{5}{4}$  ipsius quintae, ut patet ex tertiae maioris et quintae definitione. Nam tertia maior soni cuiuslibet est  $\frac{5}{4}$  eiusdem soni. Quare fractiones duae  $\frac{5}{4}$ ,  $\frac{3}{2}$  in se invicem multiplicari debent, orienturque nova fractio  $\frac{15}{8}$ , quae erit tertia maior quaesita. Haec omnia statim manifesta sunt ex demonstratis in arithmetica, ubi de numeris fractis. Simili ratione in aliis quibuslibet tonis operatio institui debet. Ita ratio *si ut* est  $\frac{15}{8}$  ad 1 seu 15 ad 16, atque eadem est ratio *mi fa*, nempe  $\frac{5}{4}$  ad  $\frac{4}{3}$  seu 15 ad 16. Hinc patet, hemitonicorum intervalla esse tonorum integrorum intervallis dimidio circiter minora. Etenim ratio *ut, re* est  $\frac{9}{8}$ , ratio autem *si ut* vel *mi fa*  $\frac{15}{8}$ , quae duae rationes si conferantur cum unitate, differentiae inveniuntur  $\frac{1}{9}$ ,  $\frac{1}{16}$ , quarum una est altera cir-

citer duplo maior. Iam ad vulgarem scalam variosque tonos redeamus.

Si intervallum componatur ex tono et hemitonio; ut *mi sol*, *la ut*, *re fa* dicitur *tertia minor*. Intervallum ex duobus tonis compositum, quales sunt *ut mi*, *fa la*, *sol si*, vocatur *tertia maior*. Intervallum ex duobus tonis et hemitonio compositum, quales sunt *ut fa* vel *sol ut*, appellatur *quarta*. Si intervallum constat ex tribus tonis, quales sunt *fa si*, vocatur *quinto*, vel etiam *quarta superflua*. Intervallum ex tribus tonis et hemitonio compositum, quale est *ut sol*, *fa ut*, *re la*, *mi si*, vocatur *quinta*. Si intervallum componitur ex tribus tonis et duobus hemitoniis, quale est *mi ut*, appellatur *sexta minor*; dicitur autem *sexta maior*, si intervallum ex quattuor tonis et hemitonio componatur, quale est intervallum *ut la*. Si intervallum ex quattuor tonis constat et ex duobus hemitonis, quale est *re ut*, dicitur *septima minor*. At vocatur *septima maior*, si intervallum ex quinque tonis et hemitonio componatur: tale est intervallum *ut si*. Tandem si intervallum ex quinque tonis et duobus hemitonis compositum fuerit, quale est *ut ut*, appellatur *octava*. Evidens autem est, illas tonorum definitiones convenire cum iis, quas in articulo praecedenti tradidimus. Vnicum exemplum adferre satis sit. Intervallum *mi sol* est *tertia minor*; nam *mi* in scala

vulgari exprimitur per  $\frac{5}{4}$ , *sol* autem per  $\frac{2}{2}$  quare intervallum inter *mi* et *sol* exprimit, ratio fractionum  $\frac{5}{4}$ ,  $\frac{2}{2}$ , quae quidem ratio est 10 ad 12, vel 5 ad 6, ac proinde intervallum illud est *tertia minor*, ut antea explicavimus. Si praecedentibus tonis in instrumento musico certus adsignetur vibrationum numerus, vel quod idem est, datus *gravitatis et acutiei* gradus, atque deinde toni illi duplo acutiores reddantur, nova obtinetur scala, in qua toni singuli ad tonorum praecedentium *octavam* adscendunt. Quia vero a primo *ut* ad secundum *re*, alterius scilicet superioris vel *adscendentis* scalae, novem soni computantur; ideo intervallum inter illos duos sonos dicitur *nona*, quam componi manifestum est ex sex tonis et duobus hemitoniis. Simili ratione intervallum inter *ut* primae scalae, et *fa* secundae, vocatur *duodecima*, atque ita deinceps. Dupla octava appellatur *decima quinta*. At *decima septima* vocatur dupla octava tertiae, et *decima nona* dicitur dupla octava quintae. Totam rem numeris explicabimus.

Si tonus aliquis dicatur 1; illius octava acutior erit 2, gravior autem octava  $\frac{1}{2}$ . Numeri illi expriment vibrationum numerum dato aliquo tempore peractarum. Quare ut toni alicuius octava acutior habeatur, numerus hunc sonum exhibens per 2 multiplicari debent; si vero multiplicetur per  $\frac{1}{2}$  habebitur o-

ctava gravior. Itaque si sonus aliquis v. g. ut dicatur *1*, illius octava acutior erit *2*, dupla octava erit *4*, tripla *8*. Contra autem octava gravior erit  $\frac{1}{2}$ , dupla octava  $\frac{1}{4}$ , tripla octava  $\frac{1}{8}$ . Simili modo numerus *3* exprimet duodecimam acutam, duodecima autem gravis erit  $\frac{1}{3}$ . Ita decima septima maior acuta erit *5*, gravis autem  $\frac{1}{5}$ . Facile pater, duodecimam acutam toni alicuius esse octavam quintae eiusdem toni. Etenim si tonus *principalis* dicatur *1*, erit quinta  $\frac{5}{4}$ , cuius octava est *3*. Simili ratione decima septima maior acuta, est dupla octava tertia maioris eiusdem toni. Etenim quinta exprimitur fractione  $\frac{5}{4}$ , quae multiplicata per *4*, ut habeatur dupla octava, abit in *5*, nempe in decimam septimam maiorem acutam. Porro evidens est, quinque tonos, qui vulgarem scalam constituunt, in duos semitonos veluti divisos concipi posse. Ita inter *ut* et *re* medius est tonus, qui *ut* semitono superat, et a sono *re* deficit eodem semitoni intervallo. Si aliquis scalae tonus semitoni intervallo gravior reddatur, dicitur *bemollis*; vocatur autem *diesis*, si eodem intervallo fiat acutior. His praemissis, quae quidem musices amatoribus probe cognita esse debent, iam referendum est praeclarissimum sane experimentum, quo musicae doctrinae pars maxima innixa videtur. Si chorda aliqua musica, praesertim crassior, plectro pulsetur, praeter tonum *principalem* sive *fundamentalem* audi-

tur octava eiusdem toni, et praeterea duodecima et decima septima maior acuta satis facile distinguuntur, hoc est, octava acuta quintae, et dupla octava tertiae maioris. Id quidem iam diu notum est. At subtilius aliud experimentum habuere recentiores musici. Si nempe comparantur chordae duae, quarum una sit ad duodecimam gravem chordae pulsatae, altera autem ad decimam septimam maiorem gravem; fremitus quidam in duabus illis chordis observatur, nullus tamen auditor sonus. Praeterea chordae illae in partes veluti dividuntur, una scilicet in tres partes aequales, altera autem in quinque. Atque partes illae, in quas dividuntur chordae, soni principalis octavam redderent, si non fremitum dumtaxat sed sonum quoque ederent. Iam tonus fundamentalis dicatur *ut*. Quia vero eadem chorda producit duodecimam et decimam septimam maiorem, audietur quoque octava ipsius *sol*, et dupla octava toni *mi*. Quare quum octavam *sol* et duplam octavam *mi* quasi sponte instrumenta ipsa suppeditent; hinc colligitur, duos praedictos tonos simul cum tono *ut* consonantiam magis naturae consentaneam, ac proinde et magis perfectam reddere.

Simili ratione illa tonorum consonantia voce expressa, foret omnium perfectissima. At quia vocis limites tam magna intervalla non facile permittunt, praedictis tonis illorum octavae substituuntur. Hinc nascitur cantus *ut*, *mi*,



*sol*, ut omnium simplicissimus et maxime facilis, in ipso corpore sonoro habens originem. Quia vero in hoc cantu *ut*, *mi*, *sol*, ut tertia *ut mi* maior est, hinc cantus ille *modus maior* appellatur.

In secunda experimenti parte percipitur fremitus duodecimae gravis, et decimae septimae maioris iidem gravis. Hinc derivatur alter *modus*, qui *minor* appellatur, cuius denominationis rationem explicabimus. Quum tertia minor gravis sit *la*, tertia maior gravis erit *la bemollis*. Nam tertia maior a minori differt hemitonio, sed intervallum *ut la* est tertia minor; ergo intervallum *ut la bemollis* erit tertia maior. Quare decima septima maior gravis erit dupla octava ipsius *la bemollis* gravis. Simili modo quum quinta gravis sit *fa*, duodecima gravis erit octava ipsius *fa* gravis. Itaque quum toni substitui possint octavis, hinc oritur cantus naturae consentaneus, *fa la bemollis ut*, in qua tertia *fa la bemollis* minor est, en ideo *modus ille* appellatur *minor*.

Verum quia resonante tono principali *ut* in tonis *fa la bemollis* fremitus dumtaxat percipitur, nullus autem sonus, qui in primo modo auditur, hinc *modus minor* minus perfectus est quam *modus maior*. Ex his principis musicae compositionis leges derivarunt viri celeberrimi eruditique *orpheti*. Sed nobis satis sit ea breviter exposuisse, quae in chordarum musicarum vibratione observantur. De

suavitatis musicae causa, re quidem valde obscura, aliquid subiungemus, quod sua utilitate non caret, et sic *miscibimus utile dulci*.

II. Propria experientia unusquisque novit, ea sibi placere, quorum ordinem instamque dispositionem percipit. Ita si contemplemur horologium, id maxime nobis placebit, si ex eius structura intelligimus, singulas illius partes ita esse connexas, ut ad tempus accurate indicandum concurrant. Exemplo etiam sit architectura, quae *gothica* appellatur. Haec ornamentorum multitudine laborat, atque intuentium oculos animumque defatigat. Quia vero sine partium varietate nullus rerum ordo esse potest, hanc primariam suavitatis causam unusquisque in se ipso experitur, nempe consensum sive ordinem in varietate. Et quidem nobis displicet nimis longa rerum vel obiectorum similitudo: maxime delectamur lectione librorum, qui maximam nos docent rerum varietatem: contra autem taedio afficimur, si res easdem frequentius reperitas legamus. Hanc generalem suavitatis rationem ad musicam transferre tentarunt doctissimi viri, hac nempe ratione.

Duo in sonis potissimum consideranda sunt, quae ordinem possunt continere, sonorum scilicet *gravitas* vel *acumen*, et eorum *duratio*. Itaque placebit musicus contentus, si ordinem, quem inter se tenent soni, illorumque durationem percipimus. Duorum sonorum or-

dinem intelligimus, si percipiamus rationem, quam vibrationum eodem tempore editarum numeri inter se habent. Ita si aliquis sonus eodem tempore tres pulsus perficiat, dum alter duos tantum absolvit, iam eorum relationem atque ordinem cognoscimus. Simili modo plurium sonorum mutuam relationem comprehendimus, si rationes omnes, quas singulorum tonorum numeri inter se habent, perspectas habemus. Quia vero in sonorum duratione ordo etiam esse potest; ex hac causa voluptatem etiam capiemus, si rationes quas singula durationum tempora inter se tenent, percipiamus. Quum autem soni graviores eodem tempore pauciores edant pulsus; perspicuum est, sonorum acutotum rationem facilius quam gravium percipi posse, eodem tamen manente tempore, et mutato dumtaxat vibrationum numero. Haec itaque regula merito observatur, ut nempe gravioribus sonis maior tribuatur duratio, acutioribus minor, atque eandem ob causam sonos eo magis producendos esse intelligitur, quo magis sunt compositae et perceptu difficiles tonorum rationes. Fieri tamen potest, ut acutiores soni tardius aliquando incedere debeant, graviores autem celeriter progredi possint, si nempe hi simplices, illi vero compositas teneant rationes. Hinc intelligitur modi utriusque *maioris* scilicet et *minoris* perfectio, quum sonorum ordinem atque relationem natura ipsa

nobis suppeditet. Verum quidquid hactenus dictum est de sonorum ordine illorumque mutua relatione, non ita intelligendum volumus, quae nonnullorum est opinio, quasi ex ipsa numerorum natura facillime vibrationum proportionem suavitatis musica derivari possit. Et quidem si ex ipsa vibrationum natura illarumque facili ratione pendeat harmoniae iucunditas; quid causae esse poterit, cur tertia minor, in qua vibrationes sunt ut 5 et 6, gratissimam auribus exhibeat consonantiam; contra autem soni, quorum vibrationes sunt ut 6 et 7 aures durissime offendant? Ecquis sibi facile persuadebit, iucundissimam esse primam consonantiam, quia singulae sex vibrationes simul recurrunt; in alio autem sono acerbè aures adficiuntur, quia singulae tantum septem vibrationes simul recurrere audiuntur. Ecquis intelliget tantam sensationum differentiam ex minima tonorum differentia, quae est dumtaxat  $\frac{1}{36}$ , nempe pars 36.<sup>a</sup> Igitur per vibrationum relationes perceptu faciles intelligimus tantum illas tonorum rationes, quas instrumentorum nostraeque vocis natura exhibet, atque nomine consonantiarum illas dumtaxat significamus sonorum combinationes, quae ad praecedentes modos referuntur; contra autem, si ad modos illos soni non possunt referri, *dissonantiae* appellantur. Iucunditatem semper adferunt consonantiae. Quamvis autem displiceant dissonantiae, eas

tamen aliquando adhibere licet, non tamen sine aliqua praeparatione, et dummodo ad perfectissimam consonantiam statim transitus fiat. In dissonantiarum usu ars est maxima. Et quidem si dissonantiarum labori et tristitiae succedat consonantiarum facilitas et iucunditas, brevi taedio quasi sublevati maiorem deinde capimus voluptatem. Frequentiores autem usurpantur solent dissonantiae in iis musicarum compositionum generibus, quae ad dignitatem et maiestatem formatae esse debent, quales sunt concentus sacri, pro templorum maiestate et religione compositi.

Ex iis, quae hactenus diximus, probabilissime colligitur, suas esse, et quidem certissimas artis musicae leges, nullo hominum arbitrio mutabiles. Fatendum tamen est, suavitatem musicam ex gentium moribus atque ingenio non parum pendere. Etenim quum sensationibus repraesentandis accommodata sit musica, pro diversa hominum indole magis minusve iucundum esse debet idem musicae genus. Evidens quoque est, ex diversa organi conformatione repetenda etiam esse diversa de musicae suavitate hominum iudicia. Itaque si homines iisdem sensationibus diversimode adficiantur, si organum auditus sit varie conformatum ita, ut validius vel debilius flectatur atque moveatur; iam diversas de musicae suavitate opiniones ex his causis oriri necessum est. Hac igitur ratione

absolvi posse videtur pervulgata quaestio de musicae varietate. Dum enim disputari solet, usurpatum a natione aliqua musicae genus non esse naturae consentaneum, res perinde se habet, ac si vernaculum in eadem natione sermonem naturae consonum esse negaretur, et quidem linguae in qualibet natione ad exprimenda hominum sensa sunt institutae; atque talis esse debet musicae perfectio, ut voces ideoque et hominum indolem, quantum ars patitur, exhibeat. Sed haec pauca breviter attigisse satis sit, oblata occasione. Quidquid sit de musicae suavitatis causa et varietate, certissimum est, tantam esse harmoniae vim, ut non solum homines, quibus rite conformatum est organum, plurimum delecret, sed aliquos delicatiori auditu instructos mira dulcedine rapiat, variosque adfectus movere valeat. Quae quum ita sint, purior doctrina iubet, caute declinandos esse musicos concentus, qui ad excitandos adfectuum tumultus morumque sanctitatem corrumpendam videntur compositi.

## SECTIO II.

*De lumine et igne.*

Quum lux et ignis communes quasdam et adfines proprietates habeant, utrumque argumentum eadem sectione complectemur. Id enim in nostris institutionibus maxime cavemus, ne ea separemus, quae sunt coniuncta. Itaque duo erunt huius sectionis capita. Primum de lumine; alterum de igne.

## CAPVT I.

*De lumine.*

Triplici potissimum ratione lux considerari potest: nempe vel in corpore lucido, quod lucem emittit, vel in corpore, quod emissam lucem excipit, et tandem in ipso visionis organo. In hac autem divisione continentur etiam, quae de coloribus et iride in cultiori physica solent explicari. Itaque pro rerum tractandarum varietate et ordine varios instituemus articulos.

## ARTICVLVS I.

*De lucis natura et emanatione.*

## I.

Omnes tum veterum tum recentiorum philosophorum de natura lucis sententiae licet plurimum inter se dissidentes ad duo veluti capita referri possunt. Alii nimirum existimant, lucem esse qualitatem aliquam vel accidens, quod lucido corpori modo coniungatur, aliorumque accidentium instar inhaereat, modo ab illis separetur. Alii vero arbitrantur, lucis naturam positam esse in tenuissima quadam substantia corporea quae celerrime agitata corpora illustret, aërem penetret, oculum subeat, nerveasque fibrillas percellens sensum quemdam in illis imprimat. Quod ad primam opinionem spectat, eam breviter et fortasse longius, quam par est, in sequenti conclusione refellemus. Quod vero atinet ad aliorum philosophorum sententiam, ii rursus naturam lucis diversimode explicant. Cartesius vorticum hypothesim heic pro more suo implorat, et rem totam ita exponit. Sol et stellae fixae ex tenuissimis corporibus, nempe ex materia primi elementi seu subtili componuntur, et in globos conformantur, qui circa proprium axem vehementissimo motu

Convertuntur. Iam dum globuli illi aguntur in gyrum, conantur a centro motus recedere, atque hac vi centrifuga circumstantes secundi elementi globulos quaquaversum per rectam impellant. Quia vero globulosa materia a sole stellisque fixis veluti centris, radiorum instar ad circumferentiam, hoc est, ad extremum vorticis protenditur, dum globulus soli conterminus subtilis materiae vi centrifuga impulsus movetur, idem motus per seriem globulorum propagatur, donec globulus oculo coniguus, et ad tremorem concitatus lucis sensationem excitet; et quidem *in instanti*, non secus ac agitata baculi extremitate alteram extremitatem statim moveri necesse est.

II. Cartesianam hypothesim validissimis argumentis impugnavit Newtonus, et fere demonstravit, lucem consistere in subtilissimis effluviis e corpore lucido tamquam centro per radios perpetuo emanantibus, et in omnem partem rapidissime vibratis. Itaque patet, cartesianam hypothesim a newtoniana sententia duplici ex parte maxime discrepare. 1.º Cartesianus nulla admittit e corpore lucido effluvia. 2.º Lumen in instanti propagari adserit; quae duo negat Newtonus, cuius sententiam in sequenti conclusione explicabimus et confirmabimus.

## CONCLUSIO.

LVX CONSISTIT IN EFFLUVIIS E CORPORE LUCIDO IUGITER EMANANTIBVS, ILLIVSQUE PROPAGATIO INSTANTANEA NON EST SED SVCCESSIVA.

Prob. I. pars. Experimentis notissimum est, radios lucis in *speculi* ustorii foco collectos tantam vim concipere, ut ex durissimis quoque adamantibus fumum exprimere, corpora plurima in calcem vitrumque redigere valeant. Hi autem aliique id genus effectus intelligi nequaquam possunt, nisi tenuissima lucis corpuscula undequaque dispersa in minus spatium redigantur, vimque maiorem adquirant; ac proinde lux in perpetua seu iugi tenuissimarum particularum emissionem consistit. Et re quidem ipsa corpora omnia lucida, ut flamma et ignis, dum lucent et urunt, tandem consumuntur, atque omnino dissipantur.

Neque est quod cartesianam vorticum hypothesim iam antea profligatam heic iterum refellamus. Satis erit ostendere, lucis propagationem consistere non posse in pressione quadam per fluidum aliquod elasticum diffusa. Etenim fluidum illud pressionem suam undequaque exerceret, non secus ac in sono videmus contingere. Itaque sol etiam latentus sub horizonte nobis foret conspicuus, eo-

dẽm plane modo, quo sonus in quavis cubi-  
culi parte per fenestram auditur. Ex his  
iam sic concluditur. E corporibus lucidis per-  
petuo seu iugiter emanant effluvia illa, quae  
experimentis sese manifestant, et quae lucis  
phaenomena omnino postulant; atqui sine per-  
petua corpusculorum emanatione explicari non  
possunt experimenta, lucisque phaenomena,  
quibus minime satisfacit fluidi elastici pressio;  
ergo lux consistit in effluviis e corpore lucido  
perpetuo emanantibus.

Prob. 2. pars. Luminis propagationem *in-  
stantaneam* non esse, sed tempore aliquo  
indigere, ex prima conclusionis parte mani-  
festum est. Etenim quum effluvia e corpore  
luminoso ad oculos nostros emitti progredi-  
que debeant, motum illum in instanti fieri  
repugnat; quum quaelibet materiae transla-  
tio aliquod postulet temporis intervallum. Suc-  
cessivam luminis propagationem non solum  
demonstrant observationes astronomicae, sed  
ipsam quoque propagationis velocitatem osten-  
dunt. Circa iovem satellites quattuor revol-  
vuntur, ut circa terram luna. Et quemad-  
modum luna eclipsim patitur, ubi telluris um-  
bram subit; ita quoque eclipsim patiuntur  
satellites, ubi iovis umbram subeunt, iove  
scilicet solem inter et satellites constituto.  
Satelles intimus horis circiter 42 revolutio-  
nem absolvit, et in singulis revolutionibus  
ob exiguam a iove distantiam in iovis um-

bra immergitur. Observatum autem est, tel-  
lure inter solem et iovem existente, satelliti-  
tis ab umbra iovis emersionem citius contin-  
gere, quam per calculos astronomicos fieri  
debet. Contra autem sole inter iovem ter-  
ramque constituto, praedicti satellitis emer-  
sionem tardius accidere observatur, quam se-  
cundum tabulas astronomicas fieri oporteret.  
Haec autem acceleratio vel retardatio nulla  
alia ratione intelligi potest, quam ex succes-  
siva luminis propagatione. Haec enim effice-  
re debet, ut breviori temporis intervallo lux  
e minori distantia deferatur. Accuratissimis  
autem diuturnisque observationibus innotuit,  
totam temporis differentiam pertingere ad 14  
minuta prima, iove accedente ad terram vel  
ab ea recedente per intervallum, quod du-  
plae distantiae solis a terra aequale est. Qua-  
re attributa sunt minuta septem circiter pro-  
pagationi successivae lucis a sole ad terram.  
Hinc tandem argumentari licet. Successiva est  
propagatio illa, quam instantaneam esse, et  
ipsi lucis naturae et observationibus astro-  
nomicis repugnat; atqui instantanea lucis pro-  
pagatio et lucis naturae et modo resensitis  
observationibus repugnat; ergo lucis propa-  
gatio instantanea non est sed successiva.

### SOLVVNTVR OBIECTIONES.

*Obiect.* adversus 1. partem. In hypothesi

newtoniana sol, qui lucis nostrae fons est et origo, per vastissima undequaque spatia a multis retro saeculis corpuscula perpetuo emitteret; et quidem sine ullo substantiae solaris detrimento, quod omni caret verissimilitudine. Quare sic argumentantur aliqui. Repugnat hypothesis illa, quae lucis solaris iacturam maximam et extinctionem fere omnem induceret; atqui talis est sententia de effluuiorum a corpore luminoso iug emanatione; ergo lux non consistit in effluuiis a corpore luminoso perpetuo emanantibus. Resp. N. min. Nullius momenti est obiectio illa, quae imperito quorundam physicorum vulgo videtur gravissima. Licet sol distet a terra semidiametris terrestribus ad minimum 22000, et singulis horae semiquadrantibus novo lumine impleat sphaeram toto globo terraquaeo plusquam decies millies maiorem, inde tamen timenda non est solaris luminis iactura. Et quidem difficultatem penitus tollit immensa luminis tenuitas, quae omnem imaginandi vim longe superat. Satis sit observare, levissimam plumulam filo suspensam, immisso statim solis radio, ne leviter quidem agitari. Praeterea delicatissimum visionis organum, licet incurrentes perpetuo solis radios excipiat, nullam tamen ex huius materiae affluxu offensionem patitur. Verum quum tanta sit radiorum solarium velocitas, necessum omnino est, ut minimam et fere nullam contineant materiae quantita-

tem; alioquin enim radii lucis immensa fere vi corpora impeterent, totamque telluris compagem dissolverent. Haec autem responsio facilius intelligetur, si revocetur in memoriam praeclarissimum theorema, in quo demonstravimus, non repugnare, portionem materiae valde exiguum in vastissimam sphaeram ad saturnum usque extendi, iisdem manentibus, quae in praesenti rerum statu observamus, phaenomenis. Quae quum ita sint, substantiae solari reparationem aliquam frustra quaesiverunt nonnulli.

*Obiect. 2.* Lux corpora quaedam penetrat, in aëre; crystallo aliisque pellucidis corporibus liberrime diffunditur, et quidem secundum lineam rectam. Hinc lucem *accidens* esse, ac proinde illius propagationem in subtilissimis effluviis positam non esse, tali ratiocinatione concludunt peripatetici. Verisimile non est, subtilissima etiam effluvia intimam corporum substantiam pervadere, et per vastissima spatia motu rectilineo propagari; ergo falsa est conclusio. Resp. N. ant. Prima huius obiectionis pars vix responsione indiget. Etenim si lux sit *accidens*, intelligi certe non potest, cur ipsa aliquorum dumtaxat corporum substantiam pervadat, cur corpora aliqua sint pellucida, alia autem opaca. Quod quidem nos facile explicabimus, ubi de pelluciditate et opacitate sermo erit.

Quod spectat ad rectilineam luminis pro-

pagationem, ex lucis directione nequaquam pendet nostra conclusio. Haec obiectio in ipsos adversarios facile retorqueri posset. Demonstrant quidem experimenta, rectilineam ad sensum esse luminis propagationem in exiguis distantis. Ita in cubiculum tenebrosum introducto solari radio, lineam lucidam recta protensam observamus. Verum accurate rectilineam luminis propagationem neque in distantis maioribus, neque etiam in minoribus nos admittimus, quod deinde explicabimus, ubi de lucis transitu per diversa media tractabimus. Interim recordari satis erit experimentum iam alias memoratum. Si nempe solaris radius intra obscurum cubiculum exceptus prope corporum extrema, puta, per cultri acutissimam aciem transeat, illam per rectam progredi non observatur, sed ad corporis extremitatem inflecti atque incurvari, manifeste deprehenditur. Quod quidem experimentum nulla ratione explicare poterunt peripatetici, neque etiam fortasse cartesiani.

*Obiect. 3.* Effluviolorum hypothesis eam potissimum ob causam adhiberi videtur, ad explicandam nempe successivam luminis propagationem; nulla autem est huius hypotheseos hac in re utilitas. Et quidem consideremus globulos duos aequales et elasticos, quorum diameter communis dicatur  $d$ ; unus autem alium quiescentem percutiat velocitate constanti  $v$ , dicaturque  $a$  spatium inter globuli

percutientis extremitatem anteriorem et globuli percussi extremitatem posteriorem comprehensum. Evidens est ex demonstratis in physica generali conflictuum legibus, globuli percutientis extremitatem anteriorem de-

scribere spatium  $a$  tempore  $\frac{a}{v}$  (§. II. art.

*I. cap. I. part. I. sect. I.*); quo nempe attinget globulum alterum. Deinde extremitas anterior globi percutientis, et extremitas posterior globi percussi ex puncto con-

tactus movebuntur communi velocitate  $\frac{v}{2}$ ,

hoc est, globulus, qui antea movebatur ve-

locitate  $v$ , amittet velocitatem  $\frac{v}{2}$ ; quam glo-

bulus alter acquirat. Iam dicatur  $x$  spatium, quod punctum contactus percurret, interea dum globulus elasticus comprimitur et relaxatur, punctum contactus percurret spatium

$x$  velocitate  $\frac{v}{2}$ , tempore  $\frac{2x}{v}$ , ut patet. Tunc

primus globulus quiescit, et extremitas anterior globuli percussi describit spatium quod-

libet  $c$ , velocitate  $v$ , tempore  $\frac{c}{v}$ . Iam vero



spatium inter locum, quem ante ictum occupabat globi percutientis extremitas anterior, et inter locum, quem occupabat extremitas anterior globuli percussi, patet esse

$= \frac{a+x+c+d}{v}$ . Quare si duo tantum

singantur globuli, erit differentia temporis in

hypothesi *emissionis* et *pressionis*  $= \frac{d-x}{v}$ . Si

ponatur tres globuli, differentia fiet  $\frac{2d-2x}{v}$ ,

et ita deinceps. Positoque globulorum numero  $n$  valde magno, differentia erit quam-

proxime  $= \frac{nd-nx}{v}$ . Ac proinde si fiat  $d=x$ ,

nulla erit temporis differentia, hoc est, lucis propagatio eodem omnino tempore fiet in utraque hypothese pressionis vel emissionis. Itaque inutilis omnino est hypothesis illa, si propagationis successivae phaenomenis aequae satisfaciatur pressio cartesiana; atqui, ut ex dictis patet, phaenomenis successivae propagationis perinde satisfaciatur pressio cartesiana atque emissio newtoniana; ergo emissio effluviolorum newtoniana inutilis prorsus est. Resp. N. min. Haec subtilissima et accuratissime demonstrata obiectio iis tantum adversatur

physicis, et quidem plurimis, qui ex successiva lucis propagatione corpusculorum emissionem ostendere conantur, quod quidem immerito faciunt, nisi hac ratiocinatione utan-

tur: in praecedenti formula  $\frac{dn-nx}{v}$ , diffe-

rentia temporis in uno dumtaxat casu fit nulla; dum nempe  $d=x$ , hoc est, si globuli unius diameter spatio percurso  $x$  aequalis sit; in alio autem quolibet casu aliqua habetur temporis differentia. Quare pressionis hypothese unus tantum casus patrociniatur, ceteri omnes infiniti adversantur. Haec quidem ratiocinatio valde probabilis est, non tamen vim demonstrationis obtinet. Atque ea de causa corpusculorum emissionem non ex successiva lucis propagatione ostendimus; sed contra ex radiorum emissionem successivam luminis propagationem demonstravimus.

*Obiec. 1.* adversus 2. partem. Validissimum successivae propagationis argumentum ab omnibus reputatur illa temporis differentia, quam in satellitis intimi jovialis eclipsibus observant astronomi pro varia satellitis a tellure distantia. At Iohannes Dominicus Cassinus hunc propagationis successivae effectum non observavit in aliorum satellitum eclipsibus; immo ne in ipso quidem satellite intimo constans deprehenditur effectus ille. Etenim si iupiter, dum est in minima vel maxima a

tellure distantia, sit simul in minima a sole distantia, minus remotus est a terra, quam si fuerint in maxima a sole distantia, et differentia distantiarum aequalis erit differentiae distantiarum iouis a sole, quae proxime aequalis est dimidiei distantiae solis a terra, ut notum est ex astronomia. Quare, ceteris paribus, in primo casu per tria saltem minuta citius lumen propagari deberet quam in secundo, ac proinde citius in primo quam in secundo casu conspicuae forent eclipses, quae tamen temporis differentia non observatur. Igitur ex observationibus astronomicis id tandem colligi potest: successivam lucis propagationem non demonstrat illa temporis differentia, quae nec constanter observatur, nec talis apparet, qualem postularent successivae propagationis phaenomena; ergo lucis propagatio non est successiva. Resp. dist. ant. non observatur ob praetermissas correctiones omnino necessarias, C. ant. adhibitis correctionibus necessariis, N. ant. et N. cons. In tabulis astronomicis, quas adhibuit Cassinus, et quibus deinde usi sunt alii plurimi, omissae fuerunt correctiones nonnullae, quas tamen necessario postulabant satellitum jovialium motus. Correctiones illas heic explicare non licet, quum sine doctrina astronomica intelligi non possint. Satis erit observare, pro varia satellitum positione varios omnino esse et nequaquam negligendos erro-

res ex mutua illorum attractione oriundos. Accuratiores satellitum jovialium tabulas ediderunt celeberrimi astronomi Halleius et Bradleyus, qui omnem, quantum in re subtilissima fieri potest, adhibuerunt diligentiam per triginta et amplius annos. Satellitum motus exquisitis telescopiis persecutus est vir peritissimus D. Pound, cuius observationes cum doctrina astronomica accurate consentiunt. Itaque nullum iam superest diligentioribus astronomis dubium, quin eadem valeat in omnium satellitum eclipsibus temporis differentia, proportionem servata. De satellitum erroribus et correctionibus adhibendis legantur claris. D. de Lise litterae ad astronomos datae ann. 1750.

*Obiect. 2.* Si ea sit lucis celeritas, ut a sole ad nos perveniat tempore octo minutorum circiter; lux e stellis ad nos devenire non poterit nisi post longissimum tempus. Etenim licet ignota sit stellarum a tellure distantia, certum tamen est, eam immanem esse, et vix cum distantia solis comparandam. Hinc facile colligitur, stellas a nobis videri per lumen post plures annos emissum, immo post plura annorum millia. Itaque admittenda non est haec hypothesis, quae tot absurda et minime credibilia continet; atqui talis est hypothesis de successiva luminis propagatione; ergo admittenda non est. Resp. N. Minime absurda sunt haec, quae obii-

ciuntur, licet minus credibilia videri possint iis, qui sensuum praeiudiciis aduerti magnitudines omnes intervallaque omnia et tempora ex crassioribus, sensuum observationibus et praeiudicatis opinionibus definiunt. Et quidem certum omnino est, lucis radios successive propagatos a remotioribus stellis ad nos venire non potuisse nisi post plura saecula. Si autem supremus rerum omnium conditor stellas statim post mundi creationem videri voluit, simul quoque creavit luminis vestigia a stellis ad nos usque protensa, alioquin inter stellas fixas esse possent aliquae, e quibus nondum ab initio mundi lux ad nos pervenisset. Ceterum si immensa haec lucis vestigia statim Deus non creaverit, fieri posset, ut aliquae remotissimae stellae post multa annorum millia videri inciperent, et pro stellis novis haberentur. Porro in his omnibus nihil est, quod vel tantisper repugnet.

*Obiect. 3.* Admissa successivae propagationis hypothesis, iam in corporum coelestium motibus duae correctiones adhibendae sunt, una scilicet ex luminis propagatione, altera autem ex ipso obiecti motu. Et quidem dum obiectum lucem emittere incipit, non statim hoc ipso instanti conspicitur, sed eo tardius observatur, quo maior fuerit inter obiectum et spectatorem distantia. Si obiectum et spectator quiescant, nullum in directione obiecti discrimen esse potest. At si interim mo-

veatur obiectum, locus apparens, qui ad pri-  
Fig. mam radii directionem refertur, maxime differet a loco vero, si obiecti distantia sit valde magna. Ita ob maximam stellarum distantiam loca illarum apparentia a veris immanner discreparent, neque vera illarum distantia ullo modo posset definiri. Haec autem gravissima difficultas evanescit, si instantanea sit lucis propagatio. Non solum enim obiecta eo ipso instanti, quo lucem emittunt, apparent, sed etiam secundum ipsam radii directionem viderentur, neque spectatoris vel obiecti translatio discrimen ullum adferre posset. His praemissis sic tandem concluditur. Hypothesis illa omnino repugnat, quae universam turbaret astronomiam; talis est, quae in conclusione statuitur; ergo reiici debet hypothesis de successiva luminis propagatione. Resp. C. mai. N. min. Haec obiectio occasionem praebet explicandae correctionis astronomicae, quam lucis *aberrationem* appellant. Huius aberrationis duplicem casum considerabimus. Vel movetur obiectum lucidum, quiescente spectatore; vel contra movetur spectator, interim quiescente obiecto lucido.

Ponamus, ex obiecto lucido *O* emanare radium, qui obiecto quiescente ad oculum *S*. spectatoris pertingeret secundum directionem *OE*, celeritate *c*. Deinde fingamus, ipsum obiectum progredi secundum directionem *OV*, velocitate *s*, evidens est, completo paralle-

Fig. logrammo  $OVEA$ , directionem radii incidere in diagonalem  $OA$ , atque obiectum spectatori apparere in  $O$ , quamvis re vera sit in  $V$ . Itaque locus verus a loco apparente discrepabit angulo  $OAV$ . Iam capiatur  $OV$ ;  $OE = s : c$ , erit velocitas radii  $OA$  ad velocitatem secundum  $OE$ , ut  $OA$  ad  $OE$ . His praemissis iam facile invenitur angulus  $OAV$ . Sinus anguli  $AOV$  dicatur  $m$ . Ducta ex puncto  $V$  perpendiculari  $Vp$  ad diagonalem  $OA$ , erit  $Vp$  ad  $OV$ , ut sinus anguli  $AOV$  ad sinum totum seu  $Vp : OV = \sin. \text{ anguli } O : 1$ . Hoc est  $Vp : s = m : 1$ . Vnde  $Vp = ms$  ac proinde sumta unitate pro sinu toto, erit  $Vp = ms$ ; sed in triangulo  $VpA$  sinus anguli  $OAV$  est ad sinum totum, ut  $pV$  ad  $AV$  vel  $OE$ , seu sinus anguli  $A : 1 = Vp : AV$ . Quare habebitur sinus anguli quaesiti  $A =$

$$\frac{Vp}{AV} = \frac{ms}{OE}.$$

9. Iam quiescat obiectum in puncto  $O$ ; spectator vero promoveatur in recta  $AE$  velocitate  $r$ ; dum in  $A$  versatur, excipiet radium ex obiecto propagatum per directionem  $OA$ . Quia vero radius secundum directionem  $OA$  celeritate  $c$  impingit in oculum, qui moveri ponitur celeritate  $r$  secundum directionem  $AE$ ; patet, radii motum dividi posse in duos, quorum unus  $PA$  sit normalis ad  $AE$ , alter  $OP$  congruat cum directione  $AE$ .

Quare si  $OA$  exprimat lucis celeritatem  $c$ , erit  $PA$  ut celeritas normalis ad  $AE$ , et  $OP$  erit celeritas secundum directionem  $EA$ , quae quum sit contraria celeritati oculi  $r$ , eundem praestabit effectum, ac si augetur velocitate  $r$ , et in oculum quiescentem incurreret. His praemissis, capiatur  $OA : AE = c : r$ , augeturque celeritas radii  $OP$  parte  $OQ = AE$ , atque oculus in  $A$  quiescens radium excipiet, cuius motus erit compositus ex motu  $PA$  et motu  $QP$ ; unde resultabit radius  $QA$ , in cuius directione obiectum a spectatore in  $A$  constituto cernetur. Igitur spectatori, qui, etiamsi moveatur in  $A$ , tamen quiescere sibi videbitur, obiectum apparebit sub angulo  $QAE$ , quod tamen apparet sub angulo  $OAE$ , si lux propagaretur in instanti. Quare angulus  $QAO$  est differentia inter locum verum et apparentem. Iam anguli apparentis  $QAE$  sinus dicatur  $m$ , sitque  $OA = c$ ,  $OQ = AE = r$ ; evidens est,

anguli  $QAO$  sinum esse  $= \frac{mr}{c}$  prorsus ut antea.

Hi sunt duo casus propositi, in quibus patet, eadem plane ratione inveniri angulum aberrationes. In primo casu data est ratio celeritatis lucis ad celeritatem obiecti, in altero autem datur ratio celeritatis lucis ad celeritatem spectatoris. Evidens autem est, eo

maiolem esse aberrationis angulum, quo maior est ratio velocitatis obiecti vel spectatoris ad velocitatem lucis. Duo praecedentes casus ad astronomiam transferri possent; sed res ad praesentem locum non pertinet. Breuiter observare satis sit, per obiectum designari posse stellam aliquam, et per spectatorem posse intelligi terram ipsam, si motum terrae fingere liceat. Iam ob minimam rationem velocitatis terrae ad velocitatem lucis, patet minimam omnino fore loci veri et apparentis variationem, quam tamen in hac etiam hypothesi non negligunt astronomi. At si loco diurni terrae motus, similis motus tribuatur sideribus, aberratio fit maxima. Itaque praecedens obiectio nostrae conclusioni minime repugnat, quum hanc fateamur lucis aberrationem, quae omnino negari non potest. Ceterum difficultates; quae adversus telluris quietem inde nasci possent, explicare non est huius loci. Hanc eandem doctrinam commode rebocavimus, ubi sermo erit de mundi systemate.

## ARTICVLVS II.

*De lucis propagatione generatim considerata.*

Observ. I. *Lucis propagatio considerari potest vel quatenus fit per medium aliquod*

*non resistens, vel quatenus lucis radius medium aliquod traiciens, in medium aliud diversae densitates incurrit. Si lucis propagatio primo modo spectetur, manifestum est, eam fieri a singulis corporis lucidi punctis in spatium undique circumfusum, tamquam radiis a centro sphaerae ad totam superficiem emissis. Quod sequenti observatione patet. Si lucerna minima in loco libero collocetur, in cunctis punctis superficiei sphaerae conspicua est, cuius centrum lucerna occupat. Si autem inter lucernam et oculum in recta linea interponatur opacus obex, lux amplius non videtur. Quam ob causam lucem in rectis lineis delatam radios luminis philosophi omnes appellare consueverunt.*

Observ. II. *Radiolorum lucis vis minima est et fere nulla. Quod plurimis iisque obviis observationibus confirmari potest. Et quidem lux delicatissimum visionis organum pervadit, adscitque, nullo ei, ne levissimo quidem, illato damno. Praeterea reperitur in aqua putrida animalculum adeo exile, ut pollex quadratus integrum billionem eorum caperet. Huius animalculi longitudo plerumque centies quinquagies maior est eius crassitie, quae proinde nec millionesimam unius lineae partem exaequat. Quanta vero erit subtilitas organi visus, quo alia animalcula insectari deglutireque observatur? Haec omnia plane demonstrant vim*

luminis organum visus etiam in animalculo pervadentis minimam esse et fere nullam. Quum autem ex observationibus astronomicis constet, lucis velocitatem admirandam prorsus esse, concludere licet ex praecedentibus observationibus, radiorum lucis subtilitatem admirandam etiam esse atque incredibilem. Sunt enim vires uti productum ex massa in velocitatem. Ex hac lucis subtilitate derivandum est, quod radii lucis ab uno puncto propagati nullatenus officiant aliis ab alio puncto procedentibus, adeo ut radii e diversis punctis procedentes sese invicem intercipient, decussent atque in transversum agantur, immo eadem via in oppositum ferantur, quoniam tamen viribus mutuis a via sua deturbentur, neque ullam a mutua eorum actione celeritatis iacturam patiantur. Quod sequentibus observationibus manifestum est.

Observ. III. Ex astronomia evidenter constat, lumen solare nocturno tempore diffundi per vasta illa spatia, in quibus planetae vagantur. Id tamen minime officit, quominus lumen fixarum per eadem spatia ad nos usque propagatur. Experimento item constat, quod si aliquis intra profundissimam telluris cavernam constituitur, vel longioris tubi ope coelum intueatur ita, ut radii solares ad ipsius oculum nequaquam pertingant, stellas directe ipsi imminentes etiam meridia-

no tempore conspiciat, viam radiorum ab stellis emissorum non impediuntibus radiis solaribus. Quum igitur rarissimi sint radii a fixis procedentes, atque ab immensa fere distantia orientur, nullo pacto ad nostros oculos pervenire possent, si a radiis solaribus interciperentur, aut aliquatenus resistantiam paterentur.

Prop. I. SI LUX A CORPORE LUCIDO PROPAGATUR PER RADIOS DIVERGENTES, INTENSITAS LUCIS EST IN RATIONE INVERSA DUBLICATA DISTANTIARVM.

Prob. Etenim intensitas lucis est ut densitas radiorum in datum planum impingentium. Iam vero radii, qui in distantia AC diffundeantur per hemisphaerium descriptum a semicirculo TCG, in distantia AB diffundentur per hemisphaerium descriptum a semicirculo DBE. Sunt autem densitates luminis reciproce, ut superficies hemisphaeriorum a semicirculis illis descriptorum. Superficies vero illorum hemisphaeriorum sunt in ratione duplicata radiorum seu distantiarum AC et AB. Adeoque intensitas luminis in C est ad intensitatem in B in ratione duplicata AB ad AC. Comprobatur etiam propositio experientia. Si ab ardente candela eo usque recedat aliquis, donec characteres libri adhuc dicerni ac legi pos-

sint: dein vero mensurato hoc intervallo ad duplam distantiam progrediatur; quattuor candelis aequalis crassitudinis opus erit, ut iidem characteres discernantur ac legantur. Erit itaque in dupla distantia intensitas luminis quadruplo minor.

Quamvis radii a singulis corporis lucidi punctis emanantes continuo divergant; possunt tamen considerari convergentes, si spectentur tamquam e diversis corporis lucidi punctis prodeuntes, tuncque erit intensitas lucis in ratione inversa duplicata distantiae a puncto concursus radiorum, seu quod idem est, in ratione duplicata directa distantiae a corpore lucente. Quod patet in fig. 53. Si radii emittantur ad distantiam valde magnam, radii paralleli progrediuntur; tumque lucis intensitas non variatur.

Haec autem ita debent intelligi, si lux in medio non resistente propagetur. Si enim aer particulaeque in eo circumvolitantes, aqua vel vitrum lucem aliquatenus interceptiat, intensitas luminis minor est, quam quae [ex hactenus demonstratis] observari deberet. Aliud vero accidit, si radii per refractionem condensentur, ut deinceps videbimus.

Ex explicatis radiorum lucis directionibus patet, quod si corpus opacum ex una tantum parte illuminetur, umbra proiici-

tur in partem oppositam iuxta lucis radios Fig. in lineis rectis propagatos, externamque corporis superficiem radentes. Si autem sphaera lucida maior illuminet minorem opacam, plus quam dimidia huius pars illuminabitur. Contrarium fiet, si minor illuminet maiorem opacam. Dimidia vero sphaera illuminabitur, si utraque et illuminans et illuminata fuerit aequalis. Quod quidem liquet fig. 53.

Si lucis radius medium aliquod traiciens in medium aliud diversae densitatis vel naturae deinde transeat, directionem mutat; idque duplici modo fieri potest. Si nempe radius medium penetrare non possit, in illius superficie reflectitur; sin contra medium possit pervadere, refringitur. Porro dum dicimus, reflexionem fieri in corporis superficie, id debet intelligi dumtaxat de reflexione quod ad sensum. Hanc enim quaestionem, utrum reflexio in contactu fiat vel prope contactum, speciali conclusione deinde examinabimus.

Defin. (1. Sit  $AC$  radius ex aëre in vitrum 10. superficiem  $PQ$  incidens. Ex puncto  $C$ , in quo radius superficiei occurrit, erigatur perpendicularis  $MD$  ad ipsam superficiem. Punctum  $C$  dicitur punctum incidentiae, recta  $MD$  cathetus incidentiae, et angulus  $ACM$  vel ipsi aequalis  $DCB$  angulus incidentiae vocatur. Si radius incidens  $AC$  vitrum pe-

netrare non possit, mutata directione per *CI* reflectitur, efficiendo angulum *MCI*, qui *angulus reflectionis* appellatur. At si radius incidens *AC* vitrum penetrare possit, mutat quidem primam directionem *CB*; sed refractionem patitur versus *CT*, atque angulus *DCT*, qui efformatur a radio refracto *CT* cum axe refractionis *DC*, dicitur *angulus refractus*. Angulus *TCB*, qui efformatur a duobus radiis, incidente *BC* et refracto *TC*, vocatur *angulus refractionis*, *BE* sinus anguli incidentiae, et *TH* sinus anguli refracti.)

*Caroll.* Ex praecedentibus definitionibus evidens est, angulum reflexionis vel refractionis iacere in eodem plano cum angulo incidentiae, illudque planum ad superficiem medii perpendiculariter insistere. Etenim huius anguli positio pendet ex catheto incidentiae, qui ad eandem superficiem perpendicularis est. Accuratissimis experimentis compertum est, sinum anguli reflexionis vel refractionis esse semper ad sinum anguli incidentiae in data ratione. Nempe in reflexione ratio illa semper est *aequalitatis*, quantum experimentis in re subtilissima innotescere potest; in refractione autem *constans* quidem est in eodem medio sinuum ratio, at pro mediorum diversitate varia est. Ita si punctum lucidum transeat ex aëre in aquam pluvialem, sinus anguli refracti est ad sinum anguli incidentiae ut 3 ad 4 circiter. Si transeat ex aëre

in vitrum, ratio eorundem sinuum est ut 2 ad 3, et vice versa in transitu ex aqua aërem ratio est ut 4 ad 3; ex vitro in aërem ut 3 ad 2. Proinde iisdem experimentis etiam constat, radios lucis in transitu ex medio rariori in densius accedere ad perpendicularum; contra autem recedere a perpendicularo, si transeant ex medio densiori in rariis. Inde autem facile colligitur, radium perpendiculariter incidentem in ipsam medii superficiem vel reflecti in se ipsum, vel medium ipsum recta permeare sine ulla refractione. Et quidem in hoc casu sinus anguli incidentiae  $\equiv$  0, ac proinde et sinus anguli reflexionis vel anguli refracti  $\equiv$  0, ideoque radius coincidit cum catheto incidentiae.

Si radius lucis sub quocumque angulo in medium incidat, illudque non permeet, reflecti semper poterit. Verum si anguli incidentiae sinus *ita decrescat, ut ex natura medii sinus anguli refracti non possit eam tenere rationem, quae constans in duobus mediis observatur*; radius non semper poterit medium penetrare: hoc est, in angulis incidentiae certi sunt limites, ultra quos radius refringi non potest, nec proinde e medio in quo est, emergere, et in alterum transire, quod exemplo illustrabimus. Ponamus, punctum lucidum ex aëre in aquam incidere sub angulo fere  $90^\circ$ , angulus refractus foret  $48^\circ \frac{1}{2}$ ; quum sinus totus vel sinus incidentiae sit ad



Fig sinum anguli reflecti ut 4 ad 3; ex qua ratione invenitur angulus refractus  $48^{\circ} \frac{1}{2}$  circiter. Quare si radius ex aqua transeat in aërem sub angulo incidenciae  $48^{\circ} \frac{1}{2}$ , emergere debet ex aqua radendo illius superficiem, efficiens angulum refractum circiter  $90^{\circ}$ . At si radius angulum incidentiae efficeret maiorem  $48^{\circ} \frac{1}{2}$ , tunc sinus anguli refracti foret maior sinu toto, quod est absurdum. Fieri ergo non potest in hoc casu ut radius emergat. Et re quidem ipsa experimento comperitum est, hunc radium reflecti e superficie communi aëris et aquae, atque in aqua remanere.

Prop. II. Si LUCIS REFLEXIO FIAT IN SPECULO QVOCVMQVE, ANGVLVS INCIDENTIAE AEQVALIS EST ANGVLIS REFLEXIONIS.

Dem. Haec propositio, quae lex reflexionis dici potest, adsumi debet instar axiomatis observationibus potius quam rationibus demonstrandi. Si radius solaris in locum obscurum intronmittatur, atque speculo plano politissimo excipiatur; ipsum resiliere ita observabitur, ut angulus reflexionis aequalis sit angulo incidentiae. Si super speculum

12. DE collocetur semicirculus FIG ita ut centrum sit in B, et superficies ad speculum perpendicularis, sumtisque arcubus aequalibus Fa et Gc, in A collocetur obiectum

in C vero oculus; obiectum per radium reflexum a puncto B videbitur. Quod si punctum B tegatur, non amplius videri poterit obiectum. Hinc illud etiam patet, quod radius BC eadem vi a puncto reflectente B recedit, qua inciderat. Motus enim AB radii incidentis resolvatur in AF, AH. Iam quum motus AH parallelus ad speculum integer maneat, erit  $HC = AH$ , radius vero incidens impingit in B motu HB; qui si non permansisset idem in reditu, non foret  $BH = HB$ , adeoque neque angulus  $CBG = ABF$ . Sed aequalitas horum angulorum observatur; ergo eadem manere debet vis radii redeuntis atque incidentis.

Ex aequalitate angulorum incidentiae et reflexionis tota pendet speculorum doctrina. Radii lucis per reflexionem sunt plerumque divergentes vel convergentes. Punctum vel locus, in quo radii convergentes concurrunt, vocatur focus. Punctum vel locus, in quo radii concurrissent, si in eodem medio pergere potuissent, aut punctum, e quo radii divergentes recta producti venissent, vocatur focus imaginarius.

13. Prop. III. RADII AB EODEM PVNCTO G  
PROCEDENTES NON POSSVNT REFLECTI A  
DIVERSIS SPECVLI PLANI AB PVNCTIS  
IN IDEM PVNCTVM D.

Demonst. Etenim ponamus, in idem punctum D concurrere. Quum sit  $o = y$ , et  $o > x$  (ex elem. geom.), erit  $y > x$ . Deinde quum sit  $x = u$ , et  $u > y$ , erit  $x$  minor simulque maior quam  $y$ . Quod quum sit absurdum, patet, a speculo plano AB in idem punctum D radios ab eodem puncto G emanantes non posse reflecti. Igitur radii per reflexionem a speculo plano factam minime densiores fiunt, adeoque nec calorem solis intendunt in B.

14. Prop. IV. SI RADIUS KI IN SPECVLVM SPHAERICVM CAVVM EI INCIDERIT AXI AB PARALLELVS ITA, VT ARCVS BI INTER AXEM ET PVNCTVM INCIDENTIAE I INTERCEPTVS FVERIT  $60^\circ$ , RADIUS REFLEXVS IB CVM AXE IN IPSO SPECVLO CONCVRRIT IN B.

Demonst. Ducatur a centro C ad punctum incidentiae I radius CI. Quoniam  $BI = 60^\circ$ , erit angulus  $i = 60^\circ$ , et quia KI est axi AB parallela, erit etiam angulus incidentiae  $m = 60^\circ$ , atque etiam angulus

reflexionis  $n = 60^\circ$ . Adeoque in triangulo Fig. CBI anguli  $i$  et  $n$  sunt aequales, quod proinde erit isosceles (ex elem. geom.) et latus  $CB = BI$ . Igitur punctum B, in quo radius reflexus cum axe concurrat, est in ipsa speculi superficie. Aliter enim linea BI esset maior vel minor radio CB.

14. Prop. V. SI RADIUS HE IN SPECVLVM CAVVM SPHAERICVM EI INCIDERIT AXI AB PARALLELVS, ARCVSQVE EB INTER RADIVM INCIDENTEM ET AXEM INTERCEPTVS FVERIT  $60^\circ$  MINOR, RADIUS REFLEXVS EF CVM AXE AB CONCVRRIT AD DISTANTIAM BF QVARTA DIAMETRI PARTE MINOREM.

Demonst. Quoniam angulus  $o = x$ , et ob parallelas HE, AB angulus  $o = y$ , erit etiam  $x = y$ , adeoque triangulum ECF est isosceles, et latus  $EF = CF$ . Iam vero  $EF + FC > CB$ ; igitur  $CF > \frac{1}{2} CB$ . Ac proinde punctum F distat a B minus quam dimidio radio CB, seu minus quam quarta diametri parte.

Coroll. Ex his principis pendent omnia speculorum sphaericorum phaenomena. Si radius incidens HE sit axi AB parallelus, hoc est, si obiectum ad distantiam infinitam sit constitutum, iam angulus HEC aequalis foret angulo CEF, et triangulum CEF esset

isosceles; quum duo illius anguli communem habeant mensuram nempe arcum  $EB$ . Id vero ad solares radios transferri potest, sunt enim quamproxime paralleli. Generatim autem quum radii lucis emanantes ex puncto  $H$  in speculis concavis prope punctum  $F$  colligantur; patet, cur specula illa sint *caustica* seu vim comburendi habeant, si tanta sit radiorum copia, ut aliquam coloris sensationem in nobis excitare valeant radii illi etiam directe emissi. Hinc factum est, ut punctum illud vel spatium, in quo radii colliguntur, *focus* appellari solear. Ceterum evidens est, radiorum illorum vim pendere ex illorum densitate atque etiam qualitate.

*Schol. I.* Radii solares in speculum incidentes tamquam physicae paralleli haberi solent. Id tamen verum non est accurate. Oporteret enim, solem omni diametro sensibili carere, tuncque propter immensam eius distantiam radii sub angulo fere nullo in speculi superficiem inciderent, ac proinde haberi possent tamquam paralleli. At diameter apparens solis est circiter dimidii gradus. Quare radii ex disci solaris extremitatibus emanantes cadunt in superficiem speculi sub angulo gradus dimidii, ac proinde post reflectionem in eodem puncto non concurrunt, sed tora eiusdem anguli magnitudine ab eodem puncto aberrant. Atque huic causae etiam aliqua ex parte tribuendum est, quod

radiorum focus puncto non terminetur, sed aliquod spatium occupet.

*Schol. II.* Alias speculorum proprietates ex praecedentibus demonstrationibus facile colligendas praetermittimus. Sed silentio praeterire non licet praeclarissima experimenta, quae de radiis solaribus per specula plana collectis habuit vir clariss. D. de Bufon. Speculum adhibuit ex 168 speculis planis compositum. Illa autem specula tali artificio erant inter se connexa, ut facili manu in omnes partes converti possent. Rebus ita comparatis, solares radios speculis planis excipiebat, atque ita deinde dirigebat, ut singulorum radiorum directiones in eodem spatio coinciderent. Tantam vim atque efficaciam adquisiverunt collecti hoc modo radii, ut ad distantiam ducentorum pedum ex ligno flammam excitare potuerint. Haec autem experimenta aliquam fidem et auctoritatem conciliare possent speculo, quo Archimedes romanorum classem Syracusas obsidentium in flammam redegitur fertur. De hoc speculo iam ab antiquissimis scriptoribus tradito satis accurate mentionem fecerunt Zonaras et Tzetzes scriptores graeci, qui saeculo duodecimo floruerunt. Illud vero speculum ita memorat Tzetzes, ut descripto speculo simillimum omnino sit. Sed quidquid sit de speculo Archimedis: certum omnino videtur, specula sphaerica tantam vim concipere non posse,

ut ad magnam distantiam comburere valeant. Re quidem vera si mediocris sit foci a speculo distantia, in spatium ita angustum rediguntur radii, ut comburendi vim retineant. At si maxime augeatur foci distantia, magis ac magis disperguntur radii, et debiliores fiunt. Praeterea quum sphaericitatis radius proposita distantia plusquam duplo maior esse debeat [*ex dem. prop. v.*]; speculum, quod ad tantam distantiam vim comburendi retineret, ingentis sphaerae segmentum esse oporteret. Porro humanam industriam superare videtur accurata, quae necessaria omnino est, ingentium sphaerarum conformatio. Vim comburendi habere specula elliptica et parabolica, patet ex iis, quae de sonorum propagatione demonstravimus. Verum si specula illa sint valde magna, illorum structura eadem laborat difficultate aliisque incommodis plurimis. Et re quidem vera clariss. Dufay haec specula in distantibus etiam non valde magnis adhibuit et successu caruere. Quae quum ita sint, si archimedeo speculo credendum sit, scriptorum fide et physicae ratiocinationis auctoritate constat, speculum illud fuisse vitrum polygonum, eo, quem diximus, modo comparatum. Neque tamen sperandum est, ad distantiam quamlibet aucto speculorum numero vim comburendi propagari posse. Huic enim efficaciae sui sunt et quidem satis angusti limites. Est enim radiorum intensitas, cete-

ris paribus, in ratione reciproca duplicata distantiarum, ut demonstravimus in physica generali de virtute qualibet per radios ex puncto aliquo uniformiter diffusa. Praeterea huic intensitatis decremento iungi etiam debent variae reflexiones atque impedimenta plurima, quibus per longiorem atmosphaerae tractum obnoxii sunt radii. Sed quidquid sit de horum speculorum limitibus, certissimum est, ea esse posse utilitatis maximae praesertim in arte chemica.

## ARTICVLVS III.

*De lucis refractione.*

**D**e luminis reflexione et refractione nonnulla iam demonstravimus. Verum de physica reflexionis et refractionis causa disputant Cartesii Newtonique discipuli. Reflexionem luminis ita explicant cartesiani. Si lux incidat in corpus, cuius texturam permeare non possit, iam radii lucis regredi coguntur, non secus ac videmus, pilam parieti impactam retrorsum redire. Corpora, quae lucem reflectunt, *opaca* dicuntur, eaque ita contexta esse oportet, ut radiis lucis transitum per lineas rectas negent. At si corporum particulae ita sint commixtae, ut per istarum interstitia radii lucis per lineas rectas magna copia transmitti possint, corpora illa dicun-

ture pellucida. Refractionem hoc modo exponunt. Corpus omne, seclusis impedimentis, recta moveri pergeret in infinitum, ideoque radius omnis oblique cadens in superficiem corporis pellucidi recta pergeret, nisi quid obstaret. Itaque quo difficilius penetratur corpus, in quod radius incidit, eo magis a linea perpendiculari recedet radius, et contra. Hae quidem breviter pronuntiabant veteres cartesiani, sed quid addiderint doctissimi cartesianae hypotheseos reformatores, deinde explicabimus. Verum ab antiquis recentioribusque cartesianis differunt newtoniani. Reflexionem lucis non fieri in ipsa corporum superficie existimant, sed in minima a superficie distantia. Refractionem vero non tribuunt medii resistentiae, sed vi attractivae, quod qua ratione explicent, in sequenti conclusione exponemus.

## CONCLUSIO.

REFLEXIONEM LUCIS IN MINIMIS A CONTACTU DISTANTIIS FIERI, REFRACTIONEM VERO VI ATTRACTIVAE MEDII TRIBVENDAM ESSE, VIX IN DVBLIVM REVOCARI POTEST.

Prob. I. pars. Si lux e vitro in aërem transmittatur, eadem vi reflectitur, ac si transeat ex aëre in vitrum, immo validius reflectitur, quam si transeat ex aëre in aquam.

Credibile non est, plures esse in aëre partes reflectentes, quam in aqua aut in vitro. Verum rem cartesianis concedamus, quamvis omni careat verisimilitudine. At qua ratione explicare poterunt validissimam reflexionem, quam lux patitur, si ex vitro transeat in vacuum boylianum? Si lux transiens ex vitro in aërem incidat sub inclinatione maiori quam  $40^\circ$  vel  $41^\circ$ , tota reflectitur; si inclinatione minor sit, magna ex parte transmittitur. Quis autem facile crediderit, radiis lucis sub certo inclinationis angulo plures in aëre poros occurrere, qui luci transitum praebent, sub alia autem inclinatione nullos habere poros, qui transitum luci permittant. Id quidem intelligi vix potest, praesertim si observemus, lucem ex aëre in vitrum sub quocumque inclinationis angulo transeuntem magna ex parte transmitti, ipsique proinde per poros transitum patere. Tandem si lucis radii a solis corporum partibus reflectantur, certis legibus fieri nequaquam potest illorum e superficiebus etiam eximie laevigatis reflexio. Etenim quantumvis perpolita atque tersa sit corporum superficies, plurimis tamen eminet asperitatibus, quae, si cum subtilissimis solaribus radiis conferantur, ingentium montium instar haberi debent. Itaque si radii lucis a solidis corporum partibus repellantur, incerta omnino lege reflecti atque dispergi debent ob varias superficieum asperitatem, quod contra-

rium est experimentis. At singula reflexionis phaenomena intelliguntur, si reflexionem in minimis a contactu distantis fieri cum newtonianis statuamus. Et re quidem ipsa corporum particulas in lucis radios ad minimam distantiam agere, experimento primus omnium demonstravit Grimaldus, et accuratius deinde confirmavit Newtonus. Lumen per angustissimum foramen in tenebrosum cubiculum intronmittatur, et lucis radio obiciatur tenuissimum corpus, quod ipsam radii latitudinem non excedat v. g. *pilum, filum vel acus*. Umbra corporis radio immersi amplior prolicietur et latior, quam utique esse deberet, si radii lucis corporis obiecti extremitates tangentes linea recta transirent. Umbra haec ternis inter se parallelis colorati luminis ordinibus seu fasciis simbriata apparet, quae simbriae in latitudinem sese laxare conspiciuntur ampliori facto foramine, et ita inter se miscentur, ut discerni amplius non possint. Newtonus lamellam plumbeam acicula pertusam

adhibuit, et foraminis diameter erat  $\frac{1}{42}$  pol-

licis. Umbrae dilatatio accuratius discerni potest in maiori quam in minori a corpore distantia. Notum quippe est, umbram in maiori magis quam in minori distantia dilatare; in magnis autem longe facilius quam in parvis differentiae observantur. At ista um-

brae dilatatio deprehendi minime posset, si Fig. radii prope corporum superficies nullam ferrent repulsionem, sed in rectis lineis propagari pergerent. Itaque manifestum est, repulsionem aliquam pati radios a solidi atque opaci corporis superficie, iuxta quam incedunt. Hanc luminis proprietatem, qua fit, ut radii lucis corpus opacum radentes recta non pergant, sed a corporis superficie repellantur, *aifractionem lucis* appellant physici. Veram hanc proprietatem a reflexione et refractione non differre, in huius conclusionis progressu probabilissime ostendemus. Interim concludere licet: reflexio lucis non fit in solidis corporum particulis, si eam prope contactum aliquando fieri demonstrant accuratissima experimenta, eamque eodem modo semper contingere ostendant validissimae rationes; atqui ex modo adductis experimentis atque rationibus manifestum est, reflexionem interdum fieri prope contactum; ergo, reflexio lucis non in contactu, sed in minimis ab eo distantis fit.

Prob. 2. pars, quae quidem nulla alia validiori ratione evinci potest, quam si refractionis phaenomena secundum newtonianam doctrinam explicemus, eandemque explicationem cum hypothesi cartesianae comparemus. 15. Spatium *ABCD* duobus planis parallelis *AB*, *CD* terminatum repraesentet medium densius quod sit medio rariori *X* tum supra tum in-

fra comprehensum. *Rectae* ab, cd *repraesentent limites attractionis medii densioris, ad quos sphaerae attractionis pertingat.* Globulus lucis *g* in minima a medio *AB* distantia versus superficiem *AB* attrahetur. Iam ponamus, radium lucis *fg* perpendiculariter in superficiem *AB* incidere, evidens est, radii directionem in medio *ABCD* perpendicularem manere. Etenim attractiones laterales utpote aequales et contrariae sese mutuo elidunt. Quare sola superest attractio perpendicularis, quae cum perpendiculari motus directione conspirat. Illae igitur vires duae id solum praestare debent, ut nempe radius perpendiculariter moveri pergat, et motu accelerato transeat in *AB* ob medii densioris attractionem. Deinde autem in medio uniformi *ABCD* ob aequalem undequaque attractionem motu adquisito aequabiliter progredietur. Verum ubi radius emerget ex *CD*, vi attractiva medii *ABCD* retrahetur. Quare evidens est, radium lucis in medio inferiori eodem modo retardari, quo accelerabatur in medio superiori, ac proinde in medio inferiori *X* eadem movebitur velocitate, qua progrediebatur in medio superiori, antequam perveniret ad *AB*. Heic autem mediorum resistantiam non consideramus. Sermo enim est de globulis, qui per media interstitia libere transeunt; alii siquidem globuli intra medium reflectuntur vel absorbentur.

Simplicissimum directionis perpendicularis casum demonstravimus. Iam directionem obliquam expendamus. Sit directio obliqua *HG*, agatque vis attractiva medii in distantia *GP*. Considerari debent vires duae, una secundum directionem *HG* perpetuo eadem, altera vero secundum perpendicularem *GP* perpetuo variabilis. Ex hac virium compositione fit, ut globulus minimum describat curvae arcum *GI*, versus *IB* concavum ob motum acceleratum, non secus ac gravia oblique deorsum projecta describunt parabolam, quae concavitatem telluri obvertit. At ubi globulus pervenit in *I*, recta traiciet medium *Y*, secundum tangentem curvae antea descriptae, motuque uniformi pertinet ad *K*. Sed emergens ex *CD*, retrahetur vi attractiva ad medium *Y*. Quare rursus considerari debent vires duae, una secundum directionem tangentis perpetuo eadem, altera autem perpendicularis globuli motum retardans iisdem gradibus, quibus antea versus *AB* fuerat acceleratus, ac proinde globulus curvam *KL* priori similem et aequalem describet, sed situ contrario positam ob motus retardationem, non secus ac gravia sursum oblique projecta describunt parabolam, quae convexitatem telluri convertit. Tandem ubi globulus extra limites attractionis pervenit, secundum directionem tangentis moveri pergit, ut antea.

Ex hac explicatione facile intelligitur no-

tissima attractionis lex, qua fit, ut radii lucis ex medio rariori transeunt in densius, accedant ad perpendiculari; contra autem recedant a perpendiculari, si transeant e medio densiori in rariius. Id quidem evidens est ex curvarum *GI* et *KL* contraria positione. At in hypothesei cartesianae intelligi non potest lex ista. Etenim si medii resistentiae tribuenda sit luminis refractione, radius lucis transiens ex medio rariori in densius refringi debet recedendo a perpendiculari. Quod enim curva *GI* versus *IB* concavitatem obvertat, id fit ob velocitatis incrementum secundum directionem perpendiculari *GP*. At in hypothesei cartesianae velocitas perpendiculari semper decrescit. Etenim etiamsi fingamus, minorem esse resistentiam in medio densiori quam in rariori, v. g. in aqua aut vitro, quam in aere, quod absurdum videtur; si tamen radius transeat ex medio, quod magis resistit, in aliud, quod resistit minus, aliquam licet minorem patietur motus retardationem; ac proinde non intelligitur, qua ratione radius ad perpendiculari accedat.

Praeterea si refractionis causa sit medii resistentia, radius magno refractionum numero vexatus, non solum velocitatis suae partem aliquam amittet, sed et totam poterit amittere non secus ac corpori solido medium fluidum traicienti contingit. Id vero experimentis contrarium omnino est. Re quidem

ipsa debilius exit radius diversa permeans media, sed illam lucis iacturam inde oriri putandum est, quod partes aliquae intercipientur, aut intra medium reflectantur. Ceterum aliae omnes particulae, quae e medio emergunt, totam primitivam retinent velocitatem. Et quidem accuratissimis experimentis compertum est, lucis radium per diversa media utcumque refractum eandem subire refractionis legem ita, ut constans semper maneat ratio sinuum incidentiae et refractionis. At si refractionis causa sit medii resistentia, iam mutata radii velocitate incertis omnino legibus, ipsam quoque curvarum *GI*, *KL* naturam et positionem mutari necessum est, ac proinde sine ulla constanti lege variabilis foret radii incidentis et refracti positio.

Ex iis, quae hactenus explicavimus, admiranda facilitate intelligitur, qua de causa refractione in reflexionem mutari numquam possit, si radius ex medio rariori in densius transeat; contra autem si transitus fiat ex medio densiori in rariius sub certa inclinatione, refractione abeat in reflexionem. Primus casus statim patet. Etenim quaecumque sit radii inclinatio, vis attractiva medii densioris efficere debet, ut radius ad ipsius medii superficiem citius perveniat, et sub minori inclinatione medium penetret, ut patet; quum radius refractus accedat ad perpendiculari. Iam ponamus, radium *IK* ex medio densio-

Fig.

®

16.



ri in rarius incidere sub inclinatione satis magna evidens est, radium vi attractiva medii densioris retrahi versus  $CD$ . At talis esse potest radii in  $K$  inclinatio, ut composita cum vi attractiva versus  $CD$ , abeat in directionem  $Im$ , plano  $CD$  parallelam, antequam radius extra medii densioris attractionem excurrat. Quare radius regredietur per curvam  $mnO$ , priori  $IKi$  similem et aequalem, eritque inclinatio  $OnC$  inclinationi priori  $iKD$  aequalis, ideoque in hoc casu accurata fit reflexio. Nec minori felicitati explicantur difficilissima alia lucis phaenomena, quae aliam quamlibet hypothesim videntur respuere. Sed de his deinde, ubi occurret locus, sermonem habebimus. Interim concludemus: vix in dubium vocari potest illa refractionis causa, quae naturae legibus consentanea est, lucisque phaenomenis accurate satisfacit; atqui talis est vis attractiva medii; ergo ea haberi debet, tamquam genuina refractionis causa.

#### SOLVVNTVR OBIECTIONES.

*Obiect. 1.* adversus utramque partem. Lex analogiae praescribit, similium effectuum eandem adferendas esse causas; at corporum solidorum lucisque reflexio sunt effectus omnino similes; ergo lucis reflexio est immediato superficiei reflectentis contactu pendere videtur. Resp. dist. mai., si effectus ita similes

sint, ut omnia sint paria accurate, C. mai., secus, N. mai. et cons. Itaque inter magna corpora et subtilissima lucis corpuscula institui non potest accurata comparatio. Quod quidem ex demonstratis de vi attractiva manifestum omnino est, quum longe alia esse debeat magnorum corporum minimarumque particularum attractio mutua. Praeterea similes non esse effectus illos, demonstrat plurima lucis phaenomena. Sed satis sit demonstratum refractionis lucis exemplum, quae aliquando mutatur in reflexionem; id vero corporibus solidis non contingit. Diversam utriusque reflexionis causam postulant experimenta. Et quidem si corpus ab aliquo plano reflectatur, angulus reflexionis angulo incidentiae aequalis esse non potest, nisi corpus incidens sit accurate sphaericum et perfecta elasticitate donatum, et praeterea planum reflectens perfecte laevigatum esse oportet; quae quidem omnia ex demonstratis in physica generali reflexionum legibus facile colliguntur. Attamen radii lucis ita reflecti observantur in speculis, ut angulorum reflexionis et incidentiae aequalitas tamquam accuratissimum experientiae principium habeatur. At speculorum superficies quamvis laevigatissima videatur, debet tamen esse admodum scabra et irregularis. Et quidem ad perpoliendam vitra adhiberi solent pulvisculi, quorum profecto particulae radiis luminis longe crassiores inducere debent

sulcos monticulosque plurimos, a quibus lumen omne quaquaversum admodum irregulariter, ut a scabro pariete, reflecteretur. Tandem si analogiae legem heic quoque velint nonnulli physici, aliquo modo in utraque reflexionum specie valere potest; ut patebit ex sequenti obiectione.

*Obiect. 2.* Omni carent verisimilitudine oppositae illae leges, quibus fit, ut radii lucis in certis casibus refringantur, in aliis autem repellantur. ; Ecquis sibi facile persuadebit, mediolorum superficies ita variabili lege *in distans* agere, ut radios lucis modo admittant, ut fit in refractione, modo autem repellant, ut fit in reflexione? Id saltem postulare analogia naturae, ut ad certos usque limites vigeret attractio, quae deinde mutaretur in repulsionem; hanc scilicet attractionis et repulsionis varietatem operante fluido aliquo, pro diversa corporum reflectentium et refringentium natura. His positis sic argumentantur aliqui. Commenticiis viribus, quae agunt *in distans*, et modo attrahunt, modo repellunt, anteponenda est hypothesis, quae universalibus naturae legibus magis est consentanea; atqui universalibus naturae legibus magis consentanea est hypothesis statuens atmosphaeram materiae subtilis circa superficiem corporis reflectentis vel refringentis, ergo huiusmodi cartesianorum hypothesis tamquam simplicior admitteri debet. Resp. C. mai. et *permitto mi-*

norem. Nostram conclusionem directe non petit haec obiectione. Tamquam probabilissimum quidem et fere demonstratum habemus, reflexionem lucis fieri in minimis a corpore reflectente distantis; non tamen omnino negamus elasticas, licet sensibus minime conspicuas, atmosphaeras circa ipsam corporum superficiem dispersas. Hanc hypothesim ingeniosissime quidem excogitarunt recentiores cartesiani systematis reformatores. Rem ita explicant. Singamus, dispersam esse circa vitri superficiem subtilissimam atmosphaeram, quae radio lucis occurrat; haec autem atmosphaera licet subtilissima, crassior tamen erit, si conferatur cum luminis tenuitate. Ponamus deinde, atmosphaeram illam non esse medium uniforme, sed diversam habere densitatem. Radius oblique in atmosphaeram incurrens curvam minimam describit non secus ac in attractionis hypothesi. Nam vis huius fluidi radium ad ipsam corporum superficiem impellentis gerit vices attractionis, non secus ac vis centrifuga materiae subtilis gravia deorsum trudit. Quare res perinde se habet, sive attractionem sive atmosphaeram impellentem admittamus. Eadem plane ratione intelligitur, reflexionem fieri posse in ipsis atmosphaerae particulis; ac proinde fictitium esse attractionis principium, aut saltem minime necessarium, aiunt cartesiani. Farendum quidem est, ignotum illud fluidum, cu-

ius leges pro arbitrio fingi atque refringi possunt, nulla fortasse severa et geometrica demonstratione refelli posse. Observavimus tamen, radii oblique incidentis velocitatem in velocitates duas resolvendam esse, unam scilicet perpendicularem et perpetuo variabilem, alteram vero constantem secundum directionem parallelam. At si radius vi atmosphaerae refringatur, huius atmosphaerae fluidum resisteret quoque secundum directionem parallelam. Sed quidquid sit, attractionem et repulsionem velut phaenomena consideramus, Doctissimos quidem variarum hypotheseon auctores impense veneramus, sed propositus harum institutionum scopus difficiles causas investigare non patitur. Satis erit observare, reflexionis et refractionis phaenomena tribuenda esse eidem potentiae, quae pro diversis circumstantiis diversimode agit, quaecumque sit potentia illa. Etenim si radii lucis ex vitro in aërem exeant sub tali inclinatione, ut refringantur, aucta autem inclinatione reflectantur; eadem omnino vi refractionem et reflexionem produci demonstravimus. Cum praesenti conclusione coniuncta sunt alia phaenomena plurima, quae in sequentibus articulis opportunius explicabuntur.

#### DE DIOPTRICA.

*Postquam reflexionis et refractionis cau-*

*sam physicam investigavimus, singulares causas explorare debemus, qui obtinent, dum radii refringuntur in lentibus vitreis. Vocantur autem lentes segmenta spherica, quae repraesentantur fig. 19. 21. 22. 23.*

Prop. I. SI RADII PARALLELI AB, CD IN SUPERFICIEM PLANAM BD MEDII 17. DIVERSAE DENSITATIS INCIDERINT, POST REFRACTIONEM PERGENT INCEDERE PARALLELI.

*Demons. Si medium sit densius, ferentur radii incidentes AB, CD per vias BE, DF; si autem medium sit rarius, progredientur per BG, DH, Vtrobique enim radii incidentes AB, CD aequalem refractionem patientur, adeoque angulus ZDF = ZBE, vel angulus RBG = RDH. Ergo in utroque casu radii refracti BE, DF, et BG, DH sunt paralleli (ex elem. geom.). Quapropter si vitrum utrimque planum soli directe opponatur, lux vitrum pervadens eadem via propagatur, atque si illud abfuisset. Si autem vitrum oblique soli obvertatur, luminis refracti eadem manebit intensitas.*

Prop. II. SI RADIUS DE AXI FA PARALLELVS IN MEDIUM SPHAERICVM DENSIVSQUE INCIDERIT; POST SIMPLICEM 18.

Fig. REFRACTIONEM CVM EODEM AXE VLTRA  
CENTRVM C CONCVRRIT IN F.

Demonst. Ex centro C ducatur ad punctum incidentiae E semidiameter CE, quae quum sit ad superficiem KBL perpendicularis, erit axis refractionis. Igitur radius incidens DE refringetur ad eum accedendo ita, ut tandem cum ipso axe sphaerae AF concurrat. Hic autem concursus fieri debet ultra centrum C in puncto F, quia angulus refractionis FEH minor esse debet angulo incidentiae DEG, seu CEH.

19. Coroll. Si radius KI axi EG parallelus in lentem plano-convexam AHBD inciderit; post duplicem refractionem cum ipso axe concurrat. Etenim vi primae refractionis in I ex aëre in vitrum, radius incidens declinabit versus IG; vi autem secundae refractionis in L ex vitro in aërem radii incidentes paralleli manebunt, quum sit refractionis in superficie planam AB (prop. i.). Adeoque radii incidentes cum eodem axe concurrent in puncto F.

20. Prop. III. SI RADIUS HE AXI PARALLELVS INCIDERIT IN SUPERFICIEM SPHAERICAM CAVAM KBL MEDII RARIORIS; RADIUS REFRACTVS EF CVM IP SO AXE FA CONCVRRIT IN PUNCTO F.

Demonst. Ducatur etiam semidiameter Fig. CE ad punctum incidentiae E, et erit illa axis refractionis. Quum refractionis sit in nostro casu a perpendiculari recedendo, radius incidens HE a via sua deflectet recedendo a perpendiculari CG, viamque EF tenebit, qua cum axe AF tandem concurrat in puncto F.

Coroll. i. Si radius HI axi DG parallelus incidat in lentem utrimque convexam: 21. post duplicem refractionem eidem axi occurrat in puncto F. Nam ex duabus refractionibus prima, quae fit in puncto I, est a medio rariori in segmentum sphaericum AEB medii densioris, adeoque declinabit radius versus IL (prop. II.). In altera refractione, quae fit in puncto L, fit transitus radii IL a medio densiori in superficiem cavam medii rarioris, quod est aër superficiem AKB circumambiens; proinde radius IL deflectet versus F (prop. III.).

Coroll. II. Quum ope lentium plano-convexarum, convexo-convexarum, vel sphaerae pellucidae radii solares paralleli incidentes in axe earum colligantur; mirum esse non debet, quod illorum calor plurimum intendatur, atque quod ope harum lentium, quae causticae appellantur, corpora plurima liquefiant, perinde atque si copiosiori igni fuissent exposita. Nec refert, quod huiusmodi lentes causticae ex glacie

Fig. parentur, vel ex bulla vitrea aqua repleta, quum vis caustica non a materia, sed a lentium convexitate pendeat.

18. Prop. iv. SI RADIUS HE AXI PARALLELVS INCIDAT IN SUPERFICIEM SPHAERICAM CONCAVAM MEDII DENSIORIS; RADIUS REFRACTVS EN DISPERGETVR AB AXE AF, ITA TAMEN VT FOCUS IMAGINARIVS F EXSISTAT VLTRA CENTRVM C.

Demonst. Quum semidiameter CE sit superficiei KBL perpendicularis, erit ea axis refractionis. Quare radius refractus EN ad eum accedet versus G, quod fieri nequit, quin ab axe AF recedat. Porro angulus refractus NEG minor esse debet angulo incidentiae CEH seu DEG, adeoque punctum F seu focus imaginarius ultra centrum C cadere debet.

20. Prop. v. SI RADIUS DE AXI FA PARALLELVS EX MEDIO DENSIORI INCIDAT IN SUPERFICIEM CONVEXAM MEDII RARIORIS BEK; RADIUS REFRACTVS EN AB AXE DIVERGIT, ITA TAMEN VT PUNCTVM F SEV FOCUS IMAGINARIVS SIT EXTRA SUPERFICIEM KBL.

Demonst. Sit CG axis refractionis. Quum refractionis sit a perpendiculari, radius inci-

dens DE a semidiametro CE deflectet, recedendo versus EN. Quare recedet etiam ab axe FA. Iam vero angulus refractus CEN maior esse debet angulo incidentiae DEG seu CEH, adeoque radius refractus EN productus concurrere debet cum axe FA.

Coroll. i. Si radii paralleli HI incidant in lentem plano-concavam KL, post duas refractiones dispergentur, et recedendo ab axe per EN. Etenim si radius HI axi FC parallelus incidit, erit perpendicularis in superficiem lentis planam, adeoque ex puncto I irrefractus pertransibit usque ad E (prop. i.). At vero refractione in E fit e medio densiori in superficiem sphaericam convexam medii rarioris, quod est aer. Quare in eo casu radius refractus EN ab axe FC divergit (prop. v.).

Coroll. ii. Si radii AE axi FP paralleli incidant in lentem concavo-concavam EBID; post duas refractiones in punctis E et D dispergentur, atque ab axe recedent versus N. Nam in prima refractione, quae fit in E, transitus est e medio rariori in superficiem cavam sphaericam medii densioris, ideoque radius refractus ED ab axe FP recedet (prop. iv.). In secunda refractione in puncto D refractione fit e medio densiori in superficiem convexam medii rarioris, quod est aer; ideoque radius refractus ED magis diverget ab axe FP recedendo versus N (prop. v.).

Coroll. III. *Effectus itaque lencium plano concavarum vel concavo-concavarum est omnino oppositus effectui lencium convexarum. Illarum enim ope radii solares, qui ad sensum paralleli insidunt, disperguntur, ideoque lumen solare per lentes concavas debilitatur.*

## ARTICVLVS IV.

## De visione.

## I.

24. **E**x precedentibus articulis totum pendet visionis artificium. Sed ipsum visionis organum, quantum nostri est instituti, breviter describemus. Oculi figura fere est sphaerica *adda*, pars tamen anterior *dd* est paullulum maxis convexa, et tunica *cornea* vocatur, ubi pellucida est; reliquum autem oculi integumentum *aa*, quoad opacum est, dicitur *sclerotica*. Pars scleroticae anterior *aa*, quae corneae adiacet, tegitur tenui membrana, quae vocatur *adnata*, et efficit *album oculi*. Adnata tegit quoque corneam, sed ita tenuis ibi est, ut difficile distinguatur. Ab anteriori parte cum cornea iuxta circumferentiam cohaeret tunica *ee*, *uvea* dicta, quae plana est, et in medio foramen *g* habet, quod appellatur *pupilla*. Uvea constat ex fibris circalaribus concentricis ad angulos rectos per fi-

*bras longitudinales* ad centrum tendentes intersectis. Fibras illas musculosas esse, a nemine hactenus demonstratum est. Immo peritissimus anatomicus Ruyschius, qui circa oculi structuram diligentius versatus est, fibras istas, maximam partem, vasa esse ostendit, atque celeberrimus vir D. Du Verhei oculum ceti diligentissime contemplatus, easdem fibras ex musculorum numero reiciendas esse iudicavit. In medio oculi magis tamen versus partem anteriorem positum est corpus molle, pellucidum, lenti convexae simile *f*, cuius superficies posterior anteriorem convexitate superat: vocatur *humor crystallinus*. Axis huius cum oculi axe per centra pupillae et bulbi oculi transeunte coincidit. Sustinetur crystallinus humor filis *hh*, quae in singulis punctis circumferentiae huius cohaerent, et interiori parte oculi adnectuntur iuxta circumferentiam corneae, in formam arcus inflectuntur, et muscoli creduntur, atque *ligamenta ciliaria* nominantur. Haec inter se iunguntur, et cum crystallino separationem in oculo efficiunt, huncque in duas cavitates seu *cameras g* et *h*, ut dicunt, unam anteriorem, alteram posteriorem dividunt. Anterior cavitas *g* repletur fluido aquae similimo, quod dicitur *humor aqueus*. Cavitas posterior *h* repletur humore pellucido eiusdem circiter densitatis cum humore aqueo, sed minoris fluiditatis: *humor vitreus* vocatur.

Superficies posterior et interior oculi tegitur tunica *bb*, *choroides* dicta, fusco colore tincta. Hanc igitur tegit membrana tenuissima *cc*, cui nomen *retinae* datur. *Nervus opticus* *n* ad posteriorem bulbi oculi partem paullum ad latus huic inseritur, et ita cum oculo iungitur, ut exterius nervi integumentum cum sclerotica cohaereat, et sequens cum choroide. Fibrae autem, ex quibus retina constat, concurrunt et medullam nervi constituunt. Oculus in capite movetur variis musculis cum sclerotica cohaerentibus. De his vero dicere, iuris nostri non est. Consideramus enim oculi structuram dumtaxat, quantum ad luminis motum pertinet.

II. His praemissis, iam intelligitur admirandum visionis artificium. Radii luminis a superficie corporum vel prope superficiem reflexi, corneam primum permeant, tum in aqueum humorem incidentes, *ii*, qui oblique cadunt, tali ratione refringi debent, ut viciniore, quam antea, fiant; transeunt enim ex medio rariori in densius, nempe ex aëre in aquam. Deinde pupillam subeunt, atque intra crystallinum humorem, qui densior est aqueo, interum refracti magis ad se invicem accedunt. Tandem in vitreum humorem incidunt, atque denuo refracti magis convergunt. Radii quidem ex humore crystallino in vitreum minus densum transeuntes a perpendiculari recedunt (*prop. III.*). Sed ob *len-*

*ticalarem* crystallini figuram contingit, ut *Fig.* radii a perpendicularibus recedentes sibi ipsis viciniore fiant, quod quidem patet ex iis, quae demonstravimus de refractione duplici per vitra utrimque convexa (*prop. III. art. praeced.*). Itaque radii in humorum traiectu has refractiones passi, in retina coeunt: hanc concutiunt: nervi optici filamenta movent, ac tandem motus ad cerebrum propagatur.

Vt autem tota res in meliori lumine collocetur, ponamus, ex singulis superficiei alicuius punctis *A, B, C* emanare undequaque lucis radios. Iam superficiei punctum quodlibet *A, B, C* considerari poterit tamquam vertex conii, cuius basis est ipsa pupilla *ei*, tum radii refracti alium generant conum priori oppositum, cuius basis quoque est pupilla, vertex autem est in oculi fundo in punctis *Y, O, X*, in quibus scilicet radorum ex aliquo puncto emanantium concursus eiusdem puncti imaginem repraesentat. Illi autem duo conii, si punctum visibile *B* e regione oculi sit, habent axem communem *Bo*, quem velut lineam rectam considerare licet. Nam in hoc casu vix attendi debet refractione, quam radii in crystallino subeunt, tum in ingressu tum in egressu. Itaque fingi potest, singulos radios utrumque praedictum conum formantes cum ipso axe communi confundi. Ac proinde quodlibet superficiei alicuius punctum distinguitur eo, quod eiusdem

puncti imaginem ad fundum oculi transmittat radius per centrum pupillae transiens. His positis, si punctum obiecti sit in ipso magnitudinis visibilis centro, puta *B*, aliud eiusdem superficiei punctum *C* ad dexteram positum, sui ipsius imaginem in oculum emittet per radios *CE*, *CF*, qui priores radios in pupilla intersecabunt. Quare imago *Y* ad sinistram imaginis *O* iacebit, ac proinde imagines illae pingentur situ inverso, si cum punctorum *B*, *C* positione conferantur. \* Itaque quum radiorum ex quolibet puncto emanantium fasciculus sive conus ad simplicem radium per axem reduci possit; tota obiecti superficies ad oculum relata potest etiam haberi tamquam pyramidis lucidae basis, cuius pyramidis vertex est ipsum pupillae centrum; radii autem, qui hanc formant pyramidem in oculi fundum producti, aliam generant pyramidem oppositam ipso organi fundo comprehensam, cuius proinde basis est tota obiecti imago *IOX*, quae cum suis coloribus depicta in retina praesentis obiecti

\* Non tamen radii omnes corneam et ingressi, pupillam subeunt, uti *Bs*, *Be*, qui ab uvea reflectuntur versus *r* et *g*. Neque omnes, qui pupillam subeunt, ad crystallinum pertingunt, uti *Mm*, *Kk*. Hi omnes radii ad visionem nihil conferunt; quin potius officiant.

sensationem in nobis excitat. Quodnam uero sit primum visionis organum, an sit retina, an chorois, disputant aliqui physiologi. Quae quidem quaestio videtur omnino superflua. Singulae enim organi partes pro suo officio ad distinctam visionem conferunt. Verum quum retina ex medulosa nervi optici portione componatur, huic parti tribuenda sunt praecipua visionis munera. Neque ad physicos pertinet definire, quo artificio pupilla dilatetur et contrahatur. Indubitatum quidem est, pupillam non eiusdem semper diametri apparere, sed nimia illabente lucis copia contrahi, et contra dilatari. Hunc reciprocum pupillae motum fibris muscularibus tribuunt aliqui. Sed rem alio modo explicant alii. De pupillae contractione et dilatatione tentamen proposuit vir claris. Weibrechtius in commentariis petropolitans tom. 3. At his relictis, oculorum vitia illorumque remedia, quod quidem physicorum iuris est, exponemus.

III. Quae hactenus dicta sunt, egregie confirmantur exemplo camerae obscurae. Si in ea foramen aperiatur, cui aptetur lens vitrea convexa; experientia constat, externarum rerum imagines interius depingi in tabula illas excipiente ad eam distantiam qua lucis radii a singulis obiecti punctis profecti et per lentem refracti tandem coeunt. Ultra citraque hanc distantiam confusa est



Fig. *imago; confusior item est imago circa extrema, quam circa medium, cui illius axis respondet. Quum lucis radii imaginem puncti, ex quo emanarunt, secum deferant, et per vitrum convexum refracti in foco sese decusent; evidens est, radios illos plano aliquo ultra vel citra punctum intersectionis exceptos eiusdem puncti imaginem repraesentare, quae quidem imago magis extensa minusque vivida esse debet, quo remotior est illius ultra focum distantia. Ex maiori illa imaginis amplitudine fieri debet, ut puncti alicuius contigui imago cum priori imagine potim<sup>at</sup> confundatur. Quare si duo illa puncta diversum habeant colorem, imago ex his duabus imaginibus composita tres exhibebit colores; pars enim duabus imaginibus communis compositum colorem admittet. Itaque imago illa permixta neque obiecti dimensionem, figuram, colorem, splendorem repraesentare poterit, sed iusto maior erit atque confusa. Verum in concursu seu foco radiorum, punctorum duorum imagines sunt nitide separatae et propriis coloribus distinctae. Similiter si distantia tabulae a lente citra focum prior sit, manente eadem externi obiecti distantia, illius imago perturbatur etiam, sed magis contracta fit.*

<sup>25.</sup> Quae quum ita sint, obiecti alicuius distincta est visio, si radii retinam *YOX* attingunt in vero concursus puncto, hoc est, in

vertice conorum lucidorum, qui ex unoquoque obiecti puncto proficiscuntur. Contra autem visio confusa est, si radii ante vel post concursum ad retinam perveniant. Praeterea obiecti imago vivida atque distincta trans superficiem refringentem convexam repraesentata, in axe per obiectum et centrum sphaericitatis transeunte constituta est, ut praecedenti articulo in camera obscura demonstravimus. Quare obiecta distincte non videntur, nisi versus obiectum dirigatur axis *BO* per oculi et pupillae centra transiens. Et re quidem ipsa in obiecto distinctissime non percipitur nisi punctum illud, ad quod hic axis pertingit \*. Iam vero ad explicandam vitiosam oculorum constitutionem aliud superest observandum in adducto superius exemplo de camera obscura. Si obiectum aliquod collocetur in aliqua distantia a lente refringente convexa immota et constantis sphaericitatis; deinde autem obiectum ad lentem illam accedat, obiecti imago interius in tabula

\* *Ad distinctam obiecti visionem confert etiam, quod imago in retina depicta satis magna sit respectu obiecti ita, ut puncta concursuum radiorum *Y, O, X*, extra se invicem cadant. Ideo myopes melius vident, quae vident, quam presbytae, atque obiecta propinqua omnes distinctius cernunt quam remota.*

depicta recedet (*ex demonstratis*). Quare si imago obiecti in eodem loco fixa retineri debeat, vel ab ea removenda est lens refringens, accedente obiecto, vel semidiameter sphaericitatis lentis minuenda, quae quidem omnia ex articulo praecedenti sunt manifesta. Igitur homines, qui eximio pollent visus organo, oculos ita conformatos habent et ita facile mobiles, ut radii ex eodem obiecti puncto emanantes et pupillam fere paralleli subeunt, quod fit in distantia satis magna, in ipsa retina colligantur. At si obiectum ad oculos accedat ita, ut lucis radii ex aliquo obiecti puncto emanantes, pupillam ingrediantur divergentes: tunc spectator ita oculos accommodare potest in singulis obiecti distantis, ut imago in retina semper exaretur, sive id faciat lentem crystallinam versus pupillam propius admovendo, sive reducta ad maiorem convexitatem lente crystallina aut tunica cornea. Crystallinae lentis mutationes fieri ligamentorum ciliarium *rm*, *fz* ope persuasum habent plerique anatomici. Cornea quoque mutationi obnoxia esse potest vi musculorum *rectorum*, qui oculum secundum directionem axis comprimunt, illumque versus orbitae fundum retrahunt.

IV. Ex his intelliguntur diversa oculorum incommoda. Si organum ita vitiose fuerit conformatum, ut pro obiectorum distantia mutari non possit: ut oportet, oculi fi-

gura: tunc intra certos limites dumtaxat distincta habetur visio. Ita si lens crystallina vel etiam corneae pars anterior iusto maiorem habeat convexitatem, obiectorum nimis distantium imagines prope lentem crystallinam ac proinde ante retinam pinguntur, ideoque confuse dumtaxat videntur. Ea de causa fit, ut homines tali vitio laborantes, qui dicuntur *myops* obiecta propius admoveere debeant. Ita enim imagines interius depictae fiunt remotiores, et ad ipsam retinam accurate pertingunt. At si corneae segmentum anterius vel lens crystallina eam dumtaxat habeant convexitatem, quae necessaria est, ut obiectorum remotiorum imagines in retinam cadant, obiecta proximiora pinguntur ultra retinam, ideoque confuse tantum videri possunt. Qui tali oculorum vitio laborant, vocantur *presbytae*, atque vitium illud frequens est senibus. Arescentibus enim longa aetate humoribus, complanatur lens crystallina, et corneae pars anterior deprimitur. Itaque myopes proximiora dumtaxat obiecta distincte vident per radios divergentes, presbytae autem distincte tantum vident obiecta remotiora per radios fere parallelos. Porro ex antea explicata vitrorum concavorum et convexorum doctrina notum est, eam esse vitrorum concavorum proprietatem, ut radios parallelos et ex remotiori obiecto emanantes reddant divergentes. Quare myopum vitium

lentis concavae ope corrigi potest. Contraria ratione lentem convexam adhibere debent presbytae. Ev dens autem est, iustam esse debere vitrorum concavitatem vel convexitatem et oculorum imperfectioni convenientem. Alio etiam modo ex parte aliqua emendari possunt tum myopum tum presbytarum vitia. Si nempe obiecta per foramen valde exiguum conspiciantur. Etenim si pupillae diameter instar puncti se haberet ita, ut unicuique dumtaxat admitteret radium ex unoquoque obiecti puncto emanantem, radii illi in totidem distincta retinae puncta caderent, ac proinde distinctam repraesentarent obiecti imaginem, minus tamen vividam ob lucis inopiam. Tunc enim radii Kk, Mm, qui nimis oblique oculum subeunt, visioni officiant [ut sup. dictum est], ab ingressu arcentur. Ea de causa fit, ut myopes, qui ob conformatam corneam nimis convexam, nimisque convexum humorem crystallinum plurimos eiusmodi recipiunt radios obliquos, aliquot obiectum visuri, nictantes oculos ferre claudant. Id quidem inscii myopibus praestat natura, ut obiectum clarius intueantur. Ea etiam de causa fit, ut obiectum etiam oculo valde proximum trans exiguum foramen distincte cernamus.

Saepe contingit ut oculorum alteruter vi maxima polleat, alter autem myopum vel presbytarum vitio laboret. In hoc casu spe-

etator perfectiorem oculum versus obiecta debet convertere, alterum autem oculum minus perfectum avertere plerumque versus nasum; alioquin obiecti imago confusa distinctam imaginem turbaret. Hinc fit, ut aliqui distortis adspiciant oculis. Vitium illud appellatur *strabismus*, et qui eo laborant, *strabones* sive *lucsi*, de quo multa et quidem utilissima tradit D. de Bufon in monum. paris. ann. 1743.

Porro licet obiectum aliquod geminis intueamur oculis, illud tamen unicum apparet. Aequales enim omnino fiunt in *homologis* utriusque oculi fibras impressiones, atque easdem illas simultaneasque impressiones veluti impressionem unicam mens nostra iudicat. At si eiusdem obiecti imagines in homologis non pingantur fibris, iam ex impressionum varietate duplicis obiecti sensatio in nobis excitatur. Ceterum imagines duae in fibris homologis imprimuntur, si obiectum utroque oculo per radios physice parallelos contemplerur, vel si oculi eodem plane modo versus obiectum dirigantur. Hinc obiectum oculis proximius duplex nobis apparet, quum obiectum illud intueri non possimus, nisi visionis axes valde inclinentur. Oculus sinister obiectum videt ad dexteram, oculus autem dexter ad sinistram, quum duo axes ad partes illas sint inclinati. Simili ratione duplex apparet obiectum, si oculi non

Fig. eodem modo obvertantur; in diversis enim locis fiunt obiectorum impressiones. Hinc homines vino madidi duplex obiectum loco urius apprehendere solent. Ita enim perturbatis motibus agitantur nervorum musculorumque fibrae, ut versus idem obiectum ea, quae necessaria est, directione ambo oculi converti non possint. Idem quoque accidit hominibus adfectuum aestu et furore misere abreptis.

V. Ad visionis doctrinam pertinet apprens obiectorum magnitudo. Angulus opticus appellatur  $AHC$ , quem comprehendunt radii duo *extremi terminantes pyramidem illam lucidam, de qua sup. et ex duobus obiecti alicuius extremis emanantes, et cui intra oculi fundum aequalis respondet YHX.* Quia vero, ceteris paribus, de obiectorum aequalitate vel inaequalitate nullum ferre possumus iudicium, nisi ex ipsis imaginibus in fundo oculi depictis, patet, obiecta quaelibet aequalia vel inaequalia sub eodem angulo visa, apparet aequalia, nisi causa aliqua de apparenti magnitudine nostrum perturbet iudicium. Ex angulorum opticorum inaequalitate evidens est, decrescere apparentem alicuius obiecti magnitudinem, si maior sit illius ab oculo distantia, ceteris paribus. Etenim obiecti demensiones sunt bases constantes trianguli  $AHC$ , cuius latera sunt duarum obiecti extremitatum ab oculo distantiae. Quare crescentibus lateribus  $AH$ ,  $HC$  pro maiori di-

stantia, crescunt quoque anguli lateribus oppositi  $A$ ,  $C$ , ac proinde decrescit angulus lateri constanti  $AC$  oppositus, ideoque et minor fit obiecti imago. Hinc magnitudines apparentes vel anguli optici obiectorum sunt in ratione distantiarum inversa ab oculo, si tamen anguli sunt minimi, secus autem si anguli paullo maiores sint [*ut patet ex geom.*]\*. Quare obiecti alicuius maioris et valde remoti partes aequales non apparent aequales. Nam partes ab oculo remotiores minorem subtendunt angulum, et contra. Ea de causa fit, ut lineae parallelae ad magnam distantiam productae videantur concurrere, atque eandem ob causam sublimior turris spectatori inclinata videtur. Nam si turris sit perpendicularis, spectator situm hunc perpendicularem comparat cum recta perpendiculari per oculum transeunte. Quare situs perpendicularis ipsius turris, rectae perpendiculari per oculum transeunti parallelus, in parte superiori convergere apparet.

VI. Haec eadem principia ad visionem quae fit per vitra vel specula, transferri possunt. Etenim quum obiecta non videamus nisi secundum directionem radiorum, qui in oculum transmittunt obiectorum imaginem,

\* Nam in minimis angulis arcus eos metientes cum suis sinibus confunduntur, non item in angulis maioribus.

si radii illi plures refractiones et reflexiones patiantur ita, ut mutetur primitiva radiorum directio, iam obiectum videre non possumus secundum rectam ex obiecto ad oculos nostros directe peruenientem. Itaque quum magnitudo apparens obiecti maxime pendeat ex angulo, quem radii ad oculum ultimo peruenientes comprehendunt; evidens est, apparentem obiecti magnitudinem mutari, si refractionis vel reflexio angulum opticum mutaverit. Quod spectat ad oculi distantiam a loco obiecti apparente, hanc non metitur vera ultimae imaginis ab oculo distantia. Etenim experientia compertum est, obiectorum distantiam apparentem ex nostris iudiciis maxime pendere. Obiecta, quae fusca et obscura apparent, remotiora iudicamus, atque eandem ob causam illorum quoque magnitudinem iudicio nostro augemus. Si inter obiectum aliquod et oculos nostros longa continetur obiectorum series, augemus quoque tacito iudicio obiecti distantiam et magnitudinem. Igitur quae dicta sunt de apparenti obiectorum magnitudine, intelligi debent dumtaxat, si omnia fuerint paria. Itaque quum apparentem obiectorum distantiam ex nostris de illorum magnitudine iudiciis aestimare soleamus, si obiectorum imagines reflexione aut refractione minuantur vel augeantur, obiecta illa oculo proximiora vel ab eo magis remota iudicamus, facta nempe com-

paratione inter magnitudinem apparentem et <sup>Fig</sup> magnitudinem veram. Quia vero obiectorum, quae directe videntur, superficies est basis pyramidis lucidae, cuius vertex est in oculo, si reflexione aut refractione magis obrusus fiat pyramidis angulus, obiectum, quod ad huius pyramidis basim semper refertur, oculo seu novae pyramidis vertici propius apparebit; contrarium evenit, si pyramis fiat magis acuta. Inde autem per constructionem determinari solet apparens obiectorum locus, si obiecta trans vitra et in speculis conspiciantur.

Prop. I. OBIECTVM AE TRANS LENTEM 26.  
 VTRIMQVE CONVEXAM LK CONSPECTVM  
 AB OCULO O PROPE EAM CONSTITVTO  
 VIDEBITVR MVLTO MAGIS AMPLIFICATVM  
 IN ae, ATQVE ERECTVM.

Demonst. Etenim radii lucis exeuntes ex punctis A et E; postquam in lentem LK inciderint, duasque refractiones passi fuerint, magis convergentes sunt versus O (cor. I. prop. III. art. praec.). Quapropter angulus opticus, qui magnitudinem obiecti repraesentabit, erit  $\angle Oa$ , idem profecto atque si radii visuales venissent ex a et e. Igitur imago apparebit multo magis aucta et amplificata secundum magnitudinem ae. Similis demonstratio locum tenet, si lens

Fig. fuerit plano-convexa, ut ex sup. liquet \*.

Prop. II. SI OBIECTVM AE AB OCULO O  
27. INTROSPICIATUR PER LENTEM VITREAM  
VTRIMQVE CONCAVAM SS, ILLVD APPARE-  
BIT DIMINVTVM ATQVE ERECTVM IN ae.

Demonst. Ponantur lucis radii ex A et  
E provenientes in lentem SS incidere, post  
duas refractiones ex punctis cc exhibunt val-  
de divergentes versus O (cor. II. prop. v.  
art. praec.) Itaque radii visuales cO, cO  
efformabunt angulum opticum cOc, qui qui-  
dem idem erit, atque si radii provenissent  
ex punctis a et e. Igitur imago repraesentabitur  
secundum magnitudinem ae, quae  
magis diminuta est obiecto suo. Similiter de-  
monstratio instituitur, si lens fuerit plano-  
concava, ut ex sup. manifestum est \*\*.

\* Imago ae remotior a lente ponitur  
quam obiectum AE. Demonstratur enim,  
singula obiecti puncta, quae radios lucis  
divergentes emittunt, et qui distantiam il-  
lius exhibent, per lentem remotiora appa-  
rere quam ipsa sunt.

\*\* Imago repraesentata lenti proximior  
ponitur quam obiectum. Demonstratione e-  
nim constat, quod si considerentur radii  
divergentes ex singulis obiecti punctis ema-  
nantes, distantiam obiecti minorem exhibe-  
ant, quam sit re ipsa.

Obscuriora magisque confusa videntur ob-  
iecta, quae sunt ab oculis nostris remotiora,  
contra autem splendidiori fulgent luce, si  
fuerint propiora. Hinc fit, ut obiecta confu-  
sa a nobis remotiora iudicemus, et vice ver-  
sa. Atque ea de causa intelligitur difficillim-  
um picturae artificium, quo lux et umbra  
in tabellis tanta miscentur industria, ut ob-  
iecta eminere et quasi foras erumpere videan-  
tur. Eadem est ratio, cur spectra nocturna-  
que phantasmata longe maiora apparere so-  
leant. Quum enim obscura sint obiecta, ma-  
iorem illorum distantiam ex visionis confu-  
sione aestimamus, illorumque magnitudinem  
ita enormiter augemus, ut timidioribus homi-  
nibus terrorem incutere soleant. Hinc et-  
iam reddi potest ratio, cur concava coeli su-  
perficies delumbati forniciis instar appareat.  
Etenim quum sidera prope horizontem minus  
splendeant, eo remotiora a nobis iudicantur,  
atque eidem causae magna ex parte tribuen-  
dum est, quod sol et luna maiores apparent  
in horizonte, minores autem, quo altiores  
supra horizontem. Etenim ponamus, sphae-  
ricam esse apparentem coeli concavitatem, in  
cuius centro posita sit tellus, diameter ap-  
parens solis eadem esse debet in qualibet su-  
pra horizontem altitudine. At quum forniciis  
delumbati figuram referat coeli concavitas,  
maior est apparens solis distantia in horizon-  
te, quam in aliqua supra horizontem altitu-

dine, ac proinde solis aliorumque siderum magnitudine optica illusionem augemus. Huic tamen causae iungi etiam debet alia, quam ex longa obiectorum serie desumere solent physici. Et quidem dum sol et luna versantur in horizonte, inter corpora illa nostrosque oculos magna sese offert obiectorum multitudo, qua fit, ut maiorem a nobis iudicemus solis et lunae distantiam\*. Id autem frequenti exemplo ostendi potest. Si longior vallis homini in planitie constituto conspicua non fuerit, obiecta ultra vallem, licet longius remota, iudicabit spectator valde proxima. At si ad vallis marginem accesserit, oblata nempe corporum intermediorum serie, statim magnam aestimabit distantiam. Porro sphaericam ponebamus concavam coeli superficiem. Et quidem certum est, suos esse visioni limites ita, ut nullam in remotissimis distantibus differentiam discernere va-

\* *Rationibus quibus exponit Auctor phaenomenon de diversa magnitudine, quibus nobis conspicua fiunt sidera, dum in horizonte et in meridiano versantur, nullo modo fidendum est. Eas tanquam futes sibi que contradicentes exagitat Antonius Genuesis adnot. ad elem. physica Petri van Musschenbroëk tom. II. §. 997. num. 4. Veram phaenomeni expositionem tradit ipsemet adnotator §. seq. 998. num. 8.*

leamus. At obiecta, quae eandem a nobis distantiam servare videntur, apparere debent tanquam locata in superficie sphaerae, cuius centrum oculus occupat. Hinc fit, ut corpora omnia coelestia, licet magnis intervallis alia aliis superiora, ad eandem tamen concavam superficiem atque sphaericam referamus.

### CATOPTRICA.

*Atque ut de visione in speculis sive de catoptrica tandem agamus, haec sit universalissima.*

*Lex: In quocumque speculo quodlibet obiecti punctum videtur in linea recta, quae ab eo ad speculum perpendiculariter ducitur. Punctum vero illud in praedicta linea determinatur, si radius reflexus retrorsum prolongetur. Vbi enim radius reflexus productus illam perpendicularem secabit, videbitur obiecti punctum.*

*Principium istud, quod a plerisque demonstrari solet, absque probatione a nobis adsumitur, atque universalissimum statuitur; quamvis unico in casu non obtineat, de quo tamen in praesentia non agimus.*

Prop. I. SI ANTE SPECVLVM PLANVM POSITUM  
NATUR OBJECTVM DE, ILLIVS IMAGO  
LM APPARET SPECTATORI CH AD EAM-

DEM POST SPECVLVM DISTANTIAM, QVA  
OBIECTVM ABEST AB SPECVLO; IMAGO  
VERO AEQUALIS SIMILISQVE EST OBIE-  
CTO, AC IN EODEM SITV RESPECTV O-  
CVLI IACENS, AC OBIECTVM.

Demonst. Quum ex singulis obiecti pun-  
ctis quaquaversum radii divergentes emit-  
tantur, prodibunt ex punctis D et E radii  
DF, DZ, et EN, EO, qui reflexi per-  
venient ad oculum in C et H. Ex duobus  
punctis D, E ducantur perpendiculares ad  
speculum DL, EM. Productis radiis reflexis  
perpendiculares secabuntur ab iis in L et M:  
ac proinde in iis punctis videbuntur puncta  
obiecti D et E (ex sup. posito princip.). Iam  
vero triangulum DIF simile et aequale est  
triangulo LIE. Nam anguli ad I sunt recti  
latus IF utrique commune, et praeterea an-  
gulus DFA = LFI, quin angulus DFI =  
CFB = LFA, quum sint verticales. Igitur  
et latus DA, quod est distantia obiecti ab  
speculo, aequale erit lateri AL, quod est  
distantia puncti imaginis illius ab eodem  
speculo. Eadem demonstratio locum tenet,  
quod ad punctum E et M. Porro duae per-  
pendiculares ad eandem rectam AG sunt  
inter se parallelae, adeoque distantia DE =  
LM, ac proinde et imago apparebit eius-  
dem magnitudinis.

Coroll. Ex his patet, cur spectatori an-

te speculum planum constituto dexteræ sui Fig.  
corporis partes appareant sinistrae, et con-  
tra. Tum si spectator ad speculum accedat  
vel recedat, imago eadem ratione ad spe-  
culum accedere vel recedere observabitur.

Prop. II. SI ANTE SPECVLVM SPHAERICO-  
CONVEXVM ABX OBIECTVM QVODVIS EF<sup>29.</sup>  
CONSTITVATVR, ILLIVS IMAGO IL fere  
VIDETR INTRA SPECVLVM, ET IPSI PRO-  
PIOR, IMMINVTA, SITV ERECTO ET A-  
LIQVANTVM DIFFORMIS.

Demonst. Ducantur ex punctis E et F  
ad superficiem speculi ABX perpendicula-  
res EC, FC, quae dicuntur catheti incidenti-  
ae. Quum ex singulis obiecti punctis radii  
divergentes quaquaversum spargantur, ex  
puncto E emanabunt radii EB, EG, qui  
retroducti, et cathetum incidentiae secan-  
tes in I, illic exhibebunt imaginem puncti  
E. Eodem modo liquet, punctum obiecti F  
repraesentandum esse in puncto L. Itaque  
spatio cathetis CE et CF comprehenso con-  
tineri debet obiecti imago. Sed spatium i-  
stud coarctatur, angustiusque fit versus  
centrum C. Igitur imago minor apparere  
debet obiecto suo. Inde etiam patet, aliqua-  
tenus difformem, sed situ erecto conspicien-  
dam esse, quum puncta obiecti in imagine  
contracta aliquatenus confundi, necessum sit.



Fig. Coroll. In speculo cylindrico verticaliter posito obiecta apparere debent longa, sed gracilia. Si autem speculum horizontaliter collocetur, videbitur obiectum latum, sed constrictum. Etenim speculum cylindricum refert speculum planum secundum suam longitudinem; speculum vero sphaericoconvexum secundum latitudinem. Igitur secundum priorem directionem obiectorum imagines repraesentabuntur illis aequales, secundum aliam vero constrictae atque decurtatae (prop. I. et II.).

Prop. III. SI ANTE SPECVLVM SPHAERICO-CONCAVVM ABC INTRA QVARTAM DIAMETRI PARTEM SPHAERAE, CVIVS SECTIO EST SPECVLVM, OBIECTVM QVODVIS EF CONSTITVATVR, ILLIVS IMAGO HM PONE SPECVLVM VIDEBITVR AMPLIFICATA ET ERRECTA.

Demonst. Etenim radii lucis emanantes ex E et F reflexi in B et G, atque in O et G; si retroducantur, cathetos incidentiae PH, PM intersecabunt in H et M, adeoque in his punctis repraesentabitur illorum punctorum E, F imago. Iam vero quum imago intra spatium comprehensum cathetos incidentiae PA, PM repraesentari debeat; lineae autem illae continuo divergant a centro, patet, imaginem pone speculum

magis amplificatam videri debere. Inde etiam manifestum est, imaginem erectam esse.

Coroll. Fieri etiam potest ut obiectum EF penitus dispareat et evanescat. Si nempe obiectum EF longius distet a speculo ABC, quam centrum P, atque oculus DH inter centrum et speculum constituatur. Tunc enim radii reflexi et retroacti numquam cum cathetis incidentiae concurrunt. Si autem obiectum inter focum et centrum constituatur, et oculus ultra centrum removeatur; imago ultra centrum apparebit in aëre pendula, situque inverso. Aliae anomaliae in speculo concavo observantur ex diversa positione centri, foci, obiecti, vel oculi.

## ARTICVLVS V.

### De coloribus atque iride.

#### I.

Triplici potissimum ratione considerari possunt colores, nempe quatenus sunt ipsis lucis corpusculis, vel quatenus certam quandam designant corporum dispositionem, qua fit, ut dati alicuius coloris sensatione nos adficiant; tandem quatenus in organo visionis certum motum imprimunt. Has singulas partes, ipsaque iridis phaenomena prolixiori conclusione explicabimus, paucis tamen praemissis. De colorum natura variae sunt philosophorum opiniones. Peripatetici

colores omnes accidentia quaedam et qualitates esse arbitrantur, quae variis corporibus impressae fuerint, ipsisque inhaereant, et in oculis nostris imaginem vel speciem quamdam imprimant. Verum entitates illas exulare omnino iubent recentiores physici. Neque enim ad producendam coloris sensationem necesse est, ut in corpore ullus color inhaereat, quemadmodum ex cibo sapor, et ex acu dolor percipitur, licet sapor ipse in cibo, et dolor in acu non reperitur. Communis est igitur philosophorum omnium opinio, colores esse non entitates aliquas vere corporibus inhaerentes, sed quasdam lucis modificationes, quae secundum varium modum, quo a diversis corporibus lux resilit atque refringitur, varias in oculis vibrationes variumque coloris sensum excitant. At quamvis in hac doctrina generatim conveniant cartesiani et newtoniani, rem tamen diverso plane modo explicant. Cartesiani totam colorum differentiam repetunt ex diversa corporum textura, qua fit, ut radii lucis diversas in diversis corporibus suscipiant modificationes, atque ita varias in nobis excitent colorum sensationes. Contra censet Newtonus, et immensa experimentorum copia plane demonstrat, maiorem vel minorem radiorum coloratorum refractionem non pendere a modificationibus, quas radius luminis in refractione aut reflexione adquirat, sed ex ipsius

radii natura oriri ita, ut diversa colorum <sup>Fig.</sup> fila internam habeant *refrangibilitatem* coloremque internum. Sed Newtoni doctrinam non satis mirandam sequenti conclusioni exponemus.

## CONCLUSIO.

CERTISSIMIS EXPERIMENTIS DIVERSAM RADIORUM REFRAINGIBILITATEM DEMONSTRAVIT NEWTONVS; ATQVE EX EADEM DOCTRINA PENDENT IRIDIS PHAENOMENA.

Prob. I. pars. Ex innumeris experimentis, quae Newtonus instituit, et in optica fuse persequitur, unum heic primum seligimus vulgo notissimum, quod rem omnino demonstrat. Est autem huiusmodi:

Paretur prisma vitreum triangulare, cuius transversam sectionem exhibet triangulum *ABC* <sup>31:</sup> Solis radius *SD* per exiguum foramen *D* in cubiculum satis tenebrosum immissus excipitur facie prismatis *AC* oblique in *E*. Pars aliqua ex *E* reflectitur, pars alia ipsum ingreditur vitrum et refringitur, [*ex antea demonstratis*]. At proinde etiam ubi pervenit ad faciem *CB*, pars aliqua intra vitrum reflectitur, pars autem alia e vitro egreditur. Sed de radiis reflexis heic nihil curandum est: solos radios refractos consideramus. Porro radius in *E* non refringitur totus in eodem angulo, sed plurium veluti filorum diverse refrangi-

bilium tela retextitur. Quae omnium maxime refringuntur per *Ep*, violaceum colorem exhibent, rubeum vero colorem pingunt, quae omnium minime refringuntur per *Er*, reliquis coloribus intermediis iacentibus in angulo *pEr*, nempe hoc ordine sedent colores, *rubens, aureus, flavus, viridis, caeruleus, indicus, violaceus*. Illa autem colorum fila in egressu e facie *CB* rursus iter inflectunt, et a perpendicularibus *TpN*, *tru* recedunt; filum quidem violaceum *pl* omnium maxime, et rubeum *rR* omnium minime, ac in pariete vel in charta eodem ordine pinguntur. Porro hec representavimus radium *SDE* per unicam lineam rectam, et separata colorum fila tanquam lineas *PR* consideravimus. Verum ob foraminis *D* amplitudinem ex quovis solis puncto defertur exiguus quidam radiorum conus, seu quasi cylindrus ad *E*; et ob diametrum solis apparentem *Ss* defertur per quodvis punctum foraminis *D* conus *EDe* habens angulum *EDe* aequalem angulo *SDs* ad verticem opposito, nempe diametro apparenti solis. Hinc fit, ut radii *DE* et *De* non habeant eundem angulum incidentiae, ac proinde nec eundem angulum refractum. Itaque fila omnia rubea, tum quae profecta ex eodem solis puncto transeunt per omnia puncta foraminis *D*, tum quae descendunt e diversis solis punctis, pingunt circa *R* exiguum ellipsim seu circellum quemdam, cuius cen-

trum proxime occupat rubeus radius e centro solis digressus, et per centrum foraminis transiens. Idem praestant violacei circa *P*, atque ita deinceps a centro circelli rubei ad centrum violacei continua serie disponuntur circellorum omnium centra. Hinc fit, ut in charta vel pariete non linea quaedam colorata pingatur, sed veluti columna binis semiellipsis vel semicirculis in *R* et *P*, et e latere binis rectis infinitas ellipses vel circellos intermedios tangentibus terminata. Porro si interceptis reliquorum colorum filis unicum duntaxat filum, e. g. viride, transmittatur, alteroque prisma frangatur, vel pluribus utcumque refractionibus vel reflexionibus torqueatur; iam illud in plura fila non dividitur, sed refringitur totum iisdem legibus, quibus in primo prisma fuerat refractum: eundem semper colorem servat, etiamsi prismatis conversione ad quamlibet partem dirigatur, sive transeat per medium lucidum, sive aliorum colorum fila traiciat, aut etiam densioris umbrae confinia radat. Diversam radiorum refrangibilitatem omnino internam et immutabilem demonstrat experimentum illud, nec minus clare ostendit necessariam cum radiorum refrangibilitate colorum connexionem. Newtonianam doctrinam plurimis experimentis confirmabimus, ubi solventur obiectiones. Quare hec pauca addere satis erit. Si radii prisma separati iterum colligantur ope

lentis convexae, ut fieri solet, color albus iterum restituitur. Attamen radii illi, ex quibus collectis albedo nascitur, ultra punctum intersectionis iterum in colores suos dividuntur, sed ordine inverso; illa enim colorum fila in foco collecta sese deinde decussant. Simili ratione si radii rubri, flavi, virides, caerulei et violacei certa proportione misceantur, subalbicans color inde nascetur, qui etiam observabitur in globo septem praedictis coloribus tincto, dummodo globus ille ita rapida manu convertatur, ut singuli colores organum visionis seorsum adhaerere non possint. Si radii solares interna prismatis superficie sub angulo valde obliquo excipiantur, radii violacei reflectentur, transmittentur autem radii rubri. Ex hoc experimento colligitur, radios magis *refrangibiles* esse quoque magis *reflexibiles*, seu maiori reflexionis facilitate praeditos. Itaque ex his paucis experimentis, et ex aliis plurimis infra explicandis manifestum est, solis imaginem, quam *spectrum solare* appellat Newtonus, compositam esse ex septem radiis primitivis diversa refrangibilitate et reflexibilitate praeditis, nullique mutationi obnoxiiis. Sed antequam ad alteram conclusionis partem progrediamur, observandum est, solaris imaginis colores ea proportione in septem intervalla dividi, ut proportionalibus septem tonorum musicorum intervallis satis accurate respondeant. Id qui-

dem plane singulare est, sed praecipiti iudicio concludendum non est, inter colorum tonorumque sensationes aliquam esse analogiam. Nihil enim habent sensationes nostrae ipsis objectis simile. Certum tamen est, diversos colores variosque illorum gradus ita inter se componi posse, ut iucundissimum oculis spectaculum exhibere possint.

Prob. 2. pars. Iridis origo et generatio haud melius explicabitur quam sequenti experimento. Capiatur globus vitreus *BCD* aqua <sup>32.</sup> plenus, et ita aperto aëri obiciatur, ut a tergo spectatoris *E* positus sit sol *S*. Iam si radius *ED* ductus ab oculo ad punctum *D* globi *BCD* constituat angulum  $42^{\circ} 11'$  cum recta *EM*, quae ad partes solis producta intelligatur, et in solem ipsum incurrat, *sive quae parallela concipitur radio incidenti SB*; tunc pars globi vitrei *D* rubro colore tincta apparebit. Sed si angulus *DEM* paulatim minuatur; tunc evanescet quidem color rubeus sed in eius locum succedet primum flavus, tum sequentur colores alii ex ordine, et ultimo loco violaceus. Hic autem postremus color sese conspicuum non praebet, nisi angulus *DEM* fiat  $40^{\circ} 16'$  ita, ut colorum limites intra  $42^{\circ} 11'$  et  $40^{\circ} 16'$  contineantur, ac proinde tota colorum latitudo occupat spatium  $1^{\circ} 55'$ . In hoc autem experimento colores generantur per binas radiorum solarium refractiones, et unam reflexionem.

Nam radius  $SB$  incidens in globi punctum  $B$  primum refringitur in  $BC$ , tum reflectitur in  $CD$ , iterumque refringitur in  $DE$ , atque eadem directionem subit oculum  $E$  angulos praedictos comprehendens cum recta  $EM$ , quae producta tendit ad solem, sive quae radio incidenti  $SB$  parallela concipitur. Porro adnotare oportet, radium solis  $SB$ , qui globo occurrit in  $B$ , et post binas refractiones et unam reflexionem ad oculum in  $E$  pettingit, parallelum esse rectae  $ME$  tendenti ad solem  $S$ . Etenim quum rectae  $BS$ , et  $ME$  tendant ad solem infinito propemodum intervallo a terra distantem, si intervallum illud conferatur cum distantia radiorum  $B$ ,  $M$ , facile intelligitur, rectas  $ME$  et  $BS$  tamquam parallelas et coincidentes haberi posse. Quare productis  $SB$  et  $ED$ , donec concurrant in  $X$ , erunt anguli alterni  $BXD$ ,  $DEM$  aequales inter se. Iam vero quoniam experimento compertum est, apparere colorem rubrum in  $D$ , ubi angulus  $DEM$  est  $42^\circ 11'$ , quumque sit angulus  $DEM$  aequalis angulo  $BXD$ , videbitur quoque color rubeus in  $D$ , si angulus  $BXD$ , quem radius incidens  $BS$ , et emergens  $DE$  producti continent in  $X$ , sit  $42^\circ 11'$ . Si autem hic angulus paulatim minuat, evanescent quidem rubeus color; sed in eius locum succedent ex ordine colores alii, ut iam diximus. Porro ut conspicius maneat color violaceus, necesse est, an-

gulum  $BXD$  esse  $40^\circ 16'$ . Si autem angulus paullo minor evadat, iam nulli amplius colores apparebunt.

Ad demonstrata refractionem leges revocari potest praecedens experimentum. Esto  $O$  centrum sphaerae vitreae, a quo in radios  $BX$ , et  $BC$  cadant perpendiculares  $OR$ ,  $OQ$ , iungaturque  $OB$ . Erit  $OBX = SBA$  angulus incidentiae, cuius sinus est  $OR$ , sumto  $OB$  pro sinu toto sive radio, et  $OBC$  erit angulus refractus, cuius sinus est  $OQ$ . Similiter demissis in radium reflexum  $CD$  et emergentem  $EX$  perpendiculis  $Or$ ,  $Oq$ , iunctoque radio  $OD$ , erit  $ODC$  angulus incidentiae, et  $ODX$  angulus refractus, quorum angulorum sinus sunt  $Or$ ,  $Oq$ . Iam vero in refractionibus radiorum rubrorum, quae fiunt in transitu ex aere in aquam, sinus anguli incidentiae est ad sinum anguli refracti ut 108 ad 81 circiter. In refractionibus vero radiorum violaceorum, quae fiunt pariter in transitu ex aere in aquam, sinus anguli incidentiae est ad sinum anguli refracti, ut 109 ad 81. Quare in radiis rubeis  $OR$  est ad  $OQ$ , ut 108 ad 81, in violaceis autem, ut 109 ad 81. Similiter in rubeis  $Oq$  ad  $Or$  erit vicissim ut 81 ad 108, in violaceis vero ut 81 ad 109. Quibus constitutis, si calculus ineatur ex trigonometria, prodit angulus  $BXD$  pro radiis rubeis  $42^\circ 11'$ , pro violaceis autem  $40^\circ 16'$ . Qui quidem anguli

Fig. cum experimento ad amussim consentiunt.

Iam fingamus, partem aliquam atmosphaerae, quae oculis spectatoris obversatur, rotundis aquae guttis refertam esse, et rectam *EM* per oculum spectatoris ductam ita positam esse, ut producta ad partes a spectatore aversas in solem incurrat, sive radiis incidentibus sit parallela. Si guttula *BCD* talem habeat situm respectu solis et oculi, ut radius *SB* bis refractus et semel reflexus perveniat ad oculum sub angulo *DEM*  $40^{\circ} 16'$ , guttam illam violaceam apparere necessum est. Si autem guttulla sublimior talem habeat situm, ut radius bis refractus et semel reflexus accedet ad oculum sub angulo  $42^{\circ} 11'$ , gutta rubea apparebit, et ita dicendum est de aliis guttis intermediis. Itaque si intelligamus innumeras huiusmodi lineas ita, ut semper fiant anguli propriae radiorum refrangibilitati convenientes; diversi repraesentantur colores.

33. Iam vero oculus spectatoris *O* considerari potest tanquam locus in communi vertice conorum omnium, quos generant radii, *KO*, *TO* ad oculum pertingentes. Evidens autem est, pro diversa radiorum refrangibilitate diversos haberi conos, eundem tamen verticem, nempe oculum, habentes. Haec autem conorum formatio intelligi facile poterit, si revocemus in memoriam; obiecta satis remota ad eandem ab oculo distantiam referri, ac proinde tanquam in circulo po-

sita videri. Quare patet, multa obiecta hoc modo disposita sese conspicienda praebere in coni superficie. Igitur manifestum etiam est, guttas rubeas *K* pertinere ad superficiem coni, in quo angulus ad verticem *KOF* maior est; guttas autem violaceas *T* referri ad conum, in cuius vertice angulus *TOF* minor est, et ita aliorum colorum guttae ad conos intermedios referuntur. Hinc ergo intelligitur, diversas guttarum species per diversas colorum fascias vel arcus esse disponendas. Haec quidem est origo iridis, quae *primaria* seu *interna* vocatur. Sed hanc iridem circumdat aliquando alia, quae *secundaria* seu *externa* dicitur.

Iridis secundariae generatio consimili experimento explicatur. Si nempe globus vitreus soli obiciatur ita, ut angulus *MOF* sit  $50^{\circ} 58'$  circiter, apparebit color rubeus in *M*. At si angulus *BOF* evadat paullo maior, evanescet quidem rubeus color, sed in eius locum succedet primum color flavus, tum alii colores, atque ultimo loco color violaceus, qui color ut fiat conspicuus, necesse est, angulum *DEM* esse  $54^{\circ} 9'$ . Ac proinde iridis secundariae limites intra  $50^{\circ} 58'$  et  $54^{\circ} 9'$  continentur ita, ut colorum latitudo occupet spatium  $3^{\circ} 41'$ . Quare distantia inter duas irides *EM* erit  $8^{\circ} 41'$ . Verum in calculis praecedentibus radios per centrum solis transeuntes dumtaxat consideravimus. At quum diameter solis apparens sit  $30'$  circi-

ter, duae extremae colorum fasciae, rubri scilicet et violacei augeri debent  $30'$  in iride interiori, nempe color violaceus infra in  $Q$  augetur  $15'$ , color autem rubeus supra in  $E$  totidem  $15'$ . Contra autem in iride exteriori color violaceus supra in  $B$  augetur  $15'$ , infra autem color rubeus in  $M$ . Colores enim in utraque iride sunt contrario ordine positi. Igitur arcus utriusque distantia  $M$  et  $E$  minui debet  $30'$ , ac proinde latitudo arcus interioris  $TK$  erit  $2^\circ 23'$ , arcus autem exterioris  $XM$   $3^\circ 41'$ , utriusque arcus distantia  $EM$   $8^\circ 17'$ ; quod quidem cum observatis iridis dimensionibus accurate consentit. Porro in hoc experimento, quod quidem non secus ac praecedens ad calculum trigonometricum revocatur, colores generantur per binas refractiones totidemque reflexiones in guttis  $B$  et  $M$ , atque ea de causa fit, ut secundariae iridis colores sint diluciores minusque vividi. Et ideo irides secundariae videri non solent, nisi coelum anterius sit admodum nubilum et obscurum. Atque hinc patet, cur rarissime conspiciatur tertia iris, quae praeter duas radiorum refractiones triplicem reflexionem admittit. Porro quemadmodum sol iridem effingit in nube aqua, idem quoque interdum facit luna plana, si nempe eadem concurrant conditiones, quae in solari iride postulatur. Id solum interest quod iridis lunaris colores multo languidior

res sint ob luminis lunaris vim multo debiliores. Iridis phaenomena hactenus explicavimus ea, quae nobis conceditur, doctrinae facilitate. At uberior explicatio difficiliora requireret principia. Ex demonstratis id saltem evidens est, iridis phaenomena omnino pendere ex diversa radiorum refrangibilitate.

Porro ex iis, quae diximus, intelligere licet, iridem primariam omnino evanescere, si altitudo solis supra horizontem maior fuerit  $42^\circ$ . Etenim in hoc casu recta  $EM$  radiis solaribus parallela cum horizonte infra efficit angulum  $42^\circ$  maiorem, ideoque linea  $DE$ , quae cum recta  $EM$  efficere debet angulum  $42^\circ$ , est infra horizontem ita, ut radius  $ED$  superficiae terrestri occurrat et ad oculum non pertingat. At si altitudo solis maior sit  $42^\circ$ , minor autem  $54^\circ$ , iridem secundariam videre possumus, evanescente primaria. Porro ex angulorum magnitudine facile colligitur, utramque iridem situ contrario positam esse, ut antea monuimus. Nempe in iride primaria color rubeus supra, violaceus autem infra conspicietur, et contra in iride secundaria, et ita alii colores intermedii oppositum ordinem servabunt. Si tellus esset tamquam punctum, vel si esset adeo parva, ut liceret nobis ea videre, quae latent sub horizonte, utramque iridem primariam scilicet et secundariam conspiceremus integram. Recta linea a sole ad centrum iridis

circularis ducta perpendicularis esset ad planum iridis, et per spectatoris oculum transiret. Itaque in hac hypothesi iris nihil esset aliud, quam corona variis coloribus distincta, eaque foret basis duplicis conii recti, quorum unius vertex esset sol, alterius autem oculus spectatoris\*. At iris, quam in coelo spectamus, pars est aliqua huius coronae, quae eminent supra horizontem loci. Horizonti enim in causa est, ne reliqua pars existat, ac proinde ut corona mutila conspiciatur. Hinc intelligitur, quare arcus coelestis modo maiorem, modo minorem circuli portionem referat. Illius siquidem magnitudo pendet ex parte superficiei conicae supra telluris superficiei eminente, dum iridem conspiciamus. Haec autem portio maior est, vel minor pro maiori vel minori lineae *EM* ad telluris superficiei obliquitate. Haec obliquitas crescit pro maiori solis altitudine supra horizontem, ac proinde decrescit coelestis arcus amplitudo. At semicirculo maior esse non potest iridis magnitudo. Etenim sol sub horizonte latens conspicuus non est, et coelestis arcus centrum semper est in linea *EM*; sed sole existente in ipso horizonte, praedicta linea

\* Sed duo conii illorumque axes coincidunt; quum duae parallelae *SX*, *EM* relate ad distantiam solarem coincidere etiam concipiantur.

terram radii; ergo nunquam supra telluris superficiei eminent. Si tamen spectator in altissimo monte fuerit constitutus, tunc linea *EM*, in qua iacet iridis centrum, magis attolletur supra horizontem, ideoque iridis arcus semicirculo in hoc casu maior observabitur.

Praeterea si pluvia spectatori vicinior sit, iam minoris amplitudinis erit basis conii, in cuius vertice positus est oculus; ac proinde arcus tanto minor apparebit, et contra. Si pluvia desinat ex parte dextera, videbitur tantum pars arcus sinistra. Cessante pluvia ex parte sinistra, sola pars arcus dextera spectabitur; denique cessante pluvia intermedia, conspicua tantum erunt arcus crura. Antequam obiectiones proponamus, et hanc doctrinam nostris responsionibus confirmemus, praetermittendum non est, quid per radios *efficaces* intelligant physici. Considerant nempe parallelos solis radios in guttam aequam incidentes. Ex hoc radiorum fasciculo aliqui in gutta refracti ad idem guttae punctum concurrunt, postea reflexi, et iterum refracti e gutta exeunt paralleli. Quoniam radii illi sunt valde proximi, vi satis magna oculum percellunt, si ad illum possint pertingere, et ideo dicuntur *efficaces*. At radii alii nimis divergentes tanta vi non agunt in oculum, ut vividos colores, quales in iride observantur, possint excitare, et ideo ra-



dii illi vocantur *inefficaces*. De radiis efficacibus praeclara quidem theoremata cum insignioribus geometris possemus demonstrare. Sed ex his, quae hactenus explicare licuit, satis patet conclusionis propositae et newtonianae doctrinae veritas.

### SOLVUNTUR OBJECTIONES.

*Obiec. 1.* adversus 1. partem. Newtonianam doctrinam evertere omnino videntur accuratissima experimenta. Si filum diversis partibus tinctum duplici colore, rubro nempe et caeruleo, inermi oculo contemplerur, omnes filii partes, diversis licet coloribus pictae, *in directum* apparent. Quod non contingeret, si radii diversam haberent refrangibilitatem. Praeterea solertissimus naturae indagator Mariottus in distantia pedum circiter 30 colorem violaceum, qui maius quam trium linearum spatium occupabat, per rimam duarum circiter linearum traiecit, et prismate alio valde obliquo excepit. Id autem se observasse profitetur, quamdam scilicet huius coloris partem in colorem caeruleum et rubrum fuisse mutatam. His positis sic argumentantur: quidquid de coloribus suis experimentis demonstratum confidunt newtoniani, ad duas potissimum revocatur radiorum proprietates, nempe diversam illorum refrangibilitatem, atque immutabilitatem;

atque utramque proprietatem lumini detrahunt Fig. obiecta experimenta; ergo nulla datur radiorum propria refrangibilitas. Resp. N. min. Experimenta illa carent ea diligentia et dexteritate, quae in re subtilissima sunt omnino necessariae. Et quidem quod spectat ad primum experimentum, diligentiori manu hoc modo iterandum est. Sumatur nempe chartae plagula *CI*, eaque linea transversa ad 34. perpendiculum ab uno latere ad alterum ducta, in duas aequales partes media dividatur; harum una *C* colore rubro, altera *I* caeruleo inficiatur. Expediit porro, ut colores, quibus illinitur charta, largi sint ac saturi. Tum vero plagula sic infecta ad fenestrae operculum firmatur ita, ut vivido lumine illustrari queat. Si per prisma *A* sic inspicatur charta, ut refractione altius attolli videatur; dimidia eius pars *I*, quae est colore caeruleo infecta, altius videbitur attolli quam *C*, quae rubra est. Si autem ita convertatur prisma in *B*, ut charta refringendo descendere videatur; tum caerulea pars *I* aliquanto inferius, quam rubra *C* demitri videbitur. Hoc quidem experimento coloris rubri et violacei diversa refrangibilitas omnino evincitur. Quod ad alterum spectat experimentum, perfectam colorum separationem in prima refractione desiderari certissimum est, nempe cum violaceo colore aliquod aliud peregrinum lumen permixtum fuit, quod secunda refra-

ctione sese prodidit. Et quidem maxima imaginis pars colorem suum constanter retinuit, et praeterea lumen illud, quod inexpectatum colorem retulit, unum ex septem primitivis coloribus exhibuit. Hanc esse huius eventus causam, ostendit Newtonus, dum anno 1716 idem experimentum omni adhibita diligentia iteravit coram societate londinensi, vocatis quoque exteris testibus plurimis, qui experientiae fidem facerent. Quid autem in capiendis hisce experimentis observari et caveri maxime debeat, breviter monebimus.

Immisso solis radio per exiguum rotundumque foramen in cubiculum tenebrosum, intervallo circiter decem duodecimve pedum a fenestra collocare oportet lentem opticae notae, qua foraminis imago in charta ultra lentem sita distincte depingatur. Statim ac ex imagine, quae accurate rotunda esse debet, agnoscitur, lentem debita positione donatam esse; proxime post lentem prisma interponitur, quo lumen trajectum refringatur, vel sursum vel in latus. Vt autem imago, quae ex rotunda in oblongam mutabitur, nitida sit et parallelis inter se lateribus definita; chartam, qua imago excipitur, ultro citroque movere praestabit, donec charta et prisma iusto inter se spatio distent, et rectilinea imaginis latera maxime distincta appareant. In capiendo experimento id curan-

dum est diligenter, ne lumen peregrinum a parietibus reflexum sese imagini oblongae immisceat, eamque inturbet. Quare plurimum proderit, cubiculi parietes nigris pannis aut peristromatis integere. Porro illud omnino praetermittendum non est, quod plurimis dedit errandi occasionem. Si nempe foramen sit adeo amplum, ut radii in prisma incidentes magnam illius faciei partem occupent, iam diversa colorum fila a se invicem non satis recedunt, nisi magna sit chartae a prismate distantia: in extremis dumtaxat columnae solaris limitibus colores videntur saturi et puri, violaceus nempe ac rubeus, in medio autem color albus ex colorum omnium permixtione conflatus. Si vero sensim removeatur charta, vel imminuto foramine contrahatur imago, in utroque casu incipiunt apparere prope rubeum flavus, prope violaceum caeruleus, primum quidem dilutiores, deinde magis saturi, donec demum viridis in medio exurgat, et omnia colorum fila nitide separentur. Praeterea angulus prismatis satis magnus esse debet, ut nempe sub magna obliquitate in superficiem refringentem lux incurrat, et ita validius refringatur. Et enim ex demonstratis de angulo incidentiae et refractionis manifestum est, quid angulus prismatis ad colorum separationem conferat. Atque hinc etiam patet, cur in vitris per binas superficies planas parallelas termi-

natis, licet habeatur refractionis; ipsa tamen colorum divisio nequaquam fiat oculis conspicua. Tandem si vitra adhibeantur aëris bullulis foeda, vel non eiusdem homogeneae densitatis, minus feliciter succedit experimentum. Si autem obliueneri nequeant prismata, quae huiusmodi experimentis capiendis idonea sint, quae scilicet arenae granulis bullisque aëris penitus careant; satius erit, loco prismatum, vasis uti, et contractorum speculorum partibus in foramen prismatum, conclusa intus aqua pluvia, compactis, atque ad augendam refractionem aquam saccharo saturni copiose imbuere. Si lumen ita separatum vel mediante convexa lente contrahatur, vel alteri prismati subiiciatur, in utroque casu invariati omnino manebunt colores.

*Obiect. 2.* Certissimum est, praeter septem colores ex unico solari radio enatos, infinitam propemodum existere colorum varietatem. Ex septem coloribus primitivis componi possunt alii colores innumerabiles. Porro si existant dumtaxat colores septem, iam colores alii quilibet apparentes dumtaxat essent, et meri oculorum errores, quod absurdum videtur; ergo praeter septem colores a prismate separatos innumeri alii colores existunt. Resp. N. cons. Ex praecedenti obiectione hoc unum colligi potest, duplex distinguendum esse colorum genus. A-

lii nempe colores sunt *primitivi* et *simplices*, qui componuntur ex radiis constanti refrangibilitatis gradu praeditis. Tales sunt colores septem ex radii solaris divisione et, ut ita dicam, *anatomie* oriundi. Alii autem colores sunt *secundarii*, ex coloribus primitivis permixti. Componi quidem possunt colores primigeniis coloribus similes, quod ad ipsum coloris *gradum* et *tonum*, non vero quod ad ipsam immutabilitatem quod quidem demonstrant recensita prismatis experimenta. Et re ipsa si diversorum colorum pulveres inter se misceantur, colorem alium oculis exhibent. At si colorem compositum exquisito microscopio contemplerur, varias colorum partes facile distinguemus.

*Obiect. 3.* Colorum varietatem ex diversa corporum textura omnino pendere, ostendunt sumta in minimis corporum lamellis experimenta. Si ex sapone aqua permixto minimae bullulae excitentur, singulorum colorum radios transmittere observantur lamellae illae ad certos usque crassitiei limites: deinde aucta crassitie radios caeruleos primum reflectunt, deinde virides, flavos et rubeos. Aucta magis crassitie, radios caeruleos, virides, flavos et rubeos, sed tantisper permixtos exhibent. Tandem radios omnes ita simul compositos reflectunt, ut inde color albus nascatur. Si tenuissimarum lamellarum crassities crescat secundum progressionem numerorum

naturalium 1, 2, 3, 4, 5. cet. ceteris paribus, primaque lamella colorem homogeneum reflectat, hunc transmittet lamella secunda, tertia lamella hunc eundem colorem rursus reflectet, et ita deinceps; lamellae scilicet, quarum crassities sunt ut numeri impares 1, 3, 5, 7 cet. eosdem radios reflectent, quos transmittent lamellae aliae, quarum nempe crassities crescunt in ratione numerorum parium 2, 4, 6, 8 cet. Hinc colorem *primi ordinis* appellant physici colorem homogeneum, cuius singulos radios lamella aliqua reflectit. At in lamella, cuius crassities est triplo minor, color *ordinis secundi* dicitur, in lamella autem, cuius crassities est quinque minor, *terti ordinis* color appellatur. Color *primi ordinis* est omnium vividissimus, atque ita ex ordine crescit colorum intensitas. Quo minor est lamellae crassities, ceteris paribus, eo maiorem reflectet lucis copiam ad certos usque limites, ultra quos nullam reflectet lucem. At quo maior est lamellae crassities, eo plures reflectuntur colores, atque etiam pro varia oculi positione color aliquando variare observatur; in aliis autem casibus permanere. His praemissis experimentis, sic concludere licet. Ex diversa radiorum refrangibilitate non pendet colorum varietas, quae ad diversam corporum texturam referenda omnino videtur; atqui ex diversa corporum textura diversa radiolorum refran-

gibilitas pendere videtur; ergo falsa est conclusio. Resp. N. min. Doctrinae hactenus explicatae nihil repugnat proposita obiectio. Et certe non negamus, ex diversa corporum textura pendere colorum varietatem, semper tamen manet diversa atque interna radiorum refrangibilitas et reflexibilitas; quum eadem manente corporis textura, varias refractiones et reflexiones patiantur radii. Haec, quae obicitur, colorum reflexio et transmissio per tenues lamellas, *accessus facilis reflexionis, et facilis transmissionis* a Newtono appellatur. Huius denominationis ratio patet; quum lamellae lucis radios per vices reflectant atque transmittant. Quamvis autem experimenta illa newtonianam doctrinam non labefactent, quin potius confirmant; fatendum tamen est, illorum explicationem ea inunitam non esse perspicuitate, quae rerum physicarum aequis aestimatoribus satisfacere, nullamque dubitationem relinquere possit. Haec enim experimenta cum intima lucis corporumque natura coniungi videntur, ac proinde certiorum desiderant de luminis corporumque natura cognitionem, et fortasse semper desiderabunt. Adferemus tamen, quod a newtonianis probabilius creditur.

*Exper.* Si duo vitra sibi invicem apprimantur, quae sint maioris sphaerae segmenta, aet his duobus vitris comprehensus tenuissimus veluti discum efformat, cuius eadem non est ubi-

que crassities. In puncto contactus, ubi crassities haec nulla est, macula nigra apparet, circa quam observantur annuli plurimi diversis coloribus tincti et annulo albo a se invicem separati. Vt autem experimentum illud, quod ad rem praesentem pertinet, probe intelligatur, de lamellarum corporumque pelluciditate aliquid observandum est. Tenuissimae quorumlibet corporum lamellae pelluciditatem demonstrant, si radius solaribus obiciantur, vel microscopio conspiciantur. Quotidiana notum est experientia, pelluciditate sua privari fluida, ubi in spumam abeunt. Spuma autem constat aëris bullulis tenuissimo liquoris velamine obductis. Igitur dum fluida spumescunt, in iis propriae materiae partes minus voluminis occupant, quam meatus iisdem partibus intercepti atque aëre turgentes. Quapropter corpora ex pellucidis opaca fiunt, si eorum meatus rariori materia oppleantur.

Hoc ipsum deprehenditur in corporibus solidis. Sumatur nempe vitri frustum, cuius crassities sit duorum circiter pollicum, aliaque subtiliora frusta sibi invicem superimponentur ita, ut massam efforment eiusdem ac illud crassitiei. Si trans frustum prius conspiciatur, itidemque trans massam ex duobus, aut pluribus vitreis frustulis compositam, illud hac pellucidius apparebit. Porro hoc unum inter utrumque vitrum discrimen oc-

currit, nempe vitrum solitarium nullo aëre interruptitur; at massa ex frustis compacta aërem intercipit. Si frustula vitrea sibi invicem apposita glutine aliquo iungantur ita, ut inter ipsa aliquid aquae irrepere valeat, et addegatum istud aquae immergatur, longe pellucidiora videbuntur frustula illa, quam dum aër interiacebat. Quum ergo corpora ideo fiant pellucidiora, quod illorum interstitia occupet materia, cuius densitas ad propriam densitatem accedit; ea est probabilissima et fere demonstrata pelluciditatis causa. (Si nempe tenuissimae corporum lamellae ita sint inter se dispositae, ut in illarum interstitiis nullae vel saltem paucissimae fiant reflexiones et refractiones, iam corpora erunt pellucida. At si lamellarum interstitia materiam contineant heterogeneam ita, ut lucis radii reflexionibus refractionibus plurimis torqueantur atque debilitentur, corpora fiunt opaca.)

Haec autem experimenta newtonianam de lamellarum coloribus doctrinam apprime confirmant. Etenim intelligamus, minimas lamellarum particulas lamellasque ipsas medio aliquo a se invicem esse separatas; illius autem medii densitas ab ipsa lamellarum densitate magis minusve differt. Iam vero demonstratum est, lucis refractionem et reflexionem pendere ex corporis refringentis et reflectentis vi attractiva, atque ex diversa radiorum

refrangibilitate. Itaque ex his causis generatim intelligere licebit, varia per tenuissimas lamellas colorum phaenomena pro varia particularum crassitie mediique densitate et vi refringente. Colores nempe pro diversis conditionibus diversi aut etiam omnes et saepe nulli reflectentur vel transmittentur. Haec autem colorum phaenomena, quae constantissima omnino observantur, tribui certe non possunt fortituae alicui causae, quales forent irregularis atque mutabilis partium dispositio, variables atque inconstantes in aëre et aethere motus, aut aliae huiusmodi conditiones sine ulla lege. Etenim si radii omnes eandem habent refrangibilitatem, qua ratione explicari posset coloris albi in varios colorum annulos dispersio summe regularis? Numquam certe intelligi poterit, cur, ceteris paribus, eo magis vividus atque homogeneus appareat color, quo tenuiores sunt particulae. Cur praedictae particulae crassitiem omnium maximam habeant, si corpus fuerit rubrum, et omnium minimam, si violaceum. Cur tandem in quibusdam corporibus constantes sint colores, in aliis autem pro diverso oculi situ variables. At haec omnia generali saltem ratione intelligi possunt, si primigenias et immutabiles in radiis admittamus dispositiones, quibus fit, ut eosdem semper datos calores producant. Itaque diversae colorum mutationes tribui non debent physicae alicui varia-

tioni in radiis lucis per refractionem aut reflexionem productae, sed diversae radorum permixtioni vel separationi, quae ob diversam illorum refrangibilitatem vel reflexibilitatem diversae sunt. Nec difficilius explicatur, quare colores aliqui pro vario oculi situ mutabiles appareant. Etenim quamvis in plerisque corporibus lamellarum densitas ipsam superet medii circumiecti densitatem, aliquando tamen fit, maiorem esse densitatem medii. Atque in hoc casu, ob maiorem medii vim refringentem, radii oblique incidentes magis recedunt a perpendiculari, ac proinde ob maiorem in motu luminis mutationem, pro mutata oculi positione, colorem quoque mutari necessum est. Ea de causa repetendum est, cur pavonum caudae nonnullique bombycini panui et alia corpora plurima pro diverso oculi situ diversum exhibeant colorem.

Ex iisdem principiis pendent corporum naturalium colores. Etenim corporis cuiuslibet colorati superficies potest considerari tamquam composita ex lamellis pellucidis, quae certam habent crassitiem, et medium etiam datae densitatis intra poros admittunt. Igitur quaecumque dicta sunt de minimis lamellis, de ipsis quoque corporum quorumlibet superficiebus intelligi possunt. Nempe corpora eum demonstrant colorem, cuius radios maiori saltem copia reflectunt; vel potius huius viden-

tur coloris, qui ex radiorum reflexorum mixtura componitur. Si vero neque reflectant radios, neque transmittant, sed omnes vel fere omnes absorbeant, colore nigro inficiuntur. Haec quidem sunt, quae generatim ostendi possunt de lamellarum corporumque coloribus. Verum pro meris coniecturis atque hypothesebus haberi debet, quidquid de minimarum particularum densitate et constitutione definire audent nonnulli. Et re quidem ipsa Newtonus, qui demonstrationis severitatem in rebus etiam physicis summo studio quaesivit, ex corporum naturalium coloribus particularum componentium crassitiam probabiliter tantum investigandam proponit. Et certe corporum particulas tenuesque lamellas, eadem manente densitate, eosdem exhibere colores, mera est coniectura.

Sed quidquid sit, certum omnino est, colores in corporibus non esse. Si excindantur aliquae taleolae ex ligno *nephritico*, quod caerulei coloris est, eisque in vase adfundatur aqua putealis pura ac limpida, extrahitur color, qui singularis omnino indolis esse videbitur. Oculo inter fenestram et poculum posito color apparet intense caeruleus minimeque perspicuus; tinctura autem inter poculum et fenestram collocata perspicuus et ruber color putche splendet, dummodo tinctura sit satis crassa, ut colorem praeseferat valde saturum. Sed si tenuior fuerit atque

dilutior, colorem caeruleum saturum conspiciemus. Si eadem tinctura solaribus radiis illustretur, caeruleus eius color vividior evadit, et in viridem degenerat, si crassa est tinctura. Prope poculi oram apparet *viride maris*, et quum sol in tincturam desuper radios emittit, tota eius superior superficies viride maris refert. Ex parte caerulea opaca est tinctura; ex alia vero, quae rubra est vel flavocaerulea, pellucida deprehenditur. Quomocumque vertatur poculum, et quavis positione donetur, semper caeruleus color ibi apparet, ubi tinctura solari lumine illustratur, illudque reflectit; ruber vero vel flavocaeruleus huic poculi lateri adhaeret, quod transitum luci permittit. Iucundum propterea oculis spectaculum praebet globus vitreus tinctura ligni nephritici plenus, si noctu ante candelam accensam statuatur et in omnes partes manu versetur. Etenim si globulum circumagatur, simul ac rubeus color apparet, repente caeruleus aut viridis marinus in conspectum veniet, evanescente penitus rubro. Si nephritica tinctura pallida luce illustretur, color caeruleus multo dilutior apparet quam quum ipsa intenso lumine coruscabat. Itaque quoniam tinctura caerulea apparet per radios reflexos, rubra autem vel flavocaerulea per radios transmissos seu reflectos; necesse est, ut aliud lumen reflectatur, aliud refringatur. Quare quum color

ex lumine reflexo aut refracto oriatur, tincturae ingenitus esse nequit. Quia tamen non quodlibet materiae genus eo modo lumen reflectit vel refringit, quo solet tinctura nephritica; tenendum omnino est, singulare aliquid tincturae inesse, vi cuius peculiaris illa reflectendi ac refringendi proprietates ei et non aliis corporibus competat. Id autem experimento confirmatur. Nephritica tinctura ex illa etiam parte, quae a lumine aversa est, caerulei coloris apparet. At si aliquod olei vitrioli vel etiam spiritus vitrioli vel denique aquae fortis guttulae tincturae adfundantur, caeruleus color statim evanescit, et aureum colorem tinctura acquirit, quem sive per radios reflexos sive per transmissos vis constantiter refert. Notum est, tria fluida memorata *corrosiva* esse, unde partes ligni nephritici, quae aquae colorem impertiunt, in alias multo minores particulas frangere valent, si tincturae instillentur. Hac divisione fit, ut figuram aliam aliamque magnitudinem adsequantur, ideoque per aquae interstitia sese vario ordine distribuunt. Quapropter manifestum evadit, vim refringendi luminis una cum colore in fluida immutari, dum eius particulae diversa magnitudine, figura ac positione donantur. Innumera suppetunt huiusmodi experimenta, quae non solum confirmant doctrinam newtonianam, verum etiam in arte pictoria et tinctoria uti-

litatis maximae esse possunt. Qua de re legi debet Boërhaavii chemia. Sed utilitates illas persequi non sinit praescripta brevitates.

*Obiect. 4.* Diversa radiorum refrangibilitates tribuenda esset vel diversae radiorum massae vel diversae illorum velocitati; utrumque autem caret verisimilitudine. Re quidem vera, si radiis rubris maior adfingatur massa, iam vis refringens minus illos agit, et inde intelligi posse videtur, cur radii rubri minus refringantur. Simili ratione, si minorem massam habeant radii violacei, magis cedere debent vi refringenti, ideoque sunt magis refrangibiles. Haec quidem ita se habere, sibi quis persuadere posset, sed facilius. Etenim corpus quantumvis magnum vel exiguum, eodem velocitate proiectum, eandem parabolam describit, ut notum est ex demonstratis in physica generali; ergo a pari nullam diversam refrangibilitatem inducere debet diversa radiorum massa, quae quidem minima omnino est et fere infinite parva; si conferatur cum medio refringente. Superest igitur, ut diversa refrangibilitas in diversam radiorum velocitatem referatur. Verum haec hypothesis gravissima et insuperabili premitur difficultate. Etenim in eclipsibus, ubi planeta emergit ex umbra, radii, quorum velocitas maior est, primum apparent, nempe rubri, et tardius omnium violacei. Tandem permixtis radiis sese conspicuum prae-



beret color albus, quod repugnat phaenomenis. His positis sic concluditur: admittenda non est illa diversa refrangibilitas, quae nulla hypothesi potest explicari; atqui diversa radiorum refrangibilitas nulla hypothesi explicari potest; ergo admittenda non est. Resp. neg. mai. et min. Vbi factum aliquod certissime constat, non ideo negandum est, quia nos latet facti ratio. Neque eos imitari volumus audaciores viros, philosophorum nomine plane indignos, qui omnia explicare tentant, et quos pudet in difficilioribus etiam quaestionibus suam, silentio saltem, fateri ignorantiam. Verum quod spectat ad refrangibilitatis causam, eam tribui aperte non repugnat diversae radiorum massae et naturae ita, ut diversa evadat attractio, ac proinde refractione. Sed diversam refrangibilitatem diversae radiorum velocitatitribuendum esse, longe probabilius est. Illi enim radii, qui maiorem habent velocitatem, magis resistunt vi refringenti, et contra facilius cedunt, qui minori donantur velocitate. Nec valet proposita difficultas de colorum separatione in eclipsibus minime conspicua. Etenim quum planeta observari non possit, nisi pars eius aliqua ex umbra emergerit, fieri potest, ut tempore, quo pars illa ex umbra emerit, radii omnes ad oculum iam pervenerint. Ex data radiorum refrangibilitate velocitatum rationem in hac hypothesi determinant geometrae, atque

velocitatis differentiam in radiis rubris et vio-

laceis inveniunt  $\frac{1}{41}$  circiter. Quae differentia,

si transferatur ad satellitum iovialium eclipses, ad minuti unius intervallum reducitur inter radiorum rubrorum et violaceorum appulsus ad oculos. Iam vero si conferamus temporis differentiam, quae ex ipsa organi constitutione inter duos observatores oritur; manifestum erit, fieri omnino posse, ut satelles non fiat conspicuus, nisi post radiorum omnium appulsus ad oculos. Praeterea unico temporis puncto haec colorum separatio permanet, radiique minus refrangibiles ita citissime eum aliis proxime magis refrangibilibus miscentur, ut acutissimo quidem oculo discerni non possint colores separati. Quae quum ita sint, patet, diversae radiorum refrangibilitati satisfacere posse diversam eorundem velocitatem. Neque repugnat, radios inter se differre tum massa tum velocitate.

Ad praesentem doctrinam pertinent difficillima crystalli islandicae phaenomena. Est crystallus islandicae lapis pellucidus et fissilis; figuram habet certam et constantem, quae est fere parallelepipedum obliquum lateribus sex parallelogrammum, et octo angulis solidis terminatum. Porro illud est in crystallo islandicae mirabile, quod radius quilibet in hanc crystallum incidens duplicem patitur refractione-

nem. Si enim huius lapidis frustum libro typis impresso imponatur, litterae singulae trans crystallum istam gemina refractione videntur binae. Praeterea si luminis radius in quamlibet crystalli islandicae superficiem incidat, vel ad perpendicularum vel sub quovis angulo obliquo, confestim is dividitur per geminam huiusmodi refractionem in duos radios, quorum quidem radiorum uterque retinet colorem radii incidentis. Duarum autem istarum refractionum altera eo modo efficitur, quo ex usitatibus legibus fieri debet; nimirum sinus incidentiae ex aëre in crystallum eam habet rationem ad sinum refractum, quem habet numerus 4 ad numerum 3. Altera vero refractione, quae *inusitata* appellatur, lege prorsus diversa efficitur. Planum, in quo facente radius perpendiculariter incidens et radius lege inusitata ab eo divisus, *planum refractionis perpendicularis* appellatur a Newtono. Has easdem leges servant radii, ubi ex crystallo emergunt. Radius nempe, qui in prima superficie refractionem *usitatem* vel *inusitatem* subiit, per alteram superficiem usitata quoque vel inusitata lege refringitur, sic tamen ut radius incidens et uterque radius emergens sint paralleli inter se. Si duo crystalli frusta sibi superimponantur ita, ut utriusque crystalli superficies sint accurate parallelae; radii lege usitata vel inusitata per primam superficiem refracti, eadem quoque usita-

ta vel inusitata lege per alteram superficiem refringentur. Atque eadem contingunt phaenomena, quaecumque sit mutua superficialium inclinatio, dummodo refractionum perpendicularium plana sint accurate parallela.

Ex his experimentis concludit Newtonus, congenitam quandam esse in radiis luminis differentiam, qua fit, ut in praedicto experimento radii alii perpetuo refringantur ratione usitata, alii autem perpetuo ratione inusitata. Etenim si differentia ista non esset congenita, sed oriretur ex novis *modificationibus*, ea, quae imprimeretur, radiis modificatio in prima refractione, utique in tribus sequentibus modificationibus, aliis nempe refractionibus, immutaretur; quae quum nihil variet, sed eadem perpetuo maneat, patet, inusitam refractionem pendere ex congenita quadam radiorum proprietate. Itaque censet, vel potius coniectatur Newtonus, radiorum luminis diversa esse latera diversis proprietatibus praedita, prout ad crystalli latera diversimode convertuntur. Id exinde colligit, quod si planum perpendicularis refractionis secundae crystalli positum sit ad angulos rectos cum plano perpendicularis refractionis primae crystalli; radii, qui in transitu primae crystalli refringebantur ratione inusitata, iidem omnes in transitu secundae refringantur ratione inusitata. Inde autem infert, non esse duos radios inter se

natura differentes, quorum alii perpetuo et in omni positione refringantur ratione usitata, alii autem semper et in omni positione refringantur ratione inusitata. In hoc enim experimento unus idemque radius refringitur nunc ratione usitata, nunc vero ratione inusitata, prout eius latera uno vel alio modo ad crystalli latera sunt conversa. Sed hae merae sunt coniecturae. Diversam radiorum refrangibilitatem demonstrasse satis sit. Quia vero secunda quaestionis pars de iride ex prima omnino pendet, nihil est, quod aduersus partem alteram amplius obiiciatur.

\* Hughenius et Newtonus adfirmaverant, in crystallo montana, non secus ac in crystallo islandica, duplicem fieri refractionem, hoc solum facto discrimine, quod refractionum differentia minor sit in prima crystalli specie. Verum quod generatim adfirmaverant duo illi summi viri, aliqua explicatione et limitatione indiget. Notum est observationibus, crystallum montanam constare ex minimis lamellis, quae crystalli faciebus atque axi sunt parallelae. Sumatur purissimum crystalli huius frustum, et dividatur in diversa prismata triangulata, et aequilatera, quorum facies respectu lamellarum et axis sint diversimode positae. Deinde obiecta per diversos prismatum illorum angulos conspiciantur, observabitur, obiecta modo unica, modo autem duplicia apparere, his quidem conditio-

nibus. Si radius lucis transiens per crystallum montanam incidat in planum axi et lamellarum plano normale, hic duas patitur refractiones, in duas partes dividitur, duasque imagines distincte exhibent. At si directio radii ad parallelismum accedat, minuitur imaginum distinctio, donec tandem, radio manente lamellis et axi parallelo, unica sit refractione et unica imago. Haec observatio, quae debetur clariss. viro P. Beccaria, magnas sane in rebus opticis utilitates habere potest. Si enim telescopiorum lentes ex crystallo montana comparentur, distinctae visioni nocere vel prodesse plurimum potest vitrorum diversa sectio\*.

Nec tamen ab instituto nostro alienum erit, si heic, data occasione, interpretemur versiculum 13. cap. 9. *Geneseos*, ubi Deus arcum coelestem in nubibus tamquam foederis signum se ponere significat: *arcum meum ponam in nubibus, et erit signum foederis inter me et inter terram*. Varias adferri solent horum verborum interpretationes. Alii existimant, arcum coelestem diluuium antiquiorem non esse, et vim refringentem aquae digito Dei fuisse suspensam. Putant alii, ante diluuium nihil pluuisse. Ex praecedentibus

\* Quae duobus asteriscis includuntur, ab editione romana recentissima deleuit Auctor.

Fig. demonstrationibus colligere etiam possent interpretes, in certis dumtaxat circumstantiis pluuiam cecidisse; ut enim conspicuus sit arcus coelestis, necessariae sunt certae conditiones. At probabilius sentiunt, qui, immensum divinae omnipotentiae spatium curiosius scrutari non praesumentes, sacrae scripturae verba ita explicant, ut arcus coelestis pluviae signum naturale foederis signum supernaturale et divinae bonitatis testimonium a Deo fuerit institutus. Ita *Genes. cap. 31.* lapides, qui nullum speciale signum repraesentant, foederis testimonium sunt inter Iacob et Laban: *tulit itaque Iacob lapidem, et erexit illum in titulum.*

## APPENDIX.

*De quibusdam capitulis praecedentibus utilitatibus.*

I.  
Telescopiorum utilitatem nemo ignorat, quum obiecta longius remota distincte nobis exhibeant, iisque proinde tota innitatur astronomia. *Telescopium astronomicum* est huiusmodi. Constat ex lente *PQ* oculo proxima, quae ideo *ocularis* appellatur. Haec autem vel utrimque convexa est, vel ex una tantum parte. Ita vero posita est lens illa, ut illius focus *o* cum foco vitri *MIN* concurrat.

Illud autem vitrum vocatur *obiectivum*. Sed focus ille communis inter utrumque vitrum occurrit. Ex hac constructione evidens fit, radios ex puncto aliquo *O* obiecti remotissimi *OB* emanantes per vitrum obiectivum refractos, sese intersecando convenire in foco, ibique imaginem *o* puncti *O* exarare. Porro radii ex puncto remotissimo exeuntes, ut *AD*, tamquam paralleli considerantur, et praeterea punctum *O* locatum fingitur in recta per vitrorum centra transeunte *KD*, quae ideo telescopii *axis* appellatur. His positis, iam imago puncti *O* considerari potest tamquam obiectum in foco lentis ocularis *PQ* collocatum. Ac proinde radii, qui obiectum illud repraesentant, in lentem ocularem incidentes, paralleli deinde debent emergere, atque eo densiores sunt radii illi, quo minor est foci distantia in vitro oculo, quam in obiectivo. Quare radii illi eo vividorem in oculo pingere debent imaginem, quo maior erit vitri obiectivi superficies, pro maiori scilicet radiorum admissorum copia. Manifestum etiam est, in qualibet a vitro oculo distantia, dummodo tamen oculus in radiorum parallelorum ex oculo emergentium directione sit constitutus, eadem perspicuitate sese conspicuam praebere obiecti imaginem, quam radiorum fasciculus formavit in obiectivi et ocularis foco communi. Praeterea radii paralleli ex obiecti *OB* extremitate *B* emanantes

eiusdem puncti imaginem formare debent in  $b$  prope focum  $o$ . Deinde per lentem ocularem refracti exire debent paralleli, sed eo magis ad axem  $AF$  inclinati, quo maior est ocularis curvatura ita, ut radiorum illorum fasciculus communi vitrorum axi in foco ocularis  $F$  occurrat. Quare ut totam obiecti imaginem  $ob$  oculus videre possit, ipsum locari necessum est in puncto  $F$ , in communi nempe intersectione fasciculorum omnium, quos formant radii ex singulis imaginis  $ob$  vel obiecti  $OB$  punctis emanantes. Ex his patet, obiecti  $OB$  imaginem situ inverso apparere; quum illius imago  $ob$  trans lentem ocularem visa positionem habeat ipsius obiecti positioni oppositam. Nempe extremitas  $b$  videtur per radios in parte superiori ab axe recedentes; punctum autem  $B$  per radios ab axe aberrantes in parte inferiori. Itaque telescopii *campus*, ut vocant, sive spatium totum, quod oculus debito loco positus videre potest, maxime pendet ex magnitudine spatii totius versus  $ob$ , cum oculus in puncto  $F$  constitutus videre possit singula puncta, quorum imago est in foco vel prope focum lentis ocularis. Praeterea si obiectum magis ac magis ad obiectivum accedat, magis ab eo recedit imago, ac proinde augeri debet distantia lentis ocularis, ut nempe imago semper in foco maneat. Igitur pro maiori vel minori obiectorum distantia

ipsam quoque vitrorum distantiam mutari oportet. Simili ratione si myopum vitio laboret, qui telescopio utitur, minuere debet obiectivi et ocularis distantiam, nempe ocularis versus imaginem  $ob$  promoveri debet, ut eadem imagine inter ocularem illiusque focum constituta radii in hoc vitrum incidentes exeant divergentes.

In telescopio astronomico obiecta situ inverso apparent. Verum additis duabus aliis lentibus, quae etiam *oculares* dicuntur, imagini situs rectus restituitur, et telescopium rebus terrestribus contemplandis accommodatur. Lentes quattuor communem habent axem, illarumque foci hinc et inde *respective* concurrent. Iam radii ex puncto valde remoto, quod in telescopii axe locatum fingitur, emanantes; per vitrum obiectivum refracti sese intersecant, et in foco, ut iam diximus, puncti imaginem delineant. Hinc in alteram lentem ocularem incidentes exeunt paralleli, deinde in alteram ocularem incident, et ex ea emergunt ad focum convergentes, ibique alteram efformant puncti imaginem. Tandem in ultimam ocularem incidentes exeunt deinde paralleli; ac proinde in oculo vividam repraesentant obiecti imaginem. Quod autem diximus de obiecti puncto aliquo, idem intelligi potest de puncto quolibet alio. Porro ex radiorum directione patet, obiecti imaginem rectam esse, seu eandem ac ipsum

Fig. obiectum positionem habere. Haec omnia manifesta sunt *ex demonstratis art. III.*

36. Eadem omnino ratione explicatur microscopiorum vis. Sit  $MN$  lens utrinque convexa, et eo situ positum sit obiectum  $OB$ , ut lentis focus coincidat cum puncto  $O$ . Radii ex hoc puncto emanantes et per lentem refracti deinde emergunt paralleli, ac proinde puncti  $O$  imaginem vividam exhibent. Punctum  $B$  eiusdem obiecti ita est axi proximum, ut in foco locatum fingi possit, ac proinde emittit quoque radios physice parallelos, sed ad ipsum axem  $\alpha$  eo magis inclinatos, quo minor est foci distantia. Quare si oculus sit in puncto  $O$  axis, per quem transit radius *principalis*  $BC$ ; obiectum  $OB$  distincte videbitur sub angulo  $BoO$ . Iam ponamus, obiecta clare non distingui, nisi ab oculo distent intervallo 7 vel 8 pollicum: et  $\alpha$  hanc distantiam repraesentent. Vis imaginandi fingere sibi non poterit, obiectum oculo ita proximum esse, quale trans lentem apparet; sed obiectum illud in  $\alpha$  positum iudicabitur, atque ita augetur illius magnitudo in ratione  $\alpha$  ad  $oO$ . Quare magnitudo apparens obiectorum, quae trans lentem observantur, pendet quoque ex ipsa oculi conformatione. Parsantur etiam microscopia ex minimis vitreis globulis. Alia etiam sunt microscopia ex duabus lentibus convexis composita, quarum lens obiectiva  $MN$  proximior
37. rum lens obiectiva  $MN$  proximior

Fig. focum. Paullulum ultra lentem illam constitui-  
tur obiectum  $OB$  ita, ut illius imago  $ob$  magis distet, ideoque et magis augeatur, deinde unius ocularis focus in loco huius imaginis collocatur, ut distincte videatur. Ex hac constructione patet, distantiam imaginis a lente obiectiva multum variare, mutata etiam tantisper obiecti  $OB$  distantia. Praeterea eo maius apparet obiectum, quo magis distat illius imago  $ob$  ab obiectivo  $MN$ . Tandem magnitudo apparens obiecti mutatur pro maiori illius ab obiectivo distantia, quum imago  $ob$  ad obiectivum accedat, simulque decreseat.

Ex principiis antea demonstratis aestimari potest obiectorum amplificatio telescopiorum et microscopiorum ope. Extremitas  $B$  obiecti videtur per radiorum parallelorum  $bPF$  fasciculum, atque extremitas  $O$  per fasciculum  $oKF$ . Ac proinde telescopii ope obiectum videtur sub angulo  $PFK$ , quem comprehendunt radiarum fasciculi. Quia vero imago  $ob$  est in foco lentis ocularis  $PQ$ , radii ex puncto  $b$  emanantes, et in ocularem incidentes emergere debent radio principali  $bK$  paralleli, quare angulus  $PFK = bKo$ . Quia autem radius  $AD$  sine ulla refractione transit per vitrum  $MN$ , oculus in  $D$  constitutus, et nullo telescopio adiutus obiectum conspiceret sub angulo  $ODB$ , vel aequali  $bDo$ , ideoque angulus, sub quo videtur obiectum

telescopii ope, est ad angulum, sub quo videtur oculo intermi, ut angulus  $bKo$  ad angulum  $bDo$ . Sed in triangulis rectangulis  $bKo$ ,  $bDo$ , sumto  $bo$  pro radio, erit  $oK$  cotangens, anguli  $bKo$ , et  $oD$  cotangens anguli  $bDo$ . Quare cotangentes illae sunt ut  $oK$ ,  $oD$ . Ac proinde tangentes angulorum  $bKo$ ,  $bDo$  sunt ut  $oD$  ad  $oK$  (*Coroll. VIII. def. IV. trigonom.*). Quare quum apparentes obiectorum magnitudines maxime pendeant ex angulis, sub quibus eorum semidiametri videntur, erit diameter obiecti telescopio visi ad diametrum eiusdem obiecti visi oculo nudo, ut distantia foci in lente obiectiva ad foci distantiam in lente oculari. Hinc patet, ad obiectorum amplificationem id maxime conferre, ut lentis obiectivae focus maiori donatus sit distantia; contra autem minori focus lentis ocularis. Praeterea, si eadem servata in telescopio lentis obiectivae apertura, diversae lentis oculares per vices adhibeantur, eo obscurius apparet idem obiectum, quo brevior est lentis ocularis focus. Etenim fasciculi radiorum parallelorum, qui in oculo sese intersecant, conum veluti quemdam efformant, cuius basis est in lente oculari, vertex autem in oculo. Porro angulus ad verticem eo maior est, quo brevior est lentis ocularis focus, ac proinde radii lucis magis minusque dispersi oculum subeunt, ideoque obiecti imago licet maior, minus tamen vivida est. Quia

vero eadem manente lentis obiectivae apertura, ideoque ea eadem lucis copia, obscuritas eo maior est, quo minor fit lucis densitas; evidens est, obscuritatem imaginis eo maiorem esse, quo maior est imaginis area; ac proinde obscuritas est in ratione duplicata diametrorum apparentium. Sed (*ex dem.*) diameter obiecti telescopio visi est ad diametrum eiusdem obiecti visi oculo inermi, ut distantia foci in lente obiectiva ad foci distantiam in lente oculari; ergo eadem manente lente obiectiva obscuritas imaginum est in ratione duplicata inversa distantiae foci in lente oculari. Manifestum autem est, hanc demonstrationem valere etiam in microscopiis compositis.

In praecedentibus demonstrationibus, superficiei refringentis vel reflectentis focum tamquam unicum punctum consideravimus. Ponitur enim, superficiei partem, quae est inter axem sphaericitatis per obiectum transcurrentem et inter punctum quodlibet incidentiae, donatam esse curvatura physice nulla. In hac hypothese singuli radii ex eodem obiecti puncto emanantes post reflexionem vel refractionem in unico puncto sese intersecant. At hypothesis illa non potest esse accurata geometrica. Nullum enim est punctum unicum, in quo radiorum singulorum intersectio fiat. Quare focus seu vera obiecti imago ille est locus, in quo plurium radiorum fit in-

tersectio; sed eo plura sunt aliarum intersectionum puncta, quo maior est in superficie reflectente vel refringente graduum numerus. Iam vero quia quodlibet intersectionum punctum est locus imaginis, quae eo magis vivida est, quo maior est radiorum sese intersecantium numerus; hinc patet, diversis imaginibus illis maxime turbari verae imaginis repraesentationem. Huic autem telescopiorum imperfectioni remedium adferri solet, si lentis obiectivae superficiei, quae versus obiectum convertitur, minor apertura concedatur. Praeterea foco adhiberi solet superficies nigra, plana et opaca, foramine rotundo pertusa, quae *diaphragma* appellatur. Huius enim diaphragmatis margines radios superfluos absorbent. Tandem superficies interna tubi nigro colore tingitur ita, ut radii longius ab axe recedentes cohibeantur, alioqui radii illi nimia obliquitate incidentes in ipso tubo reflexi, ipsam imaginem vel lentem ocularem traicere possent, visionemque confusam efficere. Doctissimi quidem geometrae superficiei refringentis et reflectentis talem determinarunt curvaturam, ut radii singuli ex eodem obiecti puncto emanantes in unum concurrerent punctum. At praeter difficilem talium curvarum constructionem huic telescopiorum perfectioni obstat quoque diversa radiorum refrangibilitas. Nam ex demonstratis de diversa radiorum refrangibili-

tate evidens est, puncti alicuius imaginem ex diversis punctis coloratis esse compositam pro diverso refrangibilitatis gradu. Sed dum haec seribo an. 1759, a doctissimo amicissimoque viro D. Clairaut litteris ad me datis accipio, in Anglia a peritissimo viro D. Dollond compositum fuisse obiectivum ex duabus lentibus, quarum materia diversam habet vim refractivam ita, ut sese mutuo corrigant aberrationes ex diversa radiorum refrangibilitate oriundae. Quia vero in hac correctione superest aliud vitium ex lentium sphaericitate oriundum, et quidem non exiguum, adhibentur enim sphaerae minoris diametri pro eadem apertura, hanc aliam imperfectionis partem emendavit vir non satis laudandus D. Clairaut, atque subtilissimo calculo sphaerarum illarum dimensiones ita combinavit, ut illae duae aberrationes sese mutuo compensarent simulque evanescerent. Sed haec historice dicta sint, ut doctrinae utilitatem intelligatis. Alias telescopiorum species omitimus. Duas tantum, quae frequentius atque utilius usurpantur, vobis explicasse satis sit. Ceterum ex demonstratis patet, cur telescopium duobus tantum vitris instructum adhibere soleant astronomi. Etenim telescopium illud brevius est, ac proinde commodius. Praeterea minor est luminis iactura, quum radii duo tantum vitra traiciant. Tandem telescopium astronomicum maiorem campum



admittit, et brevioris foci lentem ocularem patitur, eamque ob causam obiecta magis amplificat.

## CAPVT II.

*De igne.*

**D**e *ignis* natura praecipuisque characteribus obscurissima quaestio est. Nec mirum, quod in tanta rerum difficultate vix aliquid definire audeant accuratiores physici. Nos autem illorum diligentiam imitati, varia referemus ignis phaenomena, et pauca, quae ex his certo colligi possunt, attingemus: de calore deinde et frigore aliqua explicabimus.

## ARTICVLVS I.

*De ignis proprietatibus praecipuis.*

## I.

**Q**uattuor praecipuos *ignis* characteres recensent physici, lucem scilicet, rarefactionem, calorem, intestinumque motum. Ignem ex ipsa lucis praesentia demonstrari aiunt, etiamsi absit calor omnis, qui sensus nostros adficere possit, quod ut ostendant, utuntur exemplo lunae, cuius radii in speculi ustorii foco collecti plurimum lucis, nihil autem caloris praebent. Verum lucem hanc ignem

*esse*, non ita certum est, ut in dubium vocari non possit. Neque enim demonstratum est, materiam hanc, quae lucem producit, eam ipsam esse, qua calor excitatur. Re quidem ipsa lux lunaris emanat a sole, cuius lumen eum calore coniunctum est. Verum id probandum superest, solis lucem et calorem ex eodem principio eademque materia originem habere. Praeterea ponamus, inter lunae solisque lumen hoc unum esse discrimen, quod nempe lux lunaris debiliori motu producta ad calorem excitandum satis non sit; id saltem reponi posset, lucem lunarem verum et proprie dictum ignem non esse, quum eo careat motu, qui ad ignis naturam necessarius omnino est.

Quod ad rarefactionem spectat, corpora omnia, paucissimis exceptis in omnem dimensionem ad certos usque limites vi ignis expanduntur. Neque refert, dura, mollia, an fluida sint, levia, an magis ponderosa. Id autem extra omnem dubitationem positum est, corpora fluida maiorem rarefactionem pati ab igne, quam dura. Dilatantur tamen corpora durissima, immo vehementiori igne solvuntur et liquefiunt. At cessante ignis actione contrahuntur. Ex hac ignis proprietate fit, ut tempore aestivo dilatationem, hyberno autem tempore contractionem patiantur corpora. Sunt tamen corpora nonnulla,

admittit, et brevioris foci lentem ocularem patitur, eamque ob causam obiecta magis amplificat.

## CAPVT II.

*De igne.*

**D**e *ignis* natura praecipuisque characteribus obscurissima quaestio est. Nec mirum, quod in tanta rerum difficultate vix aliquid definire audeant accuratiores physici. Nos autem illorum diligentiam imitati, varia referemus ignis phaenomena, et pauca, quae ex his certo colligi possunt, attingemus: de calore deinde et frigore aliqua explicabimus.

## ARTICVLVS I.

*De ignis proprietatibus praecipuis.*

## I.

**Q**uattuor praecipuos *ignis* characteres recensent physici, lucem scilicet, rarefactionem, calorem, intestinumque motum. Ignem ex ipsa lucis praesentia demonstrari aiunt, etiamsi absit calor omnis, qui sensus nostros adficere possit, quod ut ostendant, utuntur exemplo lunae, cuius radii in speculi ustorii foco collecti plurimum lucis, nihil autem caloris praebent. Verum lucem hanc ignem

*esse*, non ita certum est, ut in dubium vocari non possit. Neque enim demonstratum est, materiam hanc, quae lucem producit, eam ipsam esse, qua calor excitatur. Re quidem ipsa lux lunaris emanat a sole, cuius lumen eum calore coniunctum est. Verum id probandum superest, solis lucem et calorem ex eodem principio eademque materia originem habere. Praeterea ponamus, inter lunae solisque lumen hoc unum esse discrimen, quod nempe lux lunaris debiliori motu producta ad calorem excitandum satis non sit; id saltem reponi posset, lucem lunarem verum et proprie dictum ignem non esse, quum eo careat motu, qui ad ignis naturam necessarius omnino est.

Quod ad rarefactionem spectat, corpora omnia, paucissimis exceptis in omnem dimensionem ad certos usque limites vi ignis expanduntur. Neque refert, dura, mollia, an fluida sint, levia, an magis ponderosa. Id autem extra omnem dubitationem positum est, corpora fluida maiorem rarefactionem pati ab igne, quam dura. Dilatantur tamen corpora durissima, immo vehementiori igne solvuntur et liquefiunt. At cessante ignis actione contrahuntur. Ex hac ignis proprietate fit, ut tempore aestivo dilatationem, hyberno autem tempore contractionem patiantur corpora. Sunt tamen corpora nonnulla,

quae igne rigescunt et indurantur, qualia sunt ligna, ossa, lutum, creta, aliaque eiusmodi.

*Defin.* Ignem definiabant peripatetici: *elementum calidum siccum*. Qua quidem definitione nihil edocemur de ignis natura; maxima enim superest difficultas in explicanda caloris causa. Praeterea licet calor et ignis arctissimo inter se vinculo cohaerere soleant, nullum tamen satis notum de igne ferri potest iudicium ex calore, quem persentimus. Et enim est qualitas *relativa*, quae ex incerto et mutabili sensuum testimonio aestimatur. Si manus nostrae gelu rigescant, quod tepet, fervere videtur; si vero nimis incalescant, quod tepet, experimur frigidissimum. Notum est, in specubus et cryptis subterraneis eandem fere temperiem omnibus anni tempestatibus servari, thermometro iudice. Sed compertum quoque est, huiusmodi specus valde frigidus a nobis persentiri tempore aestatis, valde autem calidos tempore hyemis. Haec omnia, aliaque multa, quae brevitatis studio praetermittimus, manifeste ostendunt, nihil certi de ignis praesentia pronunciari posse ex ipso caloris sensu, quem experiuntur homines.

Alii physici existimant, ignem ex particulis tenuissimis, rotandis, maxime mobilibus componi, quae quum maxima ac fere in finita celeritate moveantur, et in singulas par-

tes velocissime abripiantur, non solum obvia corpora pervadere, agitare et comminueri possunt, sed etiam in nervorum fibrillis, quas celeri vibratione percellunt, lucis et caloris sensum imprimere valent. Ab eiusmodi sententia, quam ex Epicuro instauravit Gasendus, non multum differre videtur hypothesis Cartesii, qui primum elementum, tenuissimum nempe pulverem, rapido perennique motu agitari arbitratur. Vbi vero corporum omnium poros pervadens crassiores tertii elementi particulas reperit, celerrime illas agit, contorquet, impellit; quo motu particulis etiam secundi elementi, quae rotundae ac mobiliiores sunt, communicato, istae splendorem et calorem in corporibus nostrisque sensibus excitant. Non omnes tamen tertii elementi particulas igni excitando vel generando aptas existimant recentiores cartesiani, sed illas solum, quae *nitrosae, sulphureae et oleaginosae* sunt. Compertum est enim, non ex omnibus tertii elementi particulis etiam celerrime agitatis splendorem aut calorem aut ignem excitari posse, sed aliqua determinata substantia requiritur, quae *combustibilis et inflammabilis* dici solet.

Inter tot opinantium et dissidentium philosophorum ambages, nihil est, quod superioribus physicis satis facere possit. Hinc factum est, ut academia parisiensis an. 1,38

investigandam proposuerit ignis naturam, statuto de more praemio, quod pro parte sua reportavit doctissimus Eulerus. Cartesianam hypothese[m] amplificavit vir. clariss. et magno rationum pondere roboravit. Inter varia ignis phaenomena illud potissimum seligit explicandum, quo nempe fit, ut ignis propagetur, seu aliis corporibus communicetur, eaque incendat. Quum autem praecipuus phaenomeni nodus in hoc versetur, quod ignis maximam producat motus quantitatem sine ulla proprii motus iactura; is inveniendus est alicuius materiae status, in quo vis minima ingentem virium motusque quantitatem generare valeat. Hunc autem perniciosissimum ignis effectum in pulvere pyrio primum considerabimus. Eadem enim vis exigua, quae unicum pulvisculum valet incendere, ad explodendam quoque ingentem pulveris copiam potentissima est. Inter physicos satis iam constat, in pulvere pyrio latere aërem, aliudve fluidum elasticum vehementer compressum, quod, ruptis comprimentibus particulis permissoque exitu, ingenti vi sese expandat. Hinc manifestum est, vim illam, qua ignis expanditur ac multiplicatur, a propria vi pulveris pyrii distinguendam esse, et prorsus separandam. Etenim in pulveris pyrii explosione ignis hoc unum praestare videtur, quod aëris nempe vel fluidi compressi repagula seu claustra recludit. Porro primariis naturae legibus re-

pugnat omnino, ut vis minima ingentem effectum producat. Vbi autem tales effectus observantur, vires producentes in ipsa materia latere necessum est. Haec autem vis nulla alia praeter vim elasticam obtineri potest, nisi ad qualitates occultas ex physica funditus exterminandas confugere velimus. Haec quum ita sint, iam concipere licet materiam aliquam subtilissimam et eximie elasticam ad ignis effectus producendos aptissimam, quae materia *igneae* vocabitur. Quamobrem materiam *combustibilem* eam appellabimus, quae multas materiae igneae particulas continet, ac proinde et eo magis *combustibilis* erit materia aliqua, quo plures sub eodem volumine continebit huiusmodi particulas. At praeter particulas illas consideranda etiam est ipsa corporis materia, quae viribus effringentibus magis vel minus resistat ita, ut ab hac conditione plurimum etiam pendeat *combustibilitatis* differentia. Itaque ignis excitabitur, si vel unica particula compressam detinens igneam materiam effringatur. Subito enim plures particulas simul recludi oportebit, erumpetque magno impetu materia ignea, atque tamdiu explodetur, donec nullae supersint, quae disrupti valeant particulae. Haec igitur materiae subtilis et elasticae explosio est id, quod *ignis* vocatur. Inter vires, quae ignem excitare valent, referendae sunt illae omnes, quae particulas

igneae materia refertas frangere valent, inter quas primum locum tenet ipse ignis. Atque hinc intelligitur vis, qua ignis sese extendit, et longe lateque propagat. Ex hac doctrina concludit vir summus Eulerus, ea tantum corpora ad ignem concipiendum apta esse, quae particulas igneas explosioni obnoxias continent. At si corpora igneam contineant materiam, quae magna satis copia explodi non possit, iam particulae illae in reliquas partes circumiectas vim aliquam exserere quidem poterunt. Atque hinc oriatur calor dumtaxat, qui proinde est minimarum particularum motus sine explosione, quum in ignae motus sit cum explosione coniunctus.

Hinc reddi potest ratio, cur ignis, iniecta non combustili materia, aliquando extinguatur. Talis enim materia igneas ardentis corporis particulas obducit, seseque iis immiscet, quo fit, ut vis explosionis in hanc materiam exerceatur, in eaque tota consumatur, atque ideo reliquae igneae particulae vim explosionis minus sentiant. Quare circa materiam igni iniectam id notandum est, an cum materia ardente misceri, eique adhaerere queat. Si enim materia adiecta corpus ardens ingredi eique intrudi non possit, ignem extinguere non valet. Ita videmus, adpersa aqua oleum accensum non extinguui, nisi omnino aqua opprimatur; cuius rei ratio est, quod oleum nullam cum aqua mixtionem pa-

tiatur. Praeterea si materia non combustibilis ceteris paribus, fuerit densior, eo promptius ignem suffocabit. In hac enim densiori materia vis explosionis celerius consumitur. Hanc ob rem aër, licet combustionis incapax (*immo combustionis omnis adminiculum praecipuum*), tamen propter raritatem ad ignem exstinguendum aptus non est, nisi magno impetu in ignem irruat; tunc enim corporis crassioris vices sustinet. Immo aër saepius ad ignem conservandum est necessarius, ut demonstrat candela accensa, quae in vacuo boyleano exstinguitur. Etenim ignis *nutrimentum* sunt particulae ex sebo vel cera, quae ab aëre retinentur, et demto aëre avolant calore solutae, ideoque deficiente *pabulo* ignem deficere necessum est. Porro aër ad conservandum ignem necessarius nec densior, nec rarior esse debet. Ita carbo accensus compresso et densiori aëre obruitur. Contraria ratione carbo exstinguitur, si vehementiori soli obiiciatur. Eandem ob causam, atque etiam ob imminutam aëris elasticitatem flamma in camino praefocatur, si camini spiraculum palea vel pannis aqua imbutis observatur, quo quidem remedio in caminorum incendiis uti solent.

Quod ad *flamman* attinet, eam nihil aliud esse, statuit Eulerus, nisi ipsam materiam subtilem et elasticam, cuius explosione ignis gignitur. Quia vero flamma determinatam habet figuram, et circa ipsum ignem occupat datum spatium, necesse est, ut a-

aliud fluidum elasticum ubique expansum sua elasticitate indefinitam materiae subtilis igneae expansionem cohibeat, eandemque materiam in determinato spatio contineat. Hoc autem aliud fluidum elasticum *aetherem* esse, ponit Eulerus. Itaque explosione materiae igneae aether repellitur, ipsaque haec materia tantum in aethere occupabit spatium, quantum necesse est, ut vis elastica aetheris cum vi materiae igneae consistat in aequilibrio. Spatium igitur in aethere a materia subtili igneae occupatum erit ipsa flamma. Constituta flammæ natura, iam radiorum emissio explicatur. Factae scilicet in aethere succussiones atque vibrationes in causa sunt, cur flammæ radii propagentur eodem modo, quo in aëre radii sonori producuntur. Neque difficilius intelligi posset flammæ propagatio per ipsam radiorum emissionem. Haec ingeniose quidem constituit Eulerus, quorum magna pars hypotheseos limites non excedit. Id unum certo adfirmari et experimentis confirmari posse videtur, ignem coalescere ex minutissimis particulis in spatio non magno collectis, summa mobilitate donatis; sed de illarum particularum natura nihil definiri potest. Nec caret verisimilitudine, diversas esse ignis species diversamque naturam. Quidam enim ignes lucent tantum, alii autem lucent et urunt vehementissime. Nonnulli physici ignem in certo quodam motu, non quidem facile de-

finiendo, positum esse opinantur ita, ut hoc modo in qualibet materiae specie excitato ignis produci valeat. In hanc hypothesim propendisse videtur Newtonus. Ceterum quemlibet motum ad ignem caloremque excitandum satis non esse, certissimum videtur, quum fermentationes plurimae vehementissimum frigus producere observentur. Sed meris coniecturis diutius immorari nolumus.

*Coroll.* Ex praecedentibus patet, multas igni competere fluidorum proprietates, quales sunt partium mobilitas atque tenuitas. Sed ad alias nonnullas fluidorum qualitates in igne hactenus observare non licuit, quales sunt praesertim duae proprietates illae, quibus fluida suam pressionem quaquaversum aequaliter exercent, et ad libellam sese componunt. Quare ignem e fluidorum numero reiicere, vel inter fluida recensere, quaestio est nullius momenti. Quamquam certissimum sit, ignem esse materiam. Tantillum tamen est purioris ignis pondus, ut nullo experimento sentiri possit. Quod enim se observasse, aiunt plerique physici, corpora vehementer calefacta pondere crevisse, crassioribus observationibus innititur, ut antea adnotavimus. Itaque satius erit aliqua ignis phaenomena proponere. Si duo quaevis corpora dura sibi invicem imposita atterantur per aliquod tempus, calorem ingentem excitabunt, et interdum quoque ignem, praesertim si corpora fuerint durissi-

ma. Sic mutuus calybis et silicis attritus ignem excutit. In Oriente frequentissimum est lignum durissimum, ex quo ignis per attritum facile extunditur. Sic culter calybeus forti manu pressus ad cotem rotatilem incalcescit, rotaque celerius circumacta, ignis scintillae emicant. Huic causae tribuendum est, quod ingentes etiam sylvae magna ventorum vi agitatae, aliquando igne consumantur, et in apertum erumpant incendium. Generatur etiam ignis per *vegetabilia* semiexsiccata in magnos acervos exstructa, quod tristissimo foeni putrescentis exemplo saepe innotuit. In iis enim acervis partes inferiores valido superiorum partium pondere premuntur, ex illa pressione attritus oritur motusque, et interdum flamma excitatur. Idem aliquando accidit praealtis pannorum sordidorum molibus, atque huic causae tribuitur, quod paucis abhinc annis nosocomium parisiense totum fere exarserit atque conflagraverit. Producitur etiam ignis per liquidorum quorundam mixturem. Ea enim simul permixta primo effervescent, tunc vero ignem producent. Si spiritus, ut vocant, *flammificus* et *oleum cinnamomi* aequa portione misceantur, flammam producent clarissimam ita, ut magnum etiam in conclave splendeat. Immo si libra una licoris unius cum una alterius libra permisceatur, idque fiat in conclavi ex omni parte clauso, tantus ignis excitabitur, ut omnes

cubiculi partes disiliere, et solo aequare valeat, et quidem facilius, quam praestare posset pulvis pyrius. Spiritus autem flammificus paratur ex nitro purissimo, siccissimo, et ex oleo vitrioli dupla proportione inter se permixtis et igne subactis. Ceterum ignis excitatus, ut conservetur, eget nutrimento, quo deficiente exstinguitur, ut iam observatum est. Nutrimentum autem multiplex esse potest. Ad ignis alimentum conferunt maxime olea, quae ex terra, vegetabilibus, animalibus, nonnullisque fluidis extrahi solent. Vbi autem vi ignis ex tota massa avelluntur crassiores particulae, partes scilicet aquae, salineae, terrestres, quae nullum igni pabulum subministrare possunt, in modum fumi avolant, et parietibus adhaerescunt. At si fumus vel fuligo oleosis partibus abundaverit, in flammam facile redire potest.

Haec, quae hactenus diximus, fere demonstrant, ignem per omnia spatia esse diffusum, nec quidquam aliud requiri, ut eius praesentia fiat manifesta, nisi ut colligatur et adunetur, id quod per attritum procul dubio obtinetur. Immo persuasum habet Boërhavius, ignem aequaliter per omnia spatia et per omnes corporum meatus esse diffusum, idque luculentissimis suadet experimentis. Et re quidem ipsa fidem facit thermometer, in eodem aëre, ceteris paribus, corpora omnia eundem caloris ac proinde et

ignis gradum admittere. Illa autem aequalis per omnia corpora ignis distributio oritur ex ipsa ignis proprietate, quae ad aequilibrium tendere, experimentis compertum est. Corpora omnia eorumque omnium partes si igni obiciantur, eundem caloris gradum tandem adquirunt. Si corpori igne candenti admoveatur corpus frigidissimum, caloris pars a primo corpore amittitur, quae ab altero adquiritur, donec inter utramque ignis quantitatem restituatur aequilibrium. Nulli alteri causae tribuendum videtur, cur corpora etiam calidissima tandem frigescant. Quod ergo per diversa corpora ignis ut plurimum inaequaliter dispersus observetur, referendum est in causam aliquam impellentem, quae ignis aequilibrium turbet. De hac singulari et antea ignota ignis proprietate legi debent, quae diligentissime expertus est clar. Boërhaavius in chemia. Ceterum ignem in omnibus corporibus latere, demonstratum omnino est. Nullum enim est corpus, quod calorem ac proinde et ignem non concipiat. Vel natura vel arte corporum omnium partes in tenebris lucent, sive ut vocant, sunt *phosphorae*. Tandem ex omnibus corporibus scintillae per experimenta *electrica* educuntur. De phosphoris legantur experimenta, quae in opusculis hac de re editis summa diligentia describit clariss. Beccaria chymices professor bononiensis. Quod autem ad fa-

*etias* scintillas attinet, argumentum illud nos deinde fuse revocabimus, ubi sermo erit de electricitate\*.

## ARTICVLVS II.

*De calore et frigore.*

## I.

**D**e caloris natura et origine pauca, quantum scire hactenus licuit, in articulo prae-

\* *Quae in hoc articulo a Jacquierio adducta sunt ex Euleri mente, ut ignis naturam exponat, obsoleta sunt. Tentamina a recentissimis chymicis instituta rem totam bono in lumine collocarunt. Naturam ignis in materia constituerunt valde fluida, rara et elastica, aequabiliter per universum diffusa, quam caloricum dixere. Haec omnia corpora penetrat, atque cum plurimis combinatur. Vnde oritur calor in statu combinationis. Sed ad statum caloris liberum, quo fit corporum combustio, solvitur illud ab oxygeno aëris vitalis, facta huius combinatione cum corporis materia, quae ignis pabulum dicitur, ac praeterea actio externa requiritur, quae ipsam ignis actionem excitare valeat. Plurima de hoc argumento accuratissime tradiderunt MM. Lavoisier et de la Place in mem. academ. scient. ann. 1780.*



cedenti explicavimus. Iam de frigore nonnulla adiungemus, et deinde varia caloris et frigoris phaenomena considerabimus. De frigoris natura et origine plurimum inter se differunt philosophi, et tot de frigore, quot de calore instituunt hypotheses. Aristoteles ceterique peripaterici existimant, frigus esse *qualitatem aliquam ab entitate subiecti distinctam; qua congregantur homogenea simul et heterogenea*; quum e contrario calor congreget homogenea, separet autem heterogenea. Haec autem definitio refelli vix debet. Et quidem praeter quam quod vaga *entitatis* et *qualitatis* vocabula nullam menti exhibeant notionem, certum est, eum non esse constantem frigoris effectum, ut heterogenea congreget. Si vehementiori frigori subiiciantur vinum, acetum, spiritus vini, separantur atque solvantur liquores illi, pars vini aquea in glaciem concrescit, spiritus suam fluiditatem retinet, et tartarum praecipitatur. Neque est constans caloris effectus, ut *homogenea congreget*, et *segreget heterogenea*. Etenim massam ex auro, argento et aëre conflata nullus calor segregare poterit; immo si diversae argenti, auri et aëris portiones in vase contineantur ignique subiiciantur, vi caloris in unam congregantur massam.

Epicureorum hypothesim instauravit Gasendus, qui ex certa quadam atomorum figura frigoris essentiam repetendam esse ar-

bitratur. Neque desunt recentiores philosophi, qui *frigorificas* atomos vel spiritus *frigorificos*, ut vocant, veluti frigoris causam et originem admittant, atque his rationibus tueantur. Notissimae sunt congelationes, quae arte fieri solent. Nix vel glacies sale vel nitro vel vitriolo permixta et vasi circumfusa, aquam in vase contentam tanta frigoris vi penetrat, ut eam igni quoque subiectam in glaciem facilius convertat. Quae vero tanta frigoris virtus esse poterit, nisi corpuscula quaedam ex glacie vel nitro descendant, penetratisque vasis lateribus in aqua recipiantur. Celebre est etiam illud experimentum ab academicis florentinis peractum. Quemadmodum nempe calor ignis aut solis in speculo collectus, et ad proximum thermometrum reflexus, eiusdem thermometri liquorem rarefacit, et altius illum cogit ascendere, ita si loco solis aut flammae glacies substituat, thermometri liquor descendit et condensatur. Quum igitur in primo casu corpuscula quaedam egrediantur ab igne, quae spiritum vini thermometro inclusum rarefaciant, ita quoque corpuscula quaedam ex glacie prodire debent, quae a speculo collecta in thermometrum reflectantur, eiusque liquorem condensent. Illae autem particulae corpuscula *frigorifica* dici solent. Plurimi quoque effectus frigoris sine corpusculorum effluvio vix explicari posse videntur. Certe homines et stir-

pes penetrabile frigus adurit. Pedes, manus ceteraeque corporis humani partes vi frigoris intumescere, aliquando scindi, semper fere pallescere, ac livorem inducere videntur, ex quibus effectibus acerrimus oritur dolor. Haec autem omnia per spiritus quosdam et halitus salinos ac nitrosos fieri coniciunt, quum ipsae nitri particulae carnibus impositae eosdem fere effectus producant.

Plerique recentiores physici frigus considerant tamquam corporum proprietatem mere relativam, seu tamquam minorem caloris gradum. Ita corpus certo caloris gradu praeditum, si cum alio corpore calidiori conferatur, frigidum dici potest et contra. Itaque frigus cum nostro corpore comparatum nihil aliud est praeter sensationem, quam ex imminuto corporis nostri calore percipimus. In corpore autem frigido datur calor, sed minor calore corporis nostri. Haec quidem cuilibet hypothese sunt communia. Quum enim in opinione qualibet incrementi et decrementi capax sit calor, manifestum est, frigus tamquam caloris decrementum considerari posse. Sed inter varias opiniones hoc discrimen est, utrum scilicet frigus ad absentiam ignis aut ad materiae alicuius peculiaris praesentiam referri debeat. Solam ignis diminutionem sufficere, probabilissimum iudicant nonnulli, quibus persuasum est, ignem esse peculiarem quamdam materiam, cuius

motus calorem producit, absente autem vel imminuta hac materia, frigus succedere opinantur. Sed quidquid sit de illa hypothese, iudicio nimis praecipiti negari non debent corpuscula *frigorifica*, quae ubi corpus penetrant, ignem, saltem pro parte, expellunt. Tales particulas aliquando adesse, demonstrare videntur adlata experimenta aliaque plurima. Sed particulas illas semper exsistere, ubi datur frigus vel caloris diminutio, probari certe non potest.

II. Quum sensationes nostrae accuratum praebere non possint caloris et frigoris testimonium, ad metiendas caloris frigorisque vicissitudines tutissimum instrumentum adhibent physici, quod *thermoscopium* seu *thermometrum* appellant. Fluidum nullum inventum est, quod vi caloris in amplius volumen expandi, aut vi frigoris in arctius spatium compingi queat quam spiritus vini, praesertim si probe, ut dicunt, *rectificatus* fuerit. Nemo vestrum oculis non usurpavit vitreos illos tubos, quorum pars superior est *hermetice* sigillata, pars autem inferior in sphaerulam desinit. Tubus autem ille aliqua ex parte spiritum vini continet. Statim ac calor augetur, spiritus vini rarefit, et altius ascendit per tubum. Si autem minuatur calor, spiritus vini condensatur, descenditque e tubo versus globum. Antequam tubi lumen hermetice sigilletur, aquae calidae im-

mergi debet, et in ea aliquamdiu detineri, donec spiritus vini ebullitioni proximus sit. Atque in eo statu notari debet liquoris altitudo. Vt autem acutissimum frigus obtineatur, nix vel glacies sale detricto tubo conspergitur, spiritus vini condensatus descendit, rursusque notari debet liquoris altitudo. Quia vero in cellis vinariis habetur calor temperatus, qui veluti medius censei potest inter maximum aestatis calorem, et acutissimum hyemis frigus; liquoris altitudo in hoc statu notetur, illudque punctum veluti temperati caloris indicium habeatur. Tandem totum intervallum inter glaciem et aquam calidam in partes aequales pro arbitrio dividatur, hoc artificio obtinebuntur diversi caloris gradus ad tempestati caloris gradum referendi. De horum instrumentorum usu observandum est, tantam non habere utilitatem, ut diversa thermometra varias frigoris calorisque constitutiones in variis regionibus certo demonstrant. Etenim ad hunc usum obtinendum necessariae forent conditiones plurimae, quae vix sperari possunt. Necesse enim foret, eandem esse tuborum perfectionem, internamque illorum superficiem aequali diligentia esse perpolitam et elaboratam. Praeterea accuratissime cognitam esse oporteret diversam tuborum diametrum, atque etiam rationem, quam habet expansio spiritus vini ad illius volumen. Tantaem autem subtilitates nulla fere diligen-

tia obtineri possunt. At si eodem thermometro utamur, satis accurate diversis anni tempestatibus, atque etiam in variis regionibus caloris frigorisque temperiem dignoscere licebit. De frigoris calorisque causis pro regionum varietate aliqua haec data occasione possemus subiungere, sed res in geographia commodius tractabitur. In thermometris loco spiritus vini substitui etiam solet mercurius. At in talium instrumentorum constructione necessaria omnino est summa dexteritas. Hinc mirum non est, quod tam incerta sit thermometrorum fides.

III. Rerum connexio postulat, ut de congelatione et glaciei formatione aliquid dicamus. Argumentum quidem obscurissimum est et difficultatibus plenum. Quare probabiliores coniecturas exponere satis erit. Quum frigus nihil aliud sit, quam caloris diminutio, quae cum motus diminutione coniuncta semper est; cessante vel saltem imminuta vi illa, quae fluidi calidi particulas agit, illasque a se invicem repellit, iam particulas illas ad se invicem maiori vi tendere, et in massam solidam coalescere necessum est. Hinc oriri poterunt diversi congelationis gradus ipsaque glacies. Patet autem, huic explicationi posse accommodari varias de caloris natura hypotheses. Etenim quaecumque sit vis fluidi particulas agitans atque perturbans, patet, explicationem illam perinde se habere. Diximus

etiam, vix negari posse corpuscula, quae *frigorifica* appellare fas est. Illa scilicet corpuscula, vel materiae igneae particulas expellunt, ideoque intestinos fluidorum particularum motus debilitant, atque hinc fit cohaesio; vel particulae illae per fluidum dispersae sese attrahunt vi maxima, atque mutua attractione fluidum intermedium in duram compingunt massam.

Neutrum nobis compertum esse fatemur. At citra corpusculorum effluuium explicari vix possunt plurima frigoris et glaciei phaenomena. Referunt scriptores, in Vkrania Poloniae provincia esse acerrimum frigus, longeque intensius quam in Normandia Galliae provincia; quum tamen in globo terrestri idem sit respectivus locorum situs. Fluvius, qui regiam sinarum urbem adluit, circa mensem novembris tanta vi frigoris intra diem unum concrescit et induratur, ut quattuor mensium spatio currus et ingentia pondera sustineat, quamvis aquae et aëris frigus non ita intensum videatur. Ille tamen sinensis fluvius eandem habet respectivam in globo terrestri positionem, quam obtinet Tyberis, in quo certe tanta non viget vis frigoris. Hinc probabilissimum est, ventos quosdam aliis frigidiores esse, qui salinos, nitrosos halius secum deferant, et ipsis reperi ac permixti corporum poros pervadant, praedictoque effectus producant. In hac etiam hypo-

thesi intelligitur ratio, cur rivuli quidam hyberno tempore liberrime fluant, tempore autem aestivo in durissimam glaciem concrecant. Observatum enim est, rivulorum illorum litora plurimis nitri salisque particulis abundare, quae quidem particulae aestivo calore solvuntur, et in rivuli aquas desfluunt, iisque permiscuntur.

IV. Suae etiam sunt, et quidem simillimae, caloris et frigoris causae in locis subterraneis. Per meatus subterraneos fluunt succi varii, qui sibi mutuo occurrentes, vel aliis corpusculis permixti incalescunt. In aliis autem locis terra abundat nitrosi salinisque particulis, quae frigus acre inducunt. Nonnullis experimentis rem confirmabimus. Si limaturae ferri et sulphuris partes aequales bene permisceantur, et modica aqua perfundantur, ut in massam duriusculam evadant; in ea primum calor excitabitur, tum flammulae etiam emicabunt. Notissima est in Anglia cretae cuiusdam albae species. Huius cretae frustum, si in aquam frigidam iniiciatur, excitata ingenti ebullitione illam adeo calefacit, ut in ea ovum ad duritiem usque coqui possit. Quid ergo vetat, in terrae penetralibus latere plurimas id genus particulas, quae torpidae iacent et inertes, terreis particulis implicitae? At si aqua solvantur et agitentur, statim fermentationis motum adquirunt, et in ipsa aqua fervorem inducunt.

Id vero non solum non repugnat, sed etiam ita esse, indicijs manifestis comprobant aquae minerales, sulphureae, chalybeatae et calidae. Quod ad frigoris genesis spectat, si aquae libris quattuor una solis ammoniaci libra permisceatur, aqua satis intensum frigus concipit. Id autem fusius confirmabitur in appendice, ubi plurima et quidem utilissima referemus congelationum, quas vocant *artificiales*, exempla.

Ex his experimentis patet, in partibus terrae interioribus temperiem posse variis modis mutari, nulla habita solis ratione. Et quidem caloris et frigoris causa in locis subterraneis non sunt radii solares, utpote qui eo penetrare non possunt. Quare mirum non est, si vicissitudines caloris et frigoris in superficie telluris, quae a sole ortum ducunt, minime convenient cum iis, quae in specubus et antris deprehenduntur. Et re quidem ipsa, adhibito thermometro, compertum est, in multis locis subterraneis eandem esse tam hyeme quam aestate caloris frigorisque temperiem. Attamen, teste etiam thermometro, cognitum est, in multis locis subterraneis mutari interdum caloris frigorisque gradum ita, ut mutatio ista nullum habeat nexum cum vicissitudinibus, quae in telluris superficie contingunt. Itaque harum vicissitudinum causa quaerenda est in ipsis terrae visceribus. Et certe credi non potest, perpetuum et sem-

per aequabilem esse eorum corporum concursus; ex quorum mixtione calor et frigus excitantur. Hanc mutationem demonstrant montes *iguivomi*, qui in maiora vel minora erumpunt incendia, et post maximam ignium flammaramque eiectionem aliquando conque-  
scent. Quare merito canit Ovidius:

*Nec quae sulphureis ardet fornacibus aetna  
Ignea semper erit, neque enim fuit ignea  
semper.*

V. Corpora calore dilatari, frigore contracti, iam saepius observabimus. Verum in congelatione aquae phaenomenon succedit plane singulare. Rarefiunt aquae partes, et in maius volumen expanduntur contra quam faciunt alia fluida. Vniversam congelationis seriem hoc ordine prosecuti sunt academici florentini. Tubum vitreum aqua plenum sumserunt, cuius pars superior aperta foret, inferior vero in excavatam sphaeram desineret, ut in thermometris fieri solet. Tum sphaerulam vitream, hoc est, inferiorem tubi partem in vas subiectum immergebant, quod nivem aut glaciem salibus permixtam continebat. Vbi primum sphaerula glaciei immersa fuit, aqua in tubulo existens aliquantulum adscendit, deinde vero motu fere aequabili ad certum quemdam gradum descendit, tuncque immota et veluti *stationaria* permanere videbatur. Tandem motu quodam tardissimo, aequabili tamen, iterum adscen-

debat, donec maxima tandem prosilliret celeritate, qua brevi cessante, in glaciem aqua conuertebatur. Rem paullo aliter tentavit et accuratissime demonstravit D. Mariotte. Quum enim scyphum fere aqua plenum aëri frigidissimo exposuisset, primo veluti oblonga quaedam filamenta ex glacie composita emergabant, atque ubi maxima pars aquae in glaciem concreverat, exigua pars illius, quae adhuc fluida manebat, in medium fere scyphi locum sese recepit. Sed quum plurimae tenuissimae bullulae ex illa erumperent, aqua ipsa per exiguum foramen in summa parte conspicuum sensim exiit, quae similiter in glaciem conversa veluti in cumulum adsurgebat. Occluso foramine, glacies ipsa ultro facta est et divisa fere in medio scyphi. De glaciei formatione totoque congelationis progressu nihil religiosius observari potest, quam quod tradit clar. D. de Mairan in *eximio opusculo de hac re edito.*

Ex praecedentibus id colligitur, aquae partes, dum in glaciem convertuntur, non condensari, sed maxime rarefieri. Hoc idem innumeris comprobatum est experimentis. Vi glaciei durissima quoque vasa franguntur. Tubum ferreum, cuius crassities erat digiti unius, aqua impleverat Hughenius; et huic tubum prope clausum intensissimo frigori obiecit: post duodecim horas rupta dissilueretubi latera. Huic expansioni tribuendum est,

quod saeviente gelu viarum publicarum pavimente evellantur: quod saxa arboresque dissolvantur: nova plantarum germina et fructus tenelli corrumpantur: quod aquarum canales confringantur. Atque ut alia omittam huius rarefactionis argumenta, glacies aquae innatare observatur, quod certe fieri non posset, nisi glacies aqua levior et rarior etiam existeret. Hi quidem effectus obvii sunt et frequentissimi; at effectuum causa difficilis omnino est. Singularis huius dilatationis rationem aliqui ducunt ex vi elastica aëris. Quum enim in ipso congelationis actu erumpant magna copia aëris bullulae, aquae particulas in amplius volumen expandi aiunt. Satis quidem ad rem accommodata videretur explicatio, nisi in aqua omni aëre, quantum fieri potest, purgata expansio aeque succederet. Alii expansionem repetunt ex particulis *frigorificis*, quae in aquam introductae illius volumen dilatant. Alii tandem id totum fieri opinantur ob mutatam particularum aquearum respectivam positionem. Calor scilicet aquae particulas segregat, illasque in fluiditatis statu continet. At calore immixto et succedente frigore, iam alius fit partium situs, aquae molleculae ad alios contactus tendunt. Neque repugnat, particulas illas ita se mutuo attrahere in statu congelationis, ut in amplius volumen expandantur. Quum autem expansio illa ex minima-

rum particularum textura pendeat, hac ratione intelligi poterit, cur talis expansio aliis fluidis non accadat. Verum satius est ea, quae a frigore metuenda sunt, cavere; quae autem nobis utilia esse possunt, investigare, vanasque et inutiles hypotheses relinquere.

## APPENDIX.

*De quibusdam capituli praecedentis utilitatibus.*

De congelationis causa et origine iam aliqua explicabimus in capite praecedenti. Verum quidquid sit de variis physicorum hypothesis, certissimum est, salium vi congelationem et glaciem creari posse. Aquam sale refrigerari, patet hoc experimento. Aqua frigida poculo immittatur, eique thermometrum immergatur. Statim ac certo constat, thermometro eum accessisse frigoris gradum, qui aquae inest, sal in aquam iniicitur. Rebus ita comparatis, antequam sal in aqua probe solutum appareat, spiritus vini iam in thermometro descendere observatur. Vbi autem rursus compertum est thermometro, eum frigoris gradum adquisitum esse, qui aquae sale imbutae convenit, immoto scilicet manente spiritu vini, thermometrum extrahatur, et in aquam dulcem poculo contentam inferatur, quae quidem cum aqua prius adhi-

bita eundem habeat caloris gradum; spiritus vini ad eam rursus conscendit altitudinem, ad quam prius in aqua dulci attolabatur, antequam scilicet aquam salsam attingeret. Porro non omnes sales eidem frigori producendo pares sunt. Si in praedicto experimento tria salium genera adhibeantur, scilicet *sal commune* seu *culinare*, *sal ammoniacum* et *sal petrae*; inter tres hos sales primus minimum, postremus maximum effectum producit. Pro aquae varietate aliquod etiam circa frigoris gradum discrimen observatur. Nitri ope frigus producitur intensum quod manu vitrum tenente facile sentitur. Interdum etiam exterior vitri superficies tenui veluti nebula obducitur. Idcirco ut vinum aliaeque portiones refrigerentur temporae aestivo, haec immitti solent aquae, in qua nitrum solutum sit.

Vulgatissimum omnibusque notissimum iam memorabimus artificium, quo glacies nivis aut glaciei et nitri mixtione parari solet. At sine glaciei auxilio solius salis ope glacies obtineri potest. Quod quidem commodissimum est, si parata ad manus non sit glacies. Adhibeatur aqua frigidissima et congelationi proxima. Frigoris gradus maxime augebitur, soluta salis ammoniaci parte tertia. Huic mixturae immittatur vas aquam aliam frigidissimam continens, haec aqua maiorem adquiret frigoris gradum. In ipsa eadem aqua ite-

rum solvatur sal ammoniacus, atque repetita operatione obtinebitur tandem aqua sale permixta, quam glacie ipsa multo frigidior esse, thermometro constabit. Quare si tali aquae immittatur ampulla aquam continens, haec ultima aqua in glaciem concrecet, ipsumque glaciei frigus acquirat. Suspiciatur vir clar. de Mairan, sine glacie et sale glaciem produci posse. Quae quidem coniectura non caret verisimilitudine. Et quidem certissimum est, aquam intensissimum frigoris gradum concipere, si in vase ex porosa terra conlato aëri currenti obiciatur. Idem est experimenti successus, si aqua intundatur ampullae, circumposito linteo aqua imbuto, et aëris perflantis directioni exponatur. Frequentissimum est hoc refrigerandae aquae artificium in Aegypto, apud sinas aliosque populos plurimos.

Frigoris gradum ad glaciei *naturalis* formationem necessarium indicat altitudo, ad quam spiritus vini subsistit in thermometro; ubi nempe thermometri globulus immergitur glaciei aut nivi, quae iam solutioni proxima sit; nec congelatio apparet, antequam thermometri liquor hunc gradum attigerit. Non tamen glacies statim solvi deprehenditur, ubi spiritus vini in thermometro adscendit, certissimisque experimentis compertum est, lentior esse glaciei solutionem, quam sit ipsa formatio. Porro utilitatis causa observare non abs re erit, ad tuendam hominum valetudi-

nem necessarium omnino esse lentum frigoris calorisque progressum. Hinc D. O. M. infinita providentia conservationi nostrae consulit, instituta admirandis legibus tempestatum vicissitudine. Et re quidem ipsa subitanea ferventioris caloris intensique frigoris vicissitudo nostra corpora necaret, animamque intercluderet. Si conclave, dum rigidissimo gelu aquae tenentur, igne calefiat ita, ut aestivi temporis calorem adaequet, nullus mortalium tantum calorem ferre posset, sed viribus resolutus deficeret. Quae quum ita sint, salutis suae parum invigilant homines, qui frigore aut gelu correpta aliqua corporis parte, statim in igne promptoque calore remedium quaerunt, quod quidem faciunt incaute omnino atque imprudenter. Etenim nimia caloris succedentis velocitas non sinit, ut corporis partes amissum recuperent ordinem, sed potius universum *oeconomiae animalis* systema labefactant atque omnino perturbant. Quare satius est, immo necessarium, corporis partem frigore geluque rigescentem nivi per aliquod tempus subici, antequam calidiori aëri obiciatur. Et certe si fructus, carnes aliaque corpora gela et frigore orrepta calori exponantur, haec statim tabescere et corrumpi observantur. At si in aqua frigida deponantur ita, ut conglaciata desuper crusta protegantur, hac sensim ablata, integra prorsus inveniuntur cor-



pora illa ex aqua extracta. Ita pomum, quod in frigida aqua servatum fuit, eundem praesertit saporem, quem ante congelationem habuerat. Neque etiam superfluum erit, hec data occasione subiungere, perniciosissimum atque saluberrimum esse posse frigidi potus usum pro diversa corporis nostri conditione. Si vehementiori exercitatione aut qualibet alia corporis agitatione vel *physica* vel *mechanica* aliquis aestuaverit, caloremque nimium contraxerit; id summo opere vitare debet, quod refrigerationem interius vel exterius adferre possit. Ex imprudenti balnearum frigidorum usu subitanam mortem non raro originem habuisse, testantur doctissimi medici, inter quos Lancisius *lib. 2. de morbis subitanis*. Etenim frigoris impressio solidas corporis animalis partes constringit, fluidas autem condensat, atque talis esse potest effectus, ut partium solidarum actio, fluidarum autem motus nimis minuatur. Hinc maxime turbari potest tota corporis machina. Hinc nascuntur in canalibus obstructions, et frequentissima in humorum secretionibus impedimenta, ex quibus innumera morborum genera. Ex potionis frigidioris abusu intelligitur quoque illius usus. Si nempe nimia sit in fibris extensio, relaxatio, nervorumque, ut dicunt, *atonia*, in his casibus utilissime adhibentur potiones frigidae. Quae quam ita sint, mirum esse non debet, quod

vir clar. Hoffmannus duo ediderit opuscula, quorum unum inscribitur: *de frigido potu vitae et sanitati hominum inimicissimo*, alterum vero: *de aquae frigidae potu salutari*.

## SECTIO III.

*De astronomia.*

*Astronomia* ea est: *physicae pars, quae corporum coelestium motus, ordinem, magnitudinem contemplatur, et eorundem motuum leges atque causas expendit*. Hinc patet, duas esse praecipuas astronomiae partes. Prima, quae vocatur *theoretica*, diversa corporum coelestium phaenomena considerat, eaque ad calculum revocat. Alia autem, quae *astronomia practica* dicitur, corporum coelestium mensuras mutuasque positiones determinat. Itaque duo primum esse offe-  
rent huius sectionis capita. Verum quia ad astronomiam referuntur *calendarii* et *chronologiae* elementa, de calendario et chronologia quoque tertium caput subiungemus. ®

pora illa ex aqua extracta. Ita pomum, quod in frigida aqua servatum fuit, eundem praesertim saporem, quem ante congelationem habuerat. Neque etiam superfluum erit, hec data occasione subiungere, perniciosissimum atque saluberrimum esse posse frigidi potus usum pro diversa corporis nostri conditione. Si vehementiori exercitatione aut qualibet alia corporis agitatione vel *physica* vel *mechanica* aliquis aestuaverit, caloremque nimium contraxerit; id summo opere vitare debet, quod refrigerationem interius vel exterius adferre possit. Ex imprudenti balnearum frigidorum usu subitanam mortem non raro originem habuisse, testantur doctissimi medici, inter quos Lancisius *lib. 2. de morbis subitanis*. Etenim frigoris impressio solidas corporis animalis partes constringit, fluidas autem condensat, atque talis esse potest effectus, ut partium solidarum actio, fluidarum autem motus nimis minuatur. Hinc maxime turbari potest tota corporis machina. Hinc nascuntur in canalibus obstructions, et frequentissima in humorum secretionibus impedimenta, ex quibus innumera morborum genera. Ex potionis frigidioris abusu intelligitur quoque illius usus. Si nempe nimia sit in fibris extensio, relaxatio, nervorumque, ut dicunt, *atonia*, in his casibus utilissime adhibentur potiones frigidae. Quae quam ita sint, mirum esse non debet, quod

vir clar. Hoffmannus duo ediderit opuscula, quorum unum inscribitur: *de frigido potu vitae et sanitati hominum inimicissimo*, alterum vero: *de aquae frigidae potu salutari*.

## SECTIO III.

*De astronomia.*

*Astronomia* ea est: *physicae pars, quae corporum coelestium motus, ordinem, magnitudinem contemplatur, et eorundem motuum leges atque causas expendit*. Hinc patet, duas esse praecipuas astronomiae partes. Prima, quae vocatur *theoretica*, diversa corporum coelestium phaenomena considerat, eaque ad calculum revocat. Alia autem, quae *astronomia practica* dicitur, corporum coelestium mensuras mutuasque positiones determinat. Itaque duo primum esse offe-  
rent huius sectionis capita. Verum quia ad astronomiam referuntur *calendarii* et *chronologiae* elementa, de calendario et chronologia quoque tertium caput subiungemus. ®

## CAPVT I.

*De variis corporum coelestium phaenomenis et motibus.*

Antequam coelestium motuum veras leges explicare adgrediamur, universam coelestem sphaeram, qualem nempe oculis nostris sese conspiciendam praebet, primum contem-  
plabimur. Deinde veram corporum coelestium dispositionem expendemus, illorumque motus calculo subiiciemus. Recta docendi ratio postulat, ut amplissimam hanc materiam in diversos articulos dividamus atque contrahamus.

## ARTICVLVS I.

*De mundi systemate, quale oculis apparet, et de sphaera coelesti.*

## DEFINITIO I.

Spectatori terrestri coelum apparet tamquam superficies sphaerica concava, stellis plurimis distincta, cuius ipse spectator centrum occupat, quaeque circa puncta fixa veluti cardines ab ortu ad occasum aequaliter convertitur, et 24 circiter horis integram revolutionem absolvit. Puncta illa op-  
38. posita *P*, *Q*, circa quae rotare videtur

sphaera, *poli* mundi dicuntur, quorum is, qui nobis conspicuus est, ut *P*, *arcticus* vel *borealis* dicitur; ipsi vero oppositus *Q* *antarcticus* seu *australis* appellatur. Recta linea *PQ* utrumque polum connectens *axis mundi* vocatur. *AEquator* sive *aequinoctialis* est circulus sphaerae coelestis maximus *AD*, cuius poli iidem sunt cum poli mundi, proindeque sphaeram mundanam dividit in duo hemisphaeria, *boreale APD*, in quo est polus borealis *P*, et australe *AQD*, in quo est polus australis *Q*. Stellae singulae in circulis *HI*, *FG*, aequatori *AD* parallelis, communi sphaerae coelestis motu revolvi quotidie videntur. *Fixae* nominantur, quae eandem inter se distantiam perpetuo servant; *erraticae* vero seu *planetae* vocantur, quae distantias suas a fixis mutant, et motu proprio ferri conspiciuntur. Planetae sunt septem, *sol*, *luna*, *mercurius*, *venus*, *mars*, *iupiter* et *saturnus*. Inter planetas tellurem non recensemus. Hic enim consideramus spectatorem terrestrem tamquam immotum.

*Defin. II. Ecliptica* est circulus sphaerae maximus *EL*, quem centrum solis proprio motu ab occasu ad ortum singulis annis describere videtur. Hic circulus aequatorem oblique intersecat sub angulo inclinationis *ACE*  $23^{\circ} \frac{1}{2}$  circiter. Puncta duo opposita, in quibus aequator et ecliptica sese mutuo  
Tom. V. T

secant, *aequinoctialia* dicuntur. Puncta autem *solstitialia* appellantur eclipticae puncta duo opposita *E, L*, quae a punctis aequinoctialibus toto circuli quadrante distant, quaeque proinde maxime recedunt ab aequatore, et in quibus adscensus solis supra aequatorem et descensus infra eundem terminatur. Puncta *N, O* ab ecliptica  $90^\circ$  distantia dicuntur illius *poli*, et linea *ON* praedicta puncta iungens, *axis eclipticae*. Circulus maximus *PnQm*, qui transit per utrumque polum et puncta aequinoctialia, appellatur *colurus aequinoctiorum*. At *colurus solstitiorum* dicitur circulus maximus *PAQG*, qui per utrumque polum et per puncta solstitialia traducitur. Cur vero aequinoctialibus et solstitialibus punctis haec facta sint nomina, in astronomiae progressu explicabimus. *Signum coeleste* est duodecima pars eclipticae, et in  $30$  gradus iterum dividitur. Sex sunt signa borealia per borealem eclipticae partem distributa, hisque nominibus designata: *aries, taurus, geminis, cancer, leo, virgo*. Sex autem australia: *libra, scorpius, sagittarius, capricornius, aquarius, piscis*.

*Defin. III.* *Zodiacus* est sphaerae coelestis portio seu zona *EL* duobus circulis eclipticae parallelis, et gradibus  $8$  vel  $9$  hinc inde ab ecliptica distantibus terminata, sub qua planetae omnes motus suos absolvunt. Dum planeta ab occasu in ortum seu secun-

dum *ordinem signorum*, aut quod idem significat, in *signa consequentia*, nimirum ab ariete ad taurum, a tauro ad geminos cet. motu proprio fertur; ille planeta tunc temporis *directus* vocatur. Dum autem planetae motus proprius cessare videtur, seu dum planeta in eodem coeli puncto morari per aliquot dies cernitur, eundem situm fixarum respectu servans, *stationarius* dicitur. *Retrogradus* tandem appellatur, ubi contra *signorum ordinem* seu *in antecedentia*, nempe a tauro ad arietem, ab ariete ad pisces cet. proprio motu incedit.

*Defin. IV.* *Circuli declinationis* seu *circuli horarii* sunt circuli maximi per mundi polos transeuntes, et proinde aequatori perpendiculares. Sideris vel puncti cuiuslibet in sphaera mundana *declinatio* est arcus circuli declinationis inter sidus vel datum punctum et aequatorem interceptus. *Adscensio recta* sideris est arcus aequatoris inter initium arietis et circulum declinationis sideris illius comprehensus, ac secundum ordinem signorum numeratus. *Circuli latitudinis* siderum sunt circuli sphaerae maximi per polos eclipticae et per sidera transeuntes; atque ideo eclipticae perpendiculares. Hinc *latitudo* sideris est arcus circuli latitudinis inter sidus et eclipticam interceptus. *Longitudo* sideris est arcus eclipticae ab arietis initio versus ortum, seu in consequentia usque ad latitu-

Fig. dinis circulum numeratus. Punctum intersectionis eclipticae cum circulo latitudinis sideris dicitur locus sideris *eclipticus*, sive locus *in ecliptica*, vel locus *ad eclipticam reductus*.

Defin. v. Si per locum quemvis *S* in superficie terrae ducatur per terrae centrum *T* linea recta *ZSN*, quae sphaerae coelesti occurrat in *Z* et *N*, punctum *Z* dicitur loci *S* *zenith* seu vertex, et punctum *N* vocatur eiusdem loci *nadir*. *Horizon sensibilis* seu *apparens* loci *S* est sphaerae circulus *hvx*, centrum habens in *S*, et polos in *Z* et *N*. *Horizon rationalis* seu *verus* est circulus *HVRX* centrum habens in *T*, et polos in *Z*, et *N*, ideoque horizonti sensibili parallelus.

Circulus *verticalis* est circulus quilibet maximus *ZVNX* per *zenith* atque *nadir* et per aliud quodcumque punctum in sphaera mundana transiens, ideoque horizonti perpendicularis. *Meridianus* est circulus verticalis *ZHNR* per polos mundi *P*, et per *zenit* *Z* et *nadir* *N* pertransiens, ac proinde aequatori perpendicularis, et circulus omnes aequatori parallelus bifariam dividens. Intersectio plani meridiani cum plano horizontis *HR* vel *hr* dicitur *linea meridiana*. Circulus verticalis primarius dicitur verticalis ille, qui per polos meridiani transit. Sit *ZVNX* verticalis primarius horizontem rationalem *HVRX* intersecans in *V* et *X*, quem meridianus etiam

secat in *H* et *R*. Puncta quattuor *R*, *X*, *H*, *V* dicuntur *cardines mundi*: punctum quidem *R* in hemisphaerio boreali cardo *septentrionalis* *H* cardo *meridiei*, *V* ad partes orientis cardo *orientis*, et punctum oppositum *X* cardo *occidentis*. Distantia horizontis apparentis ab horizonte vero sive telluris semidiameter *ST* sensibilis non est, si conferatur cum stellarum distantis, et ideo terra respectu sphaerae stellarum tamquam punctum, et quilibet terrae locus tamquam huius sphaerae centrum considerari potest. Nam omnes fere astronomorum observationes id supponunt, factaque hac hypothesi, computationes astronomicae cum phaenomenis coelestibus quadrant. Porro quemadmodum singula terrae loca pro centro sphaerae stellarum usurpari possunt, ita fingi potest in spatiis coelestibus sphaerica superficies, cuius tanta sit diameter, ut illius respectu evanescat solis vel stellae datae a tellure distantia, et huius sphaerae centrum poterit indiscriminatim collocari vel in terra vel in sole aut in spatio intermedio.

Defin. vi. *Altitudo poli* *P* supra horizontem est meridiani arcus *PR* a polo ad horizontem interceptus. Ea semper aequalis est arcui *ZE* a vertice *Z* ad aequatorem *EQ* intercepto. Nam si ex circuli quadrantibus *ZPR*, *EZP* subducatur arcus communis *ZP*, remanebunt arcus aequales *EZ* et *PR*. *Al-*

Fig. *titudo aequatoris* supra horizontem est arcus meridiani  $EH$  inter aequatorem et horizontem comprehensus.  $AE$  equalis est complemento altitudinis poli seu arcui  $ZP$ , quod quidem, ablato ex quadrantibus  $HEZ$  et  $EZP$  communi arcu  $EZ$ , manifestum est. *Attitudo apparens* sideris vel puncti cuiuslibet  $L$  in sphaera mundana est angulus  $Lsu$ , sub quo ex centro  $S$  horizontis sensibilis videtur arcus  $Lu$  circuli verticalis per  $L$  ducti usque ad horizontem sensibilem  $hurx$ . *Attitudo vera* puncti  $L$  est angulus  $LTV$  seu ipsius mensura, arcus scilicet  $LV$  in circulo verticali per  $L$  ducto usque ad horizontem rationalem  $HVRX$ . Quare stellarum fixarum altitudines apparentes et verae coincidunt, *secundum hanc rationem consideratae*.

**Prob. I. APPARENTES SIDERV M ALTITVDINES OBSERVARE.**

Circuli quadrans  $SAB$ , cuius limbus  
40.  $ACB$  in gradus et minuta divisus est, ita statuatur, ut filum  $SCD$  pondere  $D$  tensum, ideoque verticale, limbum illius radat. Deinde ita vertatur, ut sidus  $L$ , cuius altitudo observanda est, per *dioptras* aut per telescopium lateri  $SB$  adfixum videatur in eodem latere  $SB$  producto. Quo facto, habetur arcus  $AC$  mensura altitudinis apparentis. Nam quum filum e quadrantis centro  $S$

pendens sit semper in plano verticali, quadrans  $ASB$  erit etiam in eodem plano; ideoque  $hr$  ad  $SD$  perpendicularis, erit intersectio horizontis sensibilis et plani verticalis per  $L$  ducti, atque angulus  $LSh$  erit sideris  $L$  altitudo apparens. Sed si ab angulis rectis  $ISA$  et  $hSC$  subducatur communis  $hSA$ , remanent aequales anguli  $LSh$  et  $ASC$ . Huius vero mensura est arcus  $AC$ .

*Defin. VII.* Si saepius observetur tum motus solis in ecliptica, tum ipsius diametri apparens, quam fieri potest, accuratissime; circa datum punctum in plano describi poterit curva similis orbitae, quam sol circa terram percurrere videtur. Nam quum diametri solis apparentes sint reciproce, ut ipsius a tellure distantiae, ex datis diametris apparentibus dantur distantiarum rationes, et ex dato solis motu in ecliptica, dantur anguli inter distantias illas contenti. Dies *solaris* est tempus unius revolutionis diurnae solis a meridiano ad eundem meridianum. Dies autem *sidereus* seu *primi mobilis*, ut dicunt, qui semper idem manet, est tempus revolutionis diurnae stellae fixae a meridiano ad eundem. Si stellae fixae et sol in eodem meridiano simul observentur, stella ad eundem meridianum prius redibit quam sol. Praeterea colatis aequinoctiorum et solstitiorum observationibus innotuit, solem intervallo 8 fere dierum diutius morari in signis borealibus quam

in australibus. Ac tandem aequinoctiorum et solstitiorum antiquas observationes cum recentioribus comparando definita est quantitas anni *aequinoctialis*, sive tempus, quo sol motu proprio ab uno aequinoctio ad idem aequinoctium, vel ab uno solstitio ad idem solstitium progreditur, et ab auctori- bus calendarii gregoriani constituta est 365 dies. 5 hor. 49'. Data autem quantitate anni aequinoctialis datur motus solis medius pro quolibet dato tempore; hoc est, motus qui soli competeret, si uniformiter in ecliptica progredere- tur. Est enim, ut 365d 5 h 49' ad tempus datum, ita  $360^{\circ}$ , quos sol anni aequinoctialis tempore describit proprio motu, ad arcum eclipticae dato tempore conficiendum. Hae proportione arcus eclipticae anno communi 365d describendus est 11 signorum  $29^{\circ} 45' 40''$ ; die uno est 59'  $8'' 20'''$ ; hora una est 2'  $28''$ ; minuto uno  $2'' 28'''$ . Arcus aequatoris, qui dato tempore sub meridiano transit, simili modo inuenietur, dicendo, ut 24 horae siderae ad tempus datum; ita  $360^{\circ}$  ad arcum quaesitum. Is ergo una hora erit  $15^{\circ}$ ; minuto uno primo erit  $15'$ , minuto secundo  $15''$ . Quum autem sol die uno describat motu proprio ad aequatorem relato arcum  $55' 8'' 20'''$  ab occasu ad ortum; ut inueniatur arcus aequatoris dato tempore solari medio sub meridiano transiens, dicatur, ut 24 horae sola-

res ad datum tempus solare, ita  $360^{\circ} 59'$  Fig.  $8'' 20'''$  ad arcum quaesitum. His igitur proportionibus tempus solare medium vel tempus sidereum convertitur in gradus aequatoris. Facile autem patet ex dictis, diem so- larem medium aequalem esse 24 horis side- reis cum  $3' 56'' 32'''$ . Iam vero si adhibitis observationibus accuratissimis conferantur dia- metri apparentes solis cum illius angulari ve- locitate circa terram, apparet, areas, quas sol radio ad terram ducto describit, esse temporibus proportionales, solisque orbitam non multum differre a circulo, et haberi posse pro ellipsi, cuius focum alterum oc- cupat terra. Est autem solis diameter appa-rens maxima  $32' 40''$  et minima  $31' 36''$ . Et ideo maxima distantia solis a terra est ad distantiam minimam ut  $32' 40''$  ad  $31' 36''$ , sive 1960 ad 1896 circiter, sive ut 245 ad 237.

*Defin. VIII.* Ex praecedentibus patet, in sphaera coelesti sex circulos maximos potis- simum numerari, nempe *aequatorem*, *me- ridianum*, *horizontem*, *zodiacum* et u- trumque *colurum*. Praeter circulos sex ma- ximos considerari etiam solent in sphaerae coelestis doctrina quattuor praecipui minores circuli. Circuli *MN*, *OV*, qui aequatori paral- leli per polos zodiaci *N*, *O* transeunt, si- ve qui a poliis zodiaci describuntur, dum sphaera circa proprium axem convertitur, po-

*lares* vocantur; *arcticus* quidem *MN*, qui circa polum arcticum, *antarcticus* vero *OV*, qui circa antarcticum. Circuli denique aequatori paralleli *FG*, *HI*, qui per puncta solstitialia *E* et *I* ducuntur, sive a punctis solstitialibus describuntur, dum sphaera circa polos mundi rotatur, *tropici* dicuntur. Qui polo arctico proximior est *FG* *tropicus cancri* dicitur; qui autem ad polum antarcticum accedit *HI*, *tropicus capricorni* vocatur. Porro quum polares circuli a polis ellipticae describantur, evidens est, circulorum illorum a polis mundi distantiam esse  $23^{\circ} 29'$ . Quia vero tropici duo describuntur a punctis solstitialibus, quae ab aequatore distant  $23^{\circ} 29'$ , patet quoque, tropicorum ab aequatore distantiam eandem esse, nempe  $23^{\circ} 29'$ . Ceterum evidens est, omnes coelestes circulos ad telluris superficiem transferri posse. Itaque *axis telluris* dicitur pars axis mundi per telluris centrum transiens, telluris superficie terminata in punctis duobus, quae *poli terrae* vocantur. Polus nobis conspicuus *borealis* vel *arcticus*, alter autem *australis* vel *antarcticus* appellatur. Intersectio plani aequatoris coelestis cum telluris superficie dicitur *aequator terrestris*, aut etiam circulus *aequinotialis*. Quare latitudo loci cuiusvis in superficie terrae est eius distantia ab aequatore, sive est meridiani terrestris arcus inter locum datum et

aequatorem interceptus. Vnde patet, latitudinem loci in superficie terrae numero graduum aequalem esse declinationi coelesti verticis eiusdem loci seu altitudini poli. Simili ratione alii quilibet circuli ad telluris superficiem referuntur. Verum ut tota haec sphaerae coelestis doctrina tironibus perspicue explicetur, in memoriam revocari debent, quae de planorum proprietatibus in geometria demonstravimus, atque etiam oculis subiicienda *armillaris*, ut vocant, sphaera, circulis ligneis vel metallicis, eo, quem enumeravimus, ordine distincta.

*Defin. IX.* Superest iam, ut siderum parallaxim breviter explicemus. Distantia locorum in sphaera coelesti, ad quae sidus vel phaenomenon quodvis e superficie telluris et ex eius centro spectatum refertur, sive arcus circuli maximi inter illa duo loca interceptus, ipsius sideris aut phaenomeni *parallaxis* appellatur, quae proinde nulla est, nisi terrae semidiameter sensibilem habeat rationem ad distantiam sideris a terra. Sit *T* centrum telluris ac coeli, *A* oculis in superficie terrae, *Z* zenith loci *A*, *Q* sidus vel phaenomenon quodvis, *CQP* verticalis per *Q* transiens, *ZSXH* verticalis in superficie sphaerae coelestis, *ABE* verticalis in superficie terrae, *HT* horizon rationalis, et *Ah* horizon sensibilis. His ita constitutis, locus *physicus* sideris *Q* est punctum illud, in



quo sideris centrum haeret. Locus *opticus apparen*s seu *visus* est punctum *V* in superficie sphaerae coelestis, in quo recta ex oculo *A* per centrum sideris *Q* ducta terminatur. Locus *opticus verus* est punctum *S* in superficie sphaerae coelestis, in quo terminatur recta linea *TQS* ex terrae centro *T* per *Q* ducta. Parallaxis est arcus *SV*, sive differentia duorum locorum opticorum. Angulus *parallacticus*, qui plerumque etiam parallaxis vocatur, est angulus *AQT*, quem in centro sideris efficiunt rectae *AQ* et *TQ*, ex oculo *A* et ex centro terrae *T* ad sideris centrum *Q* ductae. Parallaxis *altitudinis*, quae et parallaxis *simpliciter* dicitur, est differentia inter distantiam *ZV* a zenith *Z* ex loco *A* visam, et distantiam veram *ZS*, sive est arcus *SV* in circulo verticali *ZSVH*. Quare manifestum est, altitudinem sideris veram per parallaxim minui, et eius a vertice distantiam augeri. Parallaxis *horizontalis* est parallaxis *Xh* sideris *P* in horizonte sensibili *Ah* apparentis.

*Prop. I.* ARCUS *SV* EST MENSURA ANGVLI PARALLACTICI *AQT*.

*Demonst.* Etenim jungatur *TV*, erit angulus externus *AQT* aequalis duobus internis oppositis *QTV*, *QVT*; sed angulus *QVT* sive *AVT*, evanescente *AT* respectu *TV*,

nullus est; ergo angulus parallaxicis *AQT* aequalis est angulo *QTV* seu *STV*, cuius mensura est arcus *SV*.

*Prop. II.* MANENTE SIDERIS A CENTRO TERRAE DISTANTIA, SINVS PARALLAXEOS EST AD SINVM DISTANTIAE SIDERIS VISAE A VERTICE IN RATIONE DATA SEMIDIAMETRI TELLVRIS AD DISTANTIAM SIDERIS A CENTRO TERRAE.

*Demonstr.* Nam in triangulo *AQT* est *AT* ad *QT* in ratione sinus anguli parallaxicis *AQT*, seu sinus parallaxeos ad sinum anguli *TAQ*, sive ad sinum distantiae visae *ZV* a vertice, et ideo datis *AT* et *QT*, data est ratio sinuum illorum. Hinc patet, sideris in vertice *Z* constituti parallaxim esse nullam: eandem crescere cum distantia a vertice, et in horizonte fieri maximam. Hinc etiam colligitur, sinus parallaxium in paribus sideris a centro terrae distantibus esse, ut sinus distantiarum visarum a vertice, et ideo si detur parallaxis sideris in aliqua a vertice distantia, dabitur in alia quavis distantia a vertice.

*Prob. II.* DATA SIDERIS *Q* PARALLAXI *AQT* CVM ANGVLO *ZAV* SEV DISTANTIA APPARENTE A VERTICE, INVENIRE IN SEMIDIAMETRIS TERRAE TVM DISTANTIAM *QT*

SIDERIS  $Q$  A CENTRO TERRAE, TVM DISTANTIAM EIVS  $AQ$  A LOCO  $A$ .

Dato angulo  $ZAQ$ , datur  $TAQ$  supplementum illius ad duos rectos. Vnde ob datum etiam angulum  $AQT$  dantur tres anguli trianguli  $QAT$ , ac proinde datur ratio laterum inter se. Hinc data sideris  $P$  parallaxi horizontali, si inferatur: ut sinus parallaxeos ad sinum totum, ita semidiameter telluris  $AT$  ad quartum; obtinebitur distantia  $PT$  sideris a centro terrae ob angulum  $TAP$  rectum.

*Prop. III.* SINVS PARALLAXEON SIDERVM  $Q$  ET  $q$  IN AEQUALIBVS DISTANTIIS APPARENTIBVS A VERTICE SVNT IN RATIONE RECIPROCA DISTANTIARVM SIDERVM A CENTRO TERRAE.

*Demonstr.* Etenim ut sinus parallaxeos  $AQT$  ad sinum anguli  $ZAV$ , ita est  $AT$  ad  $QT$ ; et ut sinus anguli  $ZAV$  ad sinum parallaxeos  $AqT$ : ita  $qT$  ad  $AT$  \*. Ideoque

\* Hoc est:  $\sin. AQT : \sin. ZAV = AT : QT$ . Vnde  $\sin. AQT \times QT = \sin. ZAV \times AT$ . Praeterea  $\sin. ZAV ; \sin. AqT = qT : AT$ . Vnde  $\sin. ZAV \times AT = \sin. AqT \times qT$ . Igitur  $\sin. AQT \times QT = \sin. AqT \times qT$ . Adeoque  $\sin. AQT : \sin. AqT = qT : QT$ .

ex aequo sinus parallaxeos  $AQT$  est ad sinus  $Fig.$  num parallaxeos  $AqT$ , ut  $qT$ , ad  $QT$ . Hinc patet, siderum in eadem altitudine apparente existentium illud habere maiorem parallaxim, quod minus distat a centro terrae. Porro huius doctrinae frequens recurret usus in physices progressu.

## ARTICVLVS II.

*De variis mundani systematis hypothesis.*

### I.

Ceteras inter hypotheses, quae ad explicanda coelestium corporum phaenomena inventae sunt, illa prior nobis occurrit, quae *ptolemaica* dici solet, non quod Ptolemaeus omnia docuerit, quae de illa hypothesis exponi solent, sed quia ab illo praecipuum veluti lumen ac nomen ipsum accepit.

In mundi centro  $C$  immobilis terra 42. statur. Hanc diversae ordine suo ambiunt sphaerae. Prima est *lunae*, post hanc *mercurii*, deinde *veneris*, tum *solis*; deinde *martis*, postea *iouis* ac tandem *saturni*. Praedictas sphaeras complectitur fixarum sphaera  $RSU$ , quam *firmamentum* appellant. Fixarum orbem amplectuntur coeli duo, quos *crystallinos* vocant. Horum primum dicitur *sphaera nona*, alterum verum *decima*. Se-

quitur tandem et coelum undecimum, quod *primum mobile* vocatur. Duodecimum coelum addiderunt alii, quod *empyreum* dixerunt, et in eo beatorum sedem constituebant. Iam vero in hypothesisi ptolemaica diurnus siderum et planetarum omnium motus ab ortu in occasum a primo mobili omnibus caelis inferioribus imprimitur. Motus autem proprius siderum ab occidente in orientem a firmamento vel sidereo coelo producitur. Singulorum vero planetarum motus ab occidente in orientem a proprio coelo oritur ita, ut horum omnium periodus illo temporis spatio absoluat, quod ex astronomicis observationibus in planetis singulis definitur. Duos coelos crystallinos in astronomiam invexit Alphonsus rex Castellae, cognomento sapiens, astronomicarum rerum peritissimus. Primo crystallino tribuebatur motus, quem *librationis* motum appellant; ad explicandum scilicet motum, quo stellae fixae 70 annorum spatio, uno circiter gradu versus orientem progredi videntur. Alteri autem crystallino tribuebatur *trepidationis*, quem dicunt, motus, ad explicandum nempe motum, quo sphaera coelestis ab uno polo ad alterum quasdam veluti oscillationes absolvere credebatur.

Explicandae supererant variae planetarum a terra distantiae illorumque retrogradationes ac stationes. Planetas in circulis terrae ex-

centricis revolvi, ponebant veteres astronomi, atque ita facili negotio diversas a terra planetarum distantias expediebant. Vt autem adferrent rationem, cur planetae modo *directi*, modo *retrogradi*, aliquando *stationarii* appareant, in ipsa circuli excentrici circumferentia revolvi intelligebant circuli minoris centrum; hunc vero minorem circulum appellarunt *epicyclum*; circulum autem excentricum vocabant *deferentem*. Iam fingatur, circulum deferentem illiusque epicyclum moveri motu uniformi ab occidente in orientem secundum ordinem signorum, et utrumque circulum circa proprium centrum eodem tempore revolvi: spectator in centro *deferentis* collocatus hunc circulum moveri videbit secundum ordinem signorum. At eidem spectatori epicyclus moveri non apparebit secundum hanc directionem, nisi in parte superiori *deferentis*, in parte autem inferiori motu apparenti videbitur progredi contra signorum ordinem. Id quidem ex ipsa spectatoris positione respectu epicycli facile colligitur. Praeterea quum motus directus epicycli in retrogradum abeat, mutationem hanc per gradus fieri manifestum est, ac proinde *deferentis* motu manente uniformi, ipsum epicycli motum variabilem apparere necessum est. Vt autem rei totius distincta notio habeatur, per centrum circuli deferentis seu oculum spectatoris, et per ipsum epicycli cen-

trum ducta intelligatur recta ad superiorem epicycli circumferentiam terminata. Punctum rectae superius designabit maiorem a terra distantiam seu *apogaeum*, ut vocant; punctum autem inferius distantiam minorem seu *perigaeum*. Diameter epicycli ad hanc rectam perpendicularis hunc dividet in duas partes aequales, superiorem et inferiorem. In puncto apogaei motus apparet directus, qualis re vera est, et velocitas *apparens* non differt a velocitate vera seu *reali*. In sequente circuli quadrante motus quidem manet directus, at velocitas apparens reali velocitate minor est; quum motus directus ad retrogradum vergat. In secundo circuli quadrante motus directus abit in retrogradum, qui motus perpetuo crescit ad totam usque semicircumferentiam, ubi directo motui aequalis fit; in altera semicircumferentia res ordine inverso peragitur. Evidens autem est, stationem denique fieri in transitu e motu directo in retrogradum, vel e retrogrado in directum.

In hac hypothesi eodem tempore moveri ponuntur tum *deferens* tum *epicyclus*. Ac proinde respectu spectatoris res perinde se habet, ac si epicyclus in circuli *deferentis* immoti peripheria moveretur. Quare diversae circulorum velocitatis nulla ratio habenda est. At in alio quolibet casu motuum compositio considerari debet. Punctum perigaei, quod

ad planum circuli deferentis pertinet et ad ipsam epicycli circumferentiam, duplicem admittit motum; unum scilicet, qui ex ipso deferente originem habet secundum ordinem signorum, alterum vero contra signorum ordinem, qui erit directus epicycli motus. Hic autem motus ob perigaei motum mutatur in retrogradum. Hinc patet, ex geometria colligi posse varias in *deferente* et *epicyclo* motuum hypotheses, quae recensitis planetarum phaenomenis satisfaciant. Quamvis autem hypothesis ptolemaica difficilioribus laboret motuum ambagibus, eam tamen ingeniosissime excogitatam fuisse, fatendum est. At negari non potest, systema illud, in quo mercurii ac veneris orbitae tellurem ambiunt, astronomicis observationibus omnino repugnare. Observatur enim, venerem modo ultra, modo citra solem revolvi, quod de mercurio constanter etiam demonstrant observationes astronomicae. Hinc illud in confesso est apud omnes, venerem et mercurium circa solem revolvi, minime vero circa terram, ut fingebat Ptolemaeus, ita tamen ut orbita mercurii ab orbita veneris contineatur. Praeterea mars aliquando nobis fit sole vicinior. Mars enim perigaeus ex observationibus astronomicis telluri proximior apparet quam sol; quod fieri nequaquam posset, quum orbita martis orbitam solis contineat. Haec mercurii, veneris et martis phaenomena pri-

nis ptolemaici systematis auctoribus ignota fuere.

Neque est, quod coelorum soliditatem refellamus. Hanc prorsus evertunt cometae, qui libere ab altissimis spatiis circa nos ad solem delapsi, inde rursus emergunt, atque huc illuc sine certa lege vagantur. Haec coelorum omnium soliditas, etiamsi diaphanitas foret maxima, luminis transmissionem ad immensa spatia tandem interciperet. De coelorum substantia nihil definiverat Ptolemaeus, solida ne potius, an tenuis haberi debeat. Posteriores quidam astronomi coelos solidissimos esse voluerunt, ut admirabilis motuum coelestium constantia coelorumque incorruptibilitas saluari possent. At constantes, quas observamus motuum coelestium leges, iam breviter explicavimus in physica generali, et in sequenti capite fusius evolvemus. Quod spectat ad coelorum incorruptibilitatem, observationibus astronomicis certissimum est, in sole et planetis nasci maculas, variasque accumulari materiae congeries, quae tandem evanescent atque dissipantur. Nullum dubium est, quin planetae, non secus ac tellus nostra, variis intestinis motibus sint obnoxii, ac proinde etiam frequentissimas mutationes patiantur. Quare generalis materiae corruptio ad corpora quaelibet etiam remotissima extendi debet, quum *motus sit corruptionis et generationis principium.*

II. Aliam mundani systematis hypothesim excogitavit Tycho Braheus nobilis danus. Haec hypothesis, quae ab auctore *tychonicae* nomen obtinuit, tellurem in centro *T* universi collocat: circa terram proximè 43. me revolvitur luna, dein sol, qui licet moveatur, ipse tamen est centrum motus reliquorum planetarum ita, ut solem statim ambiat orbita mercurii, postea veneris, deinde martis, tandem post martem veniunt iupiter et saturnus. Orbitae martis, iovis et saturni terram continent, atque orbitam lunae, sed orbitae veneris et mercurii terram lunaeque orbitam perpetuo excludunt. Martis vero orbita ita solem terramque complectitur, ut illius orbita orbitam solis intersect, nempe mars aliquando terrae proximior est, quam sit ipse sol. Omnium tandem planetarum orbitas fixarum sphaera complectitur. Haec autem sphaera non ponitur immobilis, sed duplici agitur motu, uno scilicet, quo circa tellurem ab ortu in occasum feruntur tempore 24 hor. altero autem, quo lentissime progreditur ab occasu in ortum sub zodiaco tempore 25000 annorum. Itaque in hypothesi tychonica sidera, sol et luna circa terram 24 horarum spatio simul cum ceteris planetis ab ortu in occasum feruntur. Hoc autem a tychonicis ita exponi solet, ut luna quidem, sol et sidera secundum zodiacum lenta periodo ab occasu in ortum

Fig-moveantur; interim tamen singulis diebus circa terram ex ortu in occasum circulos aequatori parallelos describant. Dum vero sol circa terram 24 horarum spatio convertitur, planetas omnes secum circumvehit et abducit, ut ipsi quoque eodem tempore circa terram circulos excentricos peragere videantur. Atque ita quidem diurnus siderum et planetarum omnium motus circa tellurem, et proprius circa solem et terram ipsam, inaequalis etiam magnitudo vel distantia planetarum a terra in hac hypothesis explicantur. Sed explicandum adhuc supererat, qua ratione directiones, stationes, retrogradationes planetarum fierent, et cetera sequerentur phaenomena, quae in planetis deprehenduntur.

Itaque quum animadverteret superioris saeculi decus Iohannes Keplerus, duplicem motum in hac hypothesis planetis concedi, alterum quidem, quo circa terram abducerentur a sole, alium vero, quo interim certa quadam periodo circa solem moverentur; ex utroque motu, *abductionis* a sole circa terram et *conversionis* circa solem, tertium motum instar spiralis componi demonstravit. Iam tellus in centro *T* posita sit, circa quam moveatur sol in circulo *ABCD*, secumque abripiat iovem circa terram, dum ille interim lentiori motu circa solem movetur. Si iupiter ex *F* tendat in *G*, celerius moveri videbitur secundum signorum ordinem; quum

duplici motu, proprio nimirum et alio, quo a sole abripitur, versus eandem partem feratur, ideoque *directus* vocabitur. Si ex *G* in *H*, vel ex *I* in *G* moveatur, *stationarius* dicetur, quod ibi fere quiescat, et sub eodem firmamenti loco appareat. Si denique ex *H* moveatur in *I*, *retrogradus* erit; videbitur enim ex ortu in occasum regredi. Quum itaque singulis annis unicam convolutionem vel spirae partem planetae circa solem describant, neque tamen integram periodum suam circa ipsum vel circa terram singulis annis perficiant; necessum est, ut integra spira, quae circa solem a iove describitur, paucioribus convolutionibus componatur, spira autem saturni pluribus, et ita de aliis planetis. Quare frequentiores esse debent retrogradationes in iove quam in marte, et in saturno quam in iove.

Haec quidem hypothesis cum phaenomenis, quae ad siderum motum, distantiam, magnitudinem pertinent, satis feliciter consentit. At communis est opinio, illam a physicae legibus abhorrere. Tychoenicum systema prorsus evertere videntur incredibiles illi motus omnino oppositi, qui eidem corpori conceduntur, soli nimirum, lunae et fixis sideribus, ut diurno motu circa tellurem ab ortu in occasum ferantur; eodemque tempore certa periodo secundum zodiaci obliquitatem ab occasa in ortum progredientur.

Hinc factum est, ut systema tychonicum temperare satius existimaverint nonnulli, motum diurnum circa proprium axem telluri tribuendo; dummodo tamen nihil amplius de annuo telluris motu quaeretur. Verum an systema tychonicum accuratiori physicae satisfaciatur, definiri non potest, nisi antea motuum coelestium causas explicare adgrediamur, quod quidem praestabimus in capite sequenti.

III. Ab antiquissimis temporibus iam innotuerat systema aliud, quod solem veluti centrum universi constituerebat, planetasque omnes, ne terra quidem excepta, mobiles circa solem ponebat. Quidquid sit de prima huius hypotheseos origine, quae certe antiquissima est, hanc excoluit Pythagoras [*sive, ut mavult Laërtias, Philolaus pythagoricus*], unde systema *pythagoricum* fuit appellatum. Haec hypothesis ab Aristotelis temporibus fere omnino obsoleverat, quum litterarum et dignitatis splendore celebris Nicolaus cusanus s. r. eccl. cardinalis illam instaurare coepit. Eam deinde rudiores adhuc et imperfectam Nicolaus Copernicus tornensis et vormiensis ecclesiae in Polonia canonicus indefesso 30 annorum studio ita illustravit atque auxit, omnique observationum genere perfecit, ut iure meritoque haec ab illo nomen acceperit. Hanc Copernicus ipse Romae innumeris fere auditoribus, qui ultra duo millia confluere ad ipsum solebant, exposuit, et Paul-

lo III pontifici maximo dicavit. At nondum comparata fuerat hypothesis copernicana cum plurimis sacrae scripturae testimoniis, quae tellurem immobilem adstruunt. Sic Ecclesiastes *cap. 1. vers. 4.* legitur: *generatio advenit, generatio praeterit, terra autem in aeternum stat.* Psalm. 103. *vers. 5. qui fundasti terram super stabilitatem suam, non inclinabitur in saeculam saeculi.* Quod vero sidera atque praesertim sol ipse circa terram immobilem moveantur, celebre illud imperium Iosue testatur *cap. 10. Ios. vers. 13. sol contra Gabaon ne movearis: stetitque sol.* Non desunt tamen interpretes, qui liberius respondent, adlata s. scripturae testimonia non maximam vim habere, quum scriptores sacri saepissime secundum communem hominum opinionem et ad captum vulgi loquantur: *Moyses rudi populo condescendens secutus est, quod sensibilibus apparet:* inquit S. Thom. *1. part. quaes. 70. art. 1. ad 3.* At sacrae scripturae sensum explicarunt s. r. e. cardinales fidei inquisitores, a quibus damnata fuit hypothesis copernicana sub Paulo V. anno 1616, atque iterum sub Urbano VIII. ann. 1633, eamque Galilaeus solemniter veluti erroneam sacrisque litteris contrariam eiuravit. Licebit tamen copernicanum systema usurpare tamquam hypotheseum, quae sine ullis excentricorum orbium et epicyclorum ambagibus phaenomena coelestia

Fig. facilius explicat. Copernicanam hypothesim, qualis ab ipso Copernico tradita fuit, heic iuvabit exponere. Cetera autem, quae ad accuratius explicandos coelestes motus, illorumque causam investigandam addidit Newtonus mirae ingenii sagacitate, fuse postea declarabimus.

44. Sol veluti centrum universi in medio C collocatur. Circa ipsum mercurius trium fere mensium spatio convertitur. Deinde sequitur venus octo mensium periodo circa solem revolvens. Tum orbis ille magnus, quem annuo motu circa solem peragit terra. Hunc excipit coelum martis, qui duobus annis movetur. Hoc sequitur coelum iovis, qui duodecim annorum spatio periodum suam absolvit. Omnium denique planetarum supremus saturnus triginta annorum spatio circulum peragit. Postremo sidera fixa prorsus immota quiescunt, etsi circa solem ipsum lento motu progredi videantur, ut 25000 annis integram periodum absolvant. Quae admodum vero luna non circa solem, sed circa tellurem ipsam intra mensem movetur, ita quoque satellites aut lunulae quattuor iovem motibus suis coronant, et quinque saturnum. Quum vero ceteri planetae unico motu ab occasu in ortum secundum Copernicum moverentur, triplicem in sola tellure distinguebat motum, *diurnum* nempe circa se ipsam vel proprium axem, *annuum* per eclipticam circa solem, et motum *parallelismi* vel *inclinationis*, se-

cundum quem axis terrae sibi constanter parallelus eandem semper coeli partem respiciat. Non dissimili fere ratione, qua globus aliquis ita super planum rotari aut etiam supra curvam rotae superficiem circumduci potest, ut interim circa se ipsum moveatur, et axem semper sibimetipsi parallelum retineat. Hypothesim copernicanam eo loci breviter proposuisse satis sit. Ceterum patet, systema tychonicum ex copernicano et ptolemaico esse conflatum, seu potius esse systema copernicanum, ut ita dicam, *inversum*. Iam nonnulla coelestium motuum phaenomena in systemate copernicano exponamus, ut systematum facilitatem inter se conferre liceat.

Quum terra perenni et aequabili motu ab occidente in orientem spatio 24 horarum circa se ipsam rotatur; sidera, sol et ceteri planetae ex notissimis opticae legibus diurno motu ferre videntur ab ortu in occasum. Planetae tamen singuli proprio motu atque inaequali periodo ab occasu in ortum circa solem feruntur, si solem exceperis, qui licet immobilis in universi medio perseveret, annua tamen periodo circa tellurem convertitur. Siquidem terra, dum circa proprium axem movetur, tardiori etiam motu per orbem magnum sive zodiacum sensim progredietur secundum signorum seriem, vel ab occasu in ortum, ut unicum fere gradum singulis diebus, omnemque periodum unius



Fig. anni spatio conficiat. Hinc nobis apparet, solem per eadem signa moveri, hac tamen lege, ut quum terra in aliquo signo reperitur, e. g. ariete seu  $\Upsilon$ , sol in opposito signo *librae* seu  $\text{♎}$ , videatur quum terra in *cancro* moratur, sol *capricornium* occupet. Deinde vero quum terra circa solem annua periodo revolvens, modo accedat, modo recedat a planetis; debent illi modo maiores, modo minores, modo proximiores, modo remotiores videri.

Planetarum stationes, directiones et retrogradationes mira facilitate explicantur. Circa solem *S* in centro positum describatur circulus *HICTO*, quem annuo motu terra percurrit. Sitque *BDREP* circulus alter, quem aliquis planeta superior, puta saturnus, motu proprio peragit. Ponamus item, saturnum planetasque superiores lentiori motu per orbitam suam ferri quam tellus, quod re ipsa contingit; ideoque eodem tempore minores arcus percurret. Si terra ponatur in *T*, et planeta in *P*, saturnus apparebit sub aliquo puncto vel sidere firmamenti in *N*. Si autem terra progreditur in *C*, dum saturnus fertur in *E*, videbitur hic in consequentia processisse, sive ab occasu in ortum ex puncto *N* in *F*. Tuncque apparebit saturnus directus. Interim si feratur terra ex *C* in *I*, dum saturnus progreditur ex *E* in *R*, adhuc saturnus conspicietur

in puncto *F*, a quo proinde nullatenus recessisse videbitur, adeoque stationarius erit. Denique si progrediente terra ex *I* in *H*, saturnus feratur ex *R* in *D*, videbitur hic in puncto firmamenti *G* adeoque ab *F* in antecedentia recessisse videbitur contra signorum ordinem seu ab ortu in occasum. Tuncque apparebit retrogradus.

Ex his intelligitur, frequentiores esse retrogradationes in saturno quam iove; et in iove quam marte. Sive quo planeta remotior a tellure fuerit, tardiorque motu in orbita propria feratur, eo citius redire debent ipsius retrogradationes. Siquidem terra, quae proprio motu retrogradationes illas producit, ubi ab aliquo planeta digressa fuerit, atque integram periodum suam circa solem confecerit, citius planetam illum, qui tardior fuerit, adsequetur, ut ille iterum retrogradus videatur. Quod ut illustrius intelligatur, observare iuvat, dimidiam retrogradationis partem in aliquo planeta tunc peractam esse, quum terra eidem planetae coniuncta fuerit, sive inter planetam illum et solem reperiat. Sic tellus in puncto *J*, saturnus in *R* esse debet. Itaque dum tellus a puncto *I* vel coniunctione digressa integram periodum circa solem peragit, saturnus etiam in orbita propria movetur, atque a puncto *R* versus *D* per aliquot gradus progredietur. Vbi tellus absoluta periodo circa solem ad pun-

ctum *I* pervenerit, iterum saturno ibi coniungi non poterit, sed totidem insuper gradus in orbe proprio debet percurrere, quod a saturno in orbita propria peracti fuerint, ut illi iterum coniungatur, ideoque saturnus dimidiam novae retrogradationis partem peregisse videatur. Itaque quo plures gradus a planeta in orbita peracti fuerint, sive quo celerior sit planeta, eo tardius planetam terra adsequetur, ut illi coniuncta ipsum rursus efficiat retrogradum. Quo vero tardior planeta fuerit, minoremque graduum numerum in orbita propria descriperit, citius illi iterum coniungetur terra, ipsumque citius retrogradum efficiet. Quum igitur planetae, quo superiores fuerint atque a tellure remotiores, eo etiam tardiores sint; frequentiores in illis quam in inferioribus retrogradationes contingunt. Evidens etiam est, superiores planetas retrogrados fieri, quum inter illos et solem tellus excurrit, dum nempe soli opponuntur, sicut vicissim semper directi esse debent, dum inter illos ac terram sol reperitur, dum nempe planetae cum sole coniunguntur.

Eadem omnino explicatio adhiberi facile poterit in inferioribus quoque planetis mercurio et venere, qui quum celerius periodum suam circa solem perficiant, inter solem et terram ipsam aliquando reperiuntur, unde directi, retrogradi et stationarii videbuntur. *Sit or-*

*bita telluris FCT, et orbita veneris GML. Fig. Ponatur terra in puncto D, dum venus 47. existit in N: videbitur venus in puncto firmamenti S. Iam feratur terra ex D in C, dum venus progreditur ex N in M, videbitur haec in puncto firmamenti P, adeoque processisse videbitur in consequentia signorum, seu ab occasu in ortum ex S versus P; ac proinde venus erit directa. Si tellus feratur ex C in B, dum venus tendit ex M in L, videbitur adhuc venus in eodem puncto firmamenti P, adeoque erit stationaria. Interea si terra veniat ex B in T, dum venus vergit ex L in G, ex puncto firmamenti P contra signorum ordinem recessisse videbitur versus H, seu in antecedentia, ideoque erit retrograda. Haec leviter dumtaxat attingisse satis sit. Ceterum ex data telluris et planetarum theoria, geometricis difficile non est puncta stationum definire. Mirum autem est, quam praeclare astronomorum calculis respondeant observationes.*

Ex solo telluris motu facile colliguntur explicata in articulo praecedenti sphaerae elementa. Dimidia telluris pars radiis solaribus exposita semper illuminatur; pars autem altera a sole aversa umbrae immergitur. Verum quidem non est, accurate integrum telluris hemisphaerium a sole illustrari [*prop. I. art. II. cap. I. sect. II.*], sed ob magnam solis a tellure distantiam pars terrae

illuminata ita parum differt ab hemisphaerio, ut sine errore veluti hemisphaerium haberi possit. Itaque circulus, qui dimidiam terrestri superficie partem ab altera dirimit, lucisque et umbrae confinia terminat, atque ideo *lucis et umbrae terminator* dicitur, pro circulo terrae maximo haberi potest. Si locus aliquis superficiaei terrestri in parte illuminata revolvatur, huic loco *dies* est, contra autem *nox* est, si revolvatur in parte obscura. Motus diurnus ab occidente in oriente peragitur, et in loco aliquo dato sol oritur, ubi locus ille lucis et umbrae terminum versus occidentem attingit; contra autem sol occidit, ubi locus ad eundem terminum versus orientem pertingit. Punctum, in quo linea recta telluris et solis centra coniungens superficiaei terrestri occurrit, solem habere dicitur in zenith, qui proinde est polus seu medium hemisphaerii illuminati punctum. Circulus motu annuo telluris descriptus est ecliptica. Quia vero axis terrae ad huius circuli planum obliquus est, aequatorem secat (sub angulo nempe  $23^{\circ} 29'$ ). Duo intersectionum puncta *aequinotialia* appellantur, in quibus sol apparet, dum axis terrae ad rectam centra solis et terrae iungentem perpendicularis est. Puncta *solsititalia* dicuntur, quae a praecedentibus distant  $90^{\circ}$ , et in iis sol apparet, ubi maxime versus polos declinat. Quum autem aequator sit cir-

culus maximus, quem proinde circulus maximus *lucis et umbrae terminator* in duas partes aequales dividit, dies sub aequatore nocti perpetuo aequalis est. Evidens est, sole versus borealem aequatoris partem apparente, polum borealem esse in hemisphaerio illuminato, ac proinde ibi futuram diem ab aequinoctio vernali, usque ad aequinoctium autumnale; contrarium autem accidet polo meridionali. Si locus aliquis ad eam positus sit aequatoris partem, versus quam cadit recta solis et terrae centra coniungens, locus ille maiorem habet paralleli partem in hemisphaerio illuminato, ac proinde huius loci incolis dies sunt noctibus longiores, sed contrarium experiuntur incolae in opposita aequatoris parte, quibus nox est die longior. Sed haec omnia fusius explicabimus in geographia, ubi etiam alia exponemus phaenomena, quae ex axis terrestri *parallelismo* oriuntur. Interim monere satis erit, axem terrestrem, quamvis ab ipsa terra circumducatur, dum haec circa solem convertitur, semper tamen sibi ipsi et axi mundi vel aequatoris manere parallelum. Si telluris axis ad planum eclipticae normalis esset, coincideret aequatoris planum cum plano eclipticae, et circulus *lucis terminator* in eo casu per polos semper transiret, et aequatorem omnesque eius parallelos in partes aequales secaret, ideoque dies noctibus per totum ter-

rarum orbem perpetuo forent aequales: ut ex dictis evidens est. Verum axis terra non est ad eclipticae planum perpendicularis, sed ad illud inclinatur sub angulo  $66^{\circ} \frac{1}{2}$ . Si autem planum aequatoris ad coelum usque protendatur, efficiet in coelo circulum, quem aequatorem coelestem appellabimus. Et hi duo circuli, aequator nimirum et ecliptica, angulum constituent  $23^{\circ} \frac{1}{2}$ . Ita vero in sua orbita progreditur tellus, ut axem suum retineat sibi semper parallelum, hoc est, si ducatur linea quaevis axi in quovis eius situ parallela, axis ille in omnibus aliis orbitae suae punctis eidem lineae parallelus manebit, nec unquam directionem mutabit, sed versus eandem mundi plagam perpetuo dirigitur. Inde autem haec breviter observare licet constantes dierum tempestatumque vicissitudines. Hae enim non aliunde oriuntur, quam ex diverso modo, quo sol diversis temporibus terram respicit. Quum igitur copernicana hypothesis modum illum, quo terra a sole respicitur, perpetuo conservet, ac solum transferat in terram motum, qui in aliis hypothesis soli conceditur ita, ut terra eadem prorsus velocitate, obliquitate et inclinatione circa solem moveatur, illamque respiciat, eodem plane modo, quo circa terram sol movebatur, et illam illuminabat; manifestum est, eadem manente causa eosdem quoque manere effectus sive eadem phaeno-

mena. Verum quamvis parallelismum perpetuo servare debeat axis telluris, minime tamen necessum est, ut tertius quidam motus terram exerceat, ut comminiscuntur aliqui. Et quidem, si terra nullo alio motu praeter *translationis* in orbita sua feratur, evidens est, diametrum quamlibet sibi manere parallelam. Iam telluri circa axem rotatio imprimatur: omnes telluris diametri praeter axem situs suos constanter mutantur. At axis per rotationem illam a statu suo non turbabitur, ac proinde, ut prius, sibi semper manebit parallelus. Hinc manifestum est, necessarium non esse tertium quemdam motum, ut terra axis sui parallelismum conservet. Nihil enim aliud requiritur, nisi ut praedicti duo motus, *translationis* scilicet et *rotationis*, telluri imprimantur. Nam si nullus accedat tertius motus, axis necessario eidem rectae perpetuo parallelus erit, cui antea fuerat. Haec autem omnia tironibus demonstrari debent, subiecto illorum oculis terrestri globo ex cartha vel metallo suis circulis rite distincto. Haec autem non consideravimus lentissimam in axis terrestri *parallelismo* mutationem, quam axis *mutationem* dicunt. Hanc deinde opportuniore loco exponemus.

## ARTICVLVS III.

*De sole et stellis fixis.*

## I.

Solem stellasque fixas, utpote quae sunt corpora eiusdem generis, eodem articulo complectimur. Igneam esse solis substantiam aut igni simillimam, demonstrant similes ignis solisque effectus. Observationes circa solare corpus institutae ostendunt, illius superficiem nequaquam esse aequalem et pacatam, sed veluti mare ignitis fluctibus asperum candentibusque undis crispatum. At praecipue circa solem notandum est, in eius superficie apparere fuligines quasdam seu maculas subnigras, quae figuras habent irregulares et inconstantes. Solares maculas primus omnium telescopio detexit Gallilaeus ann. 1610, et eodem fere tempore illas in Germania deprehendit Christophorus Scheinerus. Solares maculae aliquando plures, aliquando pauciores observantur, interdum nullae. Ita ab ann. 1653 ad 1670 vix una aut altera deprehendi potuit, quum plures tamen ingentesque maculae temporibus aliis fuerint observatae. Quaedam ex illis in solis superficie repente oriuntur ac veluti erumpunt, et lenta periodo circa solem ab ortu in occasum ita moveri videntur, ut post aliquod temporis spa-

tium, nempe dierum 27, ad eandem iterum solis partem vel limbum redire observentur. Itaque quum maculae plurimae duas aut tres periodos perfecerint, et quidem singulas 27 dierum intervallo; ex macularum solarium observatione omnino constat, solem circa proprium axem revolvi, atque hac rotatione fit, ut maculae a margine solit orientali medium versus progredi videantur, deinde ulterius provectae in opposita margine, scilicet occidentali, videantur occidere. Ex macularum solarium motu demonstratum omnino est, axem, circa quem vertitur sol, non esse ad orbitae telluris planum perpendicularem. Si nempe per centrum solis tractus intelligatur axis orbitae terrestris, angulum circiter  $7^{\circ}$  efficiet idem axis cum rotationis solaris axe. Itaque aequator solis, hoc est, circulus, qui aequaliter distat a duabus axis extremitatibus vel duobus polis efficiet cum orbitae terrestris plano angulum  $7^{\circ}$ . Si autem communis planorum illorum intersectio ad orbitae terrestris circumferentiam hinc et inde producta fingatur, dum tellus ad alterutrum ex illis punctis e diametro oppositis perveniet, macularum semita apparens in hoc casu erit linea recta, ut patet, quum oculus sit in ipso plano motus. Sed in qualibet alia telluris positione aequator solaris supra oculum attollitur, aut infra illum deprimitur. Vestigia macularum erunt ellipsium quae-

dam species; quod quidem non solum demonstratione geometrica sed etiam observationibus astronomicis compertum est. Ceterum quamvis tota macularum periodus spatium 27 dierum absolvatur, non tamen hoc ipso tempore perficitur solis circa axem rotatio, quae calculo astronomico definitur dierum  $25\frac{1}{2}$ . Et quidem macularum solarium motus apparens componitur ex motu vero ipsius solis circa axem et ex motu axis solis circa axem eclipticae, qui quidem duo axes anni unius intervallo eadem servant mutuam inclinationem  $7^\circ$  circiter. Quare ad definiendam rotationem solis circa axem huius quoque posterioris motus ratio habenda est. Verum haec pauca monuisse satis sit. Neque enim universam data opera tractamus astronomiam, sed ea tantum seligimus, quae ad physicam proprio iure pertinent, et harum institutionum facilitati atque brevitati sunt acomodata.

In iis, quae de solis rotatione diximus, ponitur; maculas corpori solari adhaerere, quod quidem negarunt nonnulli, qui existimarunt, solares maculas ab ipso sole aliquantulum distare, illasque circa solem revolvi ad modum satellitum iovis. Sed facile refellitur haec opinio. Omni enim caret verisimilitudine, maculas illas, quae sine ulla constanti lege nascuntur et dissolvuntur, tam regulari motu revolvi, nisi ab ipso sole cer-

ta periodo abripiantur. Ceterum, quae de macularum illarum natura et de ipsa solis substantia a physicis dici solent, incerta omnino sunt, neque iis diutius immorandum putamus.

II. Antequam de stellis fixis quidquam statuamus, immensam esse illarum a terra distantiam pro certo haberi debet. Etenim nullam in stellis fixis parallaxim demonstrare hactenus potuerunt subtilissimae etiam observationes. Eodem plane modo apparent in remotissimis etiam et e diametro oppositis orbitae terrestris seu *orbis magni* punctis. Ac proinde orbis magni diameter nullam cum fixarum distantia habet proportionem, quae observari possit, et instar puncti se habet. Quum autem diameter illa duplae distantiae solis a terra aequalis sit, hinc immanem stellarum a terra distantiam iudicare licet. Et re quidem ipsa stellarum magnitudo diversis anni temporibus eadem apparet, atque etiam invariabilis omnino observatur mutua stellarum distantia; quamvis terra ad stellas aliquas sex mensium spatium per totam orbitae suae diametrum accedat, ac proinde etiam per eandem distantiam sequentibus aliis sex mensibus ab iis recedat. Quum ergo in apparenti stellarum situ nullam variationem deprehendere possimus; id manifesto est indicio, illas ad ingentem a tellure distantiam positas esse, et rem perinde se habere, ac

si terra locum non mutaret. Quamvis autem systema copernicanum velut hypothesim tantum proponamus, heic tamen obiter observandum est, nullius roboris esse argumentum, quod ex parallaxeos defectu et ex constanti stellarum distantia apparente adversus systema illud obiiciunt aliqui. Ex dictis enim evidens est, nihil aliud inde concludi posse nisi maximam stellarum distantiam, quae quidem in dubium vocari non potest, etiamsi ignota omnino sit. Rem facili exemplo illustrabimus. Si turres duas conspiciamus in exigua a se invicem distantia, sed plusquam decem mille passuum intervallo ab oculis remotas; turrium illarum mutuam distantiam et apparentem magnitudinem haud mutatas observavimus, si unico passu accedamus: multo propius nos accedere necessum est, ut mutatio aliqua percipi possit. Igitur quamvis terra ad stellas nonnullas accedat, et ab his recedat, tantilla tamen est differentia, si cum stellarum distantia comparetur, ut omnino evanescat, non secus ac in exemplo proposito.

III. Diversae observantur stellarum magnitudines, quae quidem varietas saltem ex parte tribui potest ipsi distantiarum differentiae, non autem alicui in ipsa reali magnitudine diversitati. Sed quidquid sit, recepta est apud astronomos stellarum in septem magnitudinis classes distributio. Illas nempe, quae

luce praecellunt, stellas vocant *primae magnitudinis*, deinde *secundae*, quae paullo minori splendore fulgent, et ita deinceps ad septimum usque ordinem. Licet vero antiquum et vulgatum sit, septem tantum esse fixarum classes et magnitudines, non tamen existimandum est, unamquamque stellam ad classem aliquam ita accurate referri posse, ut eundem omnino splendorem demonstrent stellae, quae ad eundem ordinem pertinent. Immo tot constituendi sunt magnitudinum ordines, quot fere sunt stellae, et raro admodum duae cernuntur fixae eiusdem lucis. Atque hinc factum est, ut stellas quasdam veluti primae magnitudinis habeant nonnulli astronomi, quas inter stellas secundae magnitudinis recensent alii. Verum stellas non tantum magnitudine sua designant astronomi, sed eas quoque per situm mutuamque positionem in ordinem referunt; et in *asterismos* seu *constellationes* distribuunt. Itaque *constellationem* vocant plurium stellarum certo ordine dispositarum systema. In his autem constellationibus animantium formas alicuius rerum imagines finxerunt veteres astronomi, quas recentioribus retinere placuit. Quod spectat ad apparentem stellarum diametrum, omnem fugit oculorum aciem, quidquid dicant astronomi nonnulli. Etenim fingamus, diametrum apparentem *sirii* esse 18'', qualem sibi apparuisse adfirmant aliqui. Si rectae

duae ex duabus diametri extremitatibus ad oculum protensae inermi oculo appareant sub angulo  $18''$ ; adhibito telescopio, quod ducentis vicibus obiectum amplificaret, eadem stella sub angulo  $3600''$ , hoc est, unius gradus sese conspicuam praerberet. Quare sirius telescopio observatus diametrum solari vel lunari diametro duplo maiorem exhiberet. At certum est, sirium eximio etiam telescopio observatum ipso marte haud maiorem apparere. Est autem diameter martis in minima a tellure distantia circiter  $30''$ . Quare quum telescopium apparentem sirii diametrum ducenties augeat, quae tamen diameter est  $30''$ ; hinc patet, oculo inermi diametrum hanc esse dumtaxat triginta secundorum partem ducentissimam, hoc est, circiter  $9'''$ , quae quidem diameter nulla oculorum acie percipi potest. Itaque quod stellas fixas ad enormem distantiam praeclare videamus, idtribuendum est adsciticiis stellarum radiis, quibus telescopiorum ope exuuntur. Id autem vulgaris lucis exemplo illustrabimus. Experientia notum est, candelam accensam in distantia sex miliarium sub angulo satis magno noctu pulchre lucere. At si interdum aliud quodlibet obiectum eiusdem magnitudinis ad eandem distantiam contemplerur, oculis sese omnino subducet. Huius quidem phaenomeni ratio est, quod corpora lucida radios undequaque emittant longe vividiores, quam faciant cor-

pora non lucida, ex quibus emanant languidiores radii et reflexione debilitati. Itaque lux vividior retinae fibras vi longe maiori percellit, atque inde fit, ut lucida corpora iusto maiora errore optico iudicemus.

IV. Ingentem et fere immensam stellarum multitudinem admirabitur, qui telescopio coelum voluerit contemplari. In catalogo Flamsteedii longe amplissimo numerantur, suoque loco accurate notantur stellae ter mille. Sed minima omnino et fere nulla pars est infiniti propemodum stellarum numeri, quibus exornatur coelestis fornix maiestas, admirandum plane divinumque spectaculum. Mutationes aliquas in stellis observarunt astronomi. Perierunt stellae plures a veteribus notatae, novae renascuntur, ipsae etiam aliquando periturae. Stellae quaedam extinguuntur, et post certam periodum rursus resplendent. Inter stellas illas maxime celebris est, quae in *collo ceti* videtur. Haec octo vel novem anni mensibus evanescit: reliquis quattuor vel tribus mensibus varia magnitudine se videndam praebet. Neque singulis annis eandem obtinet magnitudinem: interdum secundi ordinis fixas superat: aliquando in tertio ordine vix consistere videtur, nec eodem semper temporis spatio sui copiam facit. Nam saepe non ultra tres menses: saepe etiam per quattuor integros et amplius conspicitur. Neque aequis temporum interval-



lis incrementa sumit. Praeterea ex astronomorum observationibus constat, saepe novas aliquas prius latentes emicuisse stellas; quae per aliquod tempus insignes et maxime conspicuae apparere, sed deinde paulatim decrecentes tandem evanescere quasi extinctae. Ex his stellarum mutationibus factum est, ut suspicari sint aliqui, in stellarum illarum superficie generari crassiores maculas, quae primum aliqua ex parte, deinde totam stellam tegunt, et tandem dissipantur. Verum haec opinio omni caret verisimilitudine. Creditu enim difficile est, maculas illas constanti periodo nasci atque dissipari. Praeterea suis quoque maculis obnoxiae essent stellae omnes aliae. Igitur longe probabilius coniectatur clar. D. de Maupertuis in *opuse. de fig. astr.* valde protuberantia in aequatore, multumque compressa in polis esse aquarum stellarum corpora. Hinc fit, ut dum stellae circa axem convertuntur, pro maiori vel minori respectu terrae inclinatione maiorem vel minorem ostendant disci sui partem. Hinc pro varia rotationis periodo certa lege mutationes varias subire videbitur illarum stellarum lux; immo extinguï omnino, deinde ad pristinum splendore per gradus reditura. Verum hae sunt probabiles quidem sed merae tamen coniecturae.

Quamvis de stellarum natura ob immensam illarum distantiam iudicium ferre vix liceat; certum tamen est, stellas esse totidem

soles, qui proprio fulgent lumine. Etenim stellae a nobis longe remotiores sunt quam saturnus: ipso saturno licet minores appareant, longe tamen splendidius refulgent. Stellae igitur ex sole, quemadmodum faciunt planetae, lucem suam mutari non possunt. Verum nullus alius praeter solem cognitus est fons, ex quo lumen suum haurire possint. Propria igitur splendent luce, ac proinde veluti soles haberi debent. Quae quum ita sint, vix credibile est, Deum tot soles in remotissimis locis solitarie locasse, nullaque proximiora iis adiunxisse corpora, quae horum luce et calore foveantur. Quum enim Deus sapientissimus nihil frustra creaverit, probabilissimum est, solem unumquemque suo quoque planetarum agmine adornari, qui circa hos soles diversis periodis ad diversas distantias lunis quoque suis stipati revolvuntur.

### DE AEQVINOCTIORVM

#### PRAECESSIONE.

Duplicem esse stellarum motum, iam antea generatim observavimus, unum nempe diurnum, quo fixae ab ortu in occasum singulis 24 horis moveri videntur in circulis aequatori parallelis; alter autem est motus, quo circa polos eclipticae secundum ordinem signorum ferri videntur lentissime ita, ut 71

vel 72 annorum spatio unicum circuli sui gradum describant, hoc est,  $51''$  singulis annis. Hunc duplicem motum apparentem esse dumtaxat, tuentur copernicani. Primam motus speciem iam satis explicavimus. Motum alterum nunc exponemus. Si veteres observationes cum recentioribus comparentur, eandem stellarum latitudinem sive distantiam ad eclipticam nullatenus mutata deprehendimus; seclusa tamen exigua variatione, quae ex axis terrestris mutatione minima oritur. At longitudinem suam stellae mutare deprehenduntur. Ita longitudo stellae, quae *cor leonis* appellatur, Ptolemaei temporibus ann. 138 erat  $2^{\circ} 3''$ . Flamsteedius ann. 1690 eiusdem stellae longitudinem invenit  $25^{\circ} 31' 26''$ . Collatis autem intermediis observationibus plurimis annum longitudinis incrementum colligitur  $5''$ . Itaque ponamus, stellam aliquam dato aliquo tempore in eclipticae et aequatoris intersectione locatam esse, post 100 annos stella ista versus orientem promoveretur longitudine  $1^{\circ} 23'$  circiter. Haec stella adhuc quidem manebit in ecliptica sed extra aequatorem. Igitur stella quum versus orientem progrediatur, eclipticae et aequatoris intersectionem praecedat, quae proinde intersectio versus occidentem respectu stellae constituitur. Quare sol ad eclipticae et aequatoris intersectionem pertingit, ideoque aequinoctium celebrat, antequam perveniat ad

stellam, in qua aequinoctium centum ante Fig. annos contigerat. Haec anticipatio vocari solet *praecessio aequinoctiorum*. Evidens autem est, hanc praecessionem in punctis solstitialibus locum etiam habere.

In hypothesi copernicana motus ille est dumtaxat *apparens*. Rem totam ita explicant. Intelligamus, axem diurni motus telluris *CpP* esse semper inclinatum sub angulo  $66^{\circ} \frac{1}{2}$  ad planum eclipticae *DHBA*, quae est telluris orbita circa solem, vel quod idem est, ponamus, axem aequatoris terrestris *CpP* efficere angulum  $23^{\circ} \frac{1}{2}$  cum axe eclipticae *CFE*. Iam si axes illi ad stellas usque producti intelligantur, axis unus inter stellas designabit punctum *E*, quod erit polus eclipticae terrestris, alter autem axis designabit punctum *P*  $23^{\circ} \frac{1}{2}$  remotum, quod erit polus nostri aequatoris. Hi duo poli necessario determinant suos circulos, a quibus distant  $90^{\circ}$ , ac proinde notae sunt stellae, per quas transeunt telluris ecliptica et aequator, ideoque notae sunt etiam aliarum fixarum ab iisdem circulis distantiae. Haec quidem omnia manent omnino immutata, si terrestris aequatoris axis sibi semper maneat parallelus. Neque enim orbis annui magnitudo obstare potest, quominus axis ille iisdem coeli punctis per totum annum respondeat, et iisdem immineat polis, quum orbis annuus veluti punctum respectu immensae stellarum distantiae considerari de-

beat. At ponamus, axem illum terrestrem *CpP* esse mobilem respectu axis eclipticae immoti *CfE*, circa quem dato tempore revolvatur, eundem tamen cum ipso angulum servans, tunc axis ille mobilis *CpP* varios terrae polos in coelo successive designabit *PQFG*, ac proinde aequator terrestris in coelo perpetuo mutabitur, *quum a polis suis distare debeat 90°*, immutata tamen manente telluris ecliptica, cuius axis est immobilis, ac proinde ecliptica *DA* per easdem fixas perpetuo transibit, constante manente illius angulo cum aequatore, adeoque nulla erit in stellarum positione variatio respectu eclipticae, sed tantum respectu aequatoris; quod idem omnino est, ac si fixae circa aequatoris polos re vera moverentur in circulo *PQFGK*. Huc ergo tota redit copernicana explicatio, ut nempe terrestris aequatoris axis circa axem eclipticae circulari motu deferatur, eodem manente angulo. *Itaque circulus maximus sphaerae per utrumque polum eclipticae et aequatoris pertransiens \* mutabitur, punctumque intersectionis illius cum ecliptica ex A progredietur in B. Quum autem punctum intersectionis aequatoris cum ecliptica ab illo distet 90°, pariter illud punctum antecedit in ecliptica.* Re quidem vera axis

\* *Hic circulus maximus transit etiam per puncta solstitialia, ipsaque determinat.*

aequatoris hoc modo moveri non potest, nisi suum parallelismum turbet aliquantulum, quod contrarium videtur iis, quae de axis terrestris parallelismo iam antea constituimus. Verum de praecessione aequinoctiorum et de axis terrestris mutatione opportunior dicendi locus recurret in astronomia physica. Haec pauca generatim attigisse nunc satis sit. Ceterum quum immobiles sint stellae fixae, earumque positio et motus ordo astronomicis observationibus innotescant; hinc patet stellarum usus in astronomia. Nempe ad loca stellarum veluti ad puncta fixa et *comparationis terminos* referendi sunt coelestium corporum motus. Etenim motuum mensuram ex eodem loco habere non possumus, nisi ope angulorum, quos spatia percursa in oculo spectatoris efficiunt. Quare ad hunc usum adhiberi debent stellae tanquam puncta lucida in sphaerae concavitate locata, cuius sphaerae radius est indefinitus, centrum autem est oculus spectatoris.

## ARTICVLVS IV.

*De stellis erraticis, sive de planetis et cometis.*

## I.

Copernicanam hypothesim explicantes iam  
Tom. V. Y

diximus, in nostri systematis centro positum esse solem, circa quem trium mensium spatium mercurius revoluitur. Verum an circa propriam axem revoluitur, astronomicis observationibus compertum non est. Huius planetae diameter est  $\frac{1}{300}$  diametri solis. Illius a sole distantia maxima est 5137 diametrorum terrestrium, minima autem 3377. Alii deinde planetae hoc ordine sequuntur. Venus diametrum habet  $\frac{1}{100}$  diametri solis. Circa axem revoluitur horarum spatio circiter 24, et circa solem intervallo mensium septem, dierum 15. Maxima illius a sole distantia est 8008 diametrorum terrestrium, minima autem 7898. Telluris a sole distantia maxima est diametrorum 11187, minima autem 10813. Circa propriam axem revoluitur spatium 24 horarum, et praeterea axis ille motu conico defertur, illiusque reuolutio absoluitur annis 25000. Mars circa se ipsum rotatur intervallo 25 horarum, et circa solem duorum annorum spatium periodum suam absoluit. Maxima illius a sole distantia est 18315 diametrorum terrestrium; minima autem 15213. Illius diameter est  $\frac{1}{170}$  diametri solaris. Iupiter horarum 10 intervallo circa suam axem convertitur, 12 autem annorum spatium circa solem. Eius diameter est  $\frac{26}{100}$  diametri solaris, illiusque maxima a sole distantia est diametrorum terrestrium 59950, minima autem 54450. Saturnus circa solem 30

annorum spatium revoluitur; an vero circa axem convertatur, astronomicis observationibus definitum non est. Maxima illius a sole distantia est diametrorum terrestrium 110935, minima autem 98901. Praeter illos sex planetas, qui *primarii appellantur*, alii quoque observantur minores planetae, qui *secundarii* seu *satellites* dicuntur. Hi revoluntur circa solem et circa planetas primarios. Ita luna est satelles terrae. Iupiter habet quatuor satellites, et saturnus quinque. Sed de planetis secundariis sermo erit in articulo sequenti. Aliud est planetarum genus, qui *cometae* vocantur. Hi autem in orbitis valde excentricis multumque elongatis suas periodos circa solem absolvunt. Atque hinc fit, ut in exigua dumtaxat cursu sui parte sese conspiciendos praebeant. Mirari ergo non debemus, quod de cometarum periodis nihil reliquerint veteres astronomi. Sic tamen vaticinatus est Seneca: *veniet tempus, quo ipsa, quae nunc latent, dies extrahet et longioris aevi diligentia*. Astronomicum illud vaticinium implevit Newtonus, qui planetarum legibus ipsos quoque cometas subici demonstravit. Doctrinam newtonianam perfecit et incredibili diligentia nuperrime tractavit vir non satis laudandus Clairautius in eximio opusculo, *de cometarum theoria*.

II. His de planetarum ordine generatim praemissis, iam qua ratione planetarum co-

metarumque phaenomena innotuerint, paulo fusius explicandum est. Quod ad planetas spectat, mercurius ac venus dicuntur planetae inferiores eo, quod uterque infra tellurem circa solem revolvatur, et contraria ratione mars, iupiter et saturnus dicuntur planetae superiores eo, quod supra terram suas periodos absolvant. Mercurius et venus diversis phasibus, non secus ac luna, sunt obnoxii. Pleno orbe modo fulgere videntur, modo autem falcati apparent: per ipsum solem transire aliquando observantur, et in illius disco maculam nigram atque rotundam pingunt, donec ex ipso solis disco emergant. Inde autem evidens est, mercurium et venerem esse corpora opaca, et reflexo solis lumine dumtaxat fulgere. Etenim si propria splenderent luce, iam in diversis cum sole adspectibus suum retinerent splendorem, nec discum solare macula nigra inficerent. Suas quoque phases mars patitur, totus rotundus aliquando observatur, aliquando autem tantisper falcatus. Quare martem opacum esse, eadem ratione concluditur. Quod ad iovem et saturnum attinet, nullas in iis phasesprehendere licet ob maximam illorum a sole distantiam, qua fit, ut eodem fere modo e terra videantur, quo viderentur e sole. Verum quum planetae illi umbram proiciant soli oppositam, qua fit, ut satellites huic umbrae immersi per vices oculis evanescent,

et in conspectum redeant: atque etiam quum ipsi satellites inter planetas primarios et solem constituti, umbram facile conspicuam in suos planetas emittant; certum omnino est, tum planetas tum satellites esse corpora opaca.

III. Quum planetae sint corpora opaca, mirandum non est, eos maculis foedari, quandoquidem splendidissimum corpus solare suis quoque non caret naevis. Iupiter, mars et venus, si telescopio spectentur, suas nobis manifestant maculas, ex quarum motu constat, planetas illos circa axes rotari, simili prorsus argumento, quo solare vertiginem demonstravimus. Mercurius in solis vicinia perpetuo commorans, solaribus radiis ita absorvetur atque immergitur, ut nullas in eo maculas dignoscere liceat, et contraria ratione nullas maculas ostendit saturnus ob maximam planetae huius a sole distantiam lucemque debiliorem. Probabile tamen est, et ex analogia naturae colligitur, mercurium quoque et saturnum circa axes suos revolvi. In iove praeter maculas, plures observantur fasciae sibi invicem parallelae, quae eandem non servant constantem magnitudinem nec easdem distantias: modo crescunt, modo decrescunt: aliquando a se invicem longius recedunt: aliquando accedunt proprius: et plures una cum maculis mutationes patiuntur.

Saturni figura singularis omnino est. Hunc ex-

ornat annulus lucidus formae ellipticae  $ABDC$ , cuius axis maior  $CB$  constans est, et diametri saturni plusquam duplus; axis autem minor  $DA$  alternis vicibus certaque periodo dilatatur et contrahitur. Hinc fit, ut annulus ille diversas induat formas, atque aliquando etiam omnino evanescat. Ex diversis annuli saturni phaenomenis facile intelligitur, annulum hunc esse veluti discum tenuissimum, qui pro diversa positione secundum opticae leges diversas debet figuras referre. Talis esse posset huius annuli positio, ut saturnum coronae instar cingeret, atque constanti manente hac positione, integra corona semperque lucida fulgeret, non secus ac lucidum perpetuo apparet saturni hemisphaerium telluri obversum. In hoc casu recta ex oculo sive ex telluris centro ad centrum saturni ducta, quae *visualis radius* appellari potest, ad planum annuli perpendicularis foret, vel parum inclinata. At saturni annulus longe aliam positionem habet. Illius planum ad *visualem radium* valde inclinatur ita, ut magna pars annuli pone saturni globum semper lateat, altera autem versus apparentem saturni discum promineat. Itaque annuli partes illae dumtaxat sunt conspicuae  $DCA$ ,  $DBA$ , quae extra ipsum saturni globum erumpunt, duae scilicet oppositae, similes et aequales annuli portiones, quae ob figuram *ansulae* solent appellari. Suis *ansulis* aliquando spoliatus observatur saturnus, to-

tusque rotundus apparet. Ita nempe respectu solis positus esse potest annulus, ut illius planum productum transeat per centrum solis. In hoc casu tenuior annuli pars radiis solaribus illustratur. Quia vero tanta non est annuli crassities, ut oculos nostros possit adficere, annulus oculis sese subducit. In hac positione dimidio solis disco illustratur unaquaeque opposita annuli superficies, et praeterea solares radii in superficies illas valde oblique incidunt, ac proinde etiam ad oculos nostros oblique reflectuntur. Quare quum reflexio lucis sit valde obliqua et in tanta distantia debilior, conspicuae esse non possunt *ansulae*. Si annulus productus non transeat per centrum solis, parum tamen distet a centro, res perinde se habebit, donec tandem annulus ad eam perveniat positionem, in qua radios sub angulo satis magno excipere possit. Atque in hoc casu una dumtaxat annuli superficies illuminabitur, altera manente in umbra. Si annuli superficies illuminata oculo nostro obvertatur, iam conspicuae fient *ansulae*. At si pars obscura ad nos convertatur, *ansulae* evanescent, et saturnus apparebit rotundus. Quare patet, in definiendis annuli saturni phasibus habendam esse rationem positionis annuli respectu solis et respectu oculi. Si planum annuli transeat per oculum, iam angustior annuli pars versus oculum dirigitur, ac proinde annulus evanescit. Mutata au-

tem annuli positione respectu oculi, supra alterutrum superficiem planum attollitur oculus. Si attollatur supra illuminatae superficiem partem, ansulae apparent, dummodo tamen radios sub nimia obliquitate oculus non excipiat; si vero attollatur oculus supra obscuratam superficiem, ansulae iterum evanescent. Haec satis sint de annulo saturni, quae ita feliciter inventa sunt, ut pro varia solis, telluris et saturni positione, varias annuli saturni phases certo praedicere liceat.

IV. Planetarum a terra distantias cum recentioribus astronomicis iam constituimus. Qua methodo autem definiiri possint distantiae illae, explicavimus articulo primo, ubi de siderum parallaxi. Tota parallaxium doctrina pendet ex conditionibus quinque, scilicet ex distantia oculi a planeta, ex distantia planetae a centro terrae, ex telluris semidiametro, ex altitudine sideris vera aut apparente, tandem ex angulo parallaxeos. Datis autem tribus conditionibus ex his quinque, aliae duae facile inveniuntur, ut patet ex elementis geom.; quum in triangulo parallactico tria data sint, ex quibus alia duo colliguntur.

*Prob. I. METHODVM EXPONERE, QVA INVESTIGARI POSSINT PLANETARVM A SOLE DISTANTIAE.*

Sit  $S$  sol,  $T$  terra, sitque  $AVB$  orbita  $\zeta$  veneris, quam veluti circulaem consideramus, et ducatur tangens  $TV$ . Angulus  $STV$  erit elongatio maxima veneris a sole. Patet enim, in hoc casu omnium maximum esse angulum rectis e terra ad solem et ad venerem ductis comprehensum, quem angulum *elongationem* veneris appellant. Iam in triangulo rectangulo  $SVT$  erit  $ST$  distantia solis a terra ad  $SV$  distantiam veneris a sole, ut radius ad sinum anguli  $STV$  elongationis a sole, quae observatione nota est. Haec methodus valet tantum in planetis inferioribus. At in planetis superioribus alia ineunda est via. Si planetae superiores habeant satellites, quales sunt iupiter et saturnus, distantia obrinetur hoc modo. Sit  $I$  locus iouis, ducatur  $SI$  centra iouis et solis coniungens, producatque in  $M$  erit  $IM$  axis umbrae iouis, cuius positio per satellitum eclipses determinatur, ac proinde habetur locus *heliocentricus* iouis seu e sole visus. Agatur  $TI$  centra iouis et terrae coniungens, eaque producat in  $N$ , erit  $N$  locus iouis e terra visus, seu locus *geocentricus*. Angulus  $NIM$  vel  $TIS$  est differentia

locorum heliocentri et geometrici. Observatione autem notus est angulus *ITS*, elongatio iouis a sole. Ac proinde in triangulo *TIS* dati sunt anguli omnes, ideoque data est ratio laterum. Quare dabitur ratio distantiae iouis a sole *SI* ad distantiam *ST* telluris a sole. Porro sub angulo *TIS* videretur e iove semidiameter *ST* orbitae terrestri, sive quod idem est, angulus *TIS* est elongatio terrae e sole, qualis videretur spectatori in iove.

In planeta quolibet superiore adhibetur parallaxis annua ad determinandam planetae distantiam a sole. Sit *I* planeta quilibet superior, sitque *A* locus terrae inter solem et planetam. Ducatur tangens *IT* ad telluris orbitam, planeta *I* ad eundem locum referetur ex sole *S* et ex tellure in *A* visus. At si tellus sit in *T*, et ibi quiescat, e terra videbitur planeta secundum directionem *TI*, ac proinde motu retrogrado percurreret arcum, qui est mensura anguli *TIS*, quem nempe orbitae terrestri semidiameter *ST* subtendit in *I*. Quare angulo illo per observationem dato, erit illius sinus ad radium, ut *ST* ad *SI*, sive ut distantia terrae a sole ad distantiam planetae a sole. Verum habenda est ratio motus proprii planetae, qui quidem motus observatione notus est. Ceterum ex demonstratis evidens est, hanc methodum in planetis inferioribus non valere, quum tel-

luris orbita planetarum inferiorum orbem contineat. Porro ob maximam planetarum superiorum a terra distantiam manifestum est, satis non esse illam adhibere parallaxim, quae ex telluris semidiametro pendet, et quae vocatur *parallaxis diurna*. Basis enim in tanta distantia nimis exigua foret, atque necessarium omnino est confugere ad *parallaxim annuam*, quae nempe pendet ex terrestri orbitae semidiametro. Scilicet in parallaxi diurna considerantur stationes duae vel spectatores duo, unus in telluris superficie, alter autem in centro. At in parallaxi annua substituantur duo spectatores, unus in tellure, alter autem in sole, atque in hoc casu habetur basis satis magna, ad quam referri possunt aliae quaelibet in systemate solari distantiae. Ceterum quae hactenus diximus, valent dumtaxat in orbitarum circularium hypothesi. Sed veras planetarum orbitas deinde considerabimus.

V. Demonstrationes praecedentes pendunt ex distantia solis a terra. Hanc autem distantiam variis methodis quaesiverunt astronomi. Parallaxium ope inveniri posse distantiam sideris cuiusvis a terra, iam demonstravimus capite primo. Superest ergo, ut paucis explicemus, qua ratione investigari possit parallaxis.

*Probl. II. SIDERIS PARALLAXIM INVESTIGARE.*



Si data sint sideris alicuius latitudo et longitudo, observetur transitus sideris huius per meridianum, eiusdemque sideris altitudo supra horizontem. Praeterea inveniatur declinatio sideris, quae si fuerit meridionalis, auferatur ex altitudine aequatoris; addatur autem, si fuerit borealis. Differentia vel summa erit altitudo sideris vera, quae corrigatur secundum accuratas refractionum tabulas, altitudo correctae subtrahatur ab altitudine vera, residuum erit parallaxis altitudinis quaesita, ex qua tandem invenitur distantia sideris a terra. Quum autem nimia sit distantia solis a terra, illius parallaxis per observationes immediate satis tuto haberi non potest. Hinc factum est, ut parallaxet maris et veneris diligenter investigaverit astronomi, quae si darentur, solis quoque parallaxis et distantia non laterent. Nam ex theoria telluris et planetarum datur pro quolibet temporis momento ratio distantiarum solis et planetae a terra. Sunt autem parallaxes horizontales in earundem distantiarum ratione reciproca. Quare si detur parallaxis planetae cuiusvis, dabitur quoque parallaxis solis. Porro mars soli oppositus, ubi nempe terra inter martem et solem constituitur, telluri plusquam duplo propior est quam sol. Ac proinde eius parallaxis plusquam duplo maior erit. At venus dum est in coniunctione inferiore cum sole, ubi nempe venus inter solem et terram

versatur, telluri fere quadruplo vicinior est quam sol, eiusque proinde parallaxis in eadem ratione maior erit. Quare licet exigua solis parallaxis vix observari possit, veneris tamen et martis duplo vel quadruplo maiores parallaxes sese facile conspicuas praebent. Itaque mars et venus sunt astra omnium appressissima ad definiendam parallaxim, ex qua solis et planetarum omnium parallaxes crueri licebit. Interim ex accuratissimis observationibus martis ad *promontorium bonae spei* habitis parallaxim solis determinavit D. de la Caille secundorum  $12 \frac{1}{2}$ . Sed hoc ipso anno 1761, quo haec scribimus, die 6 iunii expectatur transitus veneris sub sole, ex quo multo certius atque accuratius elici poterit parallaxis solis\*. Verum huius transitus theoriam explicare non est huius loci.

VI. Si omnes stellae, quae in planetae alicuius semita occurrunt, conferantur inter se, ternario vel quaternario numero sumptae, hae in linea recta apparent; quod unusquis-

\* *Occasionem, quam ex Halleyi praedictione eventuram ann. 1761 recenset Iacquierius, astronomorum votis posterioribus annis respondisse videtur. Unde ipsemet Auctor postmodum opus suum edens ann. 1777 observationem hanc re ipsa peractam fuisse refert ann. 1769, consignatamque, ait, solis parallaxim inter 8<sup>u</sup> et 9<sup>u</sup> circiter.*

que observare facile poterit, tenso filo et oculis admoto. Hinc concludet, planetae orbitam iacere in plano circuli maximi sphaerae. Nam singula maximorum circulorum plana sese intersecant in centro; at filum tensum simul cum oculo circuli maximi positionem determinat; igitur stellae secundum fili directionem observatae, sunt in plano circuli maximi, ac proinde et in plano circuli maximi iacent planetae. Eadem ratione, facta scilicet stellarum comparatione, observabit, orbitarum plana ad se invicem parum esse inclinata, eaque duodecim zodiaci constellationibus contineri ita, ut planetarum orbitae per zodiaci constellationes excurrant, ac proinde orbitae illae modo sese intersecant, modo autem a se invicem discedunt; suisque vestigiis formant zonam illam, quae *zodiacus* appellatur. At ultra spatium octo circiter graduum hinc et inde non recedunt. Quare si concipiatur circularis fascia sexdecim circiter gradus lata, cuius medium tenet ecliptica, haec designabit in coelo spatium, in quo planetae motus suos peragunt. Itaque quum planetarum orbitae in diversis iaceant planis per centrum solis transeuntibus, uniuscuiusque plani intersectio cum plano eclipticae transit etiam per centrum solis. Ac proinde puncta duo, in quibus unaquaeque orbita eclipticae occurrit, sunt e diametro opposita, et  $180^\circ$  distant e sole

visa. Igitur in singulis revolutionibus planeta quilibet e sole visus dimidiam orbitae suae partem supra planum eclipticae, alteram vero infra describit. Quia vero ecliptica est circulus sphaerae maximus, cuius planum proinde sphaeram dividit in duo hemisphaeria aequalia, unum boreale, alterum australe; hinc patet, unumquemque planetam habere latitudinem borealem, dum borealem orbitae suae partem describit, alteram vero australem, dum australem partem percurret. Puncta duo, in quibus planetae orbita secat planum eclipticae, dicuntur planetae *nodi*. Nodus quidem *adscendens* vocatur punctum ubi planeta transit e latitudine australi ad borealem; et contra punctum, ubi transit e latitudine boreali ad australem, nodus *descendens* appellatur. Recta autem coniungens duo opposita intersectionum puncta, *linea nodorum* dicitur.

VII. Quod ad cometas spectat, per omnes coeli plagas secundum quamlibet directionem vagantur nullo terminati zodiaco, illorumque motus a planetarum motibus longe differunt. Hac tamen non obstante motuum diversitate, certissimum est, cometas inter meteora corporaque sublunaria reiciendos non esse, quae fuit peripateticorum opinio. Sed eos certis legibus circa solem planetarum instar revolvi, in sequenti conclusione demonstravimus. Atque hinc etiam si-

mul refellitur eorum error, qui cometas ex planetarum vel solis exhalationibus oriri comminiscuntur.

## CONCLUSIO.

COMETAE NON SVNT CORPORA SVBLVNARIA AVT METEORA, SED CIRCA SOLEM CERTA PERIODO REVOLVNTVR.

Prob. Cometas aëre et luna longe superiores esse, demonstrat nulla illorum parallaxis diurna, aut saltem valde exigua. Cometae ex diversis locis observati eandem a stella aliqua vicina distantiam servare deprehenduntur. Exemplo sit cometa, quem Tycho Brahe Vranoburgi, et Hagecius Pragae in Bohemia eodem temporis puncto observarunt, quae duo loca sub eodem meridiano distant milliaribus circiter 450. Uterque eandem observabit cometae distantiam a stella, quae *vulturis lucida* appellatur. Hinc concludebant, cometam illum carere parallaxi diurna sensibili; quae quum observetur in luna, et quidem satis magna; hinc patet, cometam fuisse luna longe sublimiorem. At quemadmodum parallaxeos diurnae defectus cometas supra regiones lunares longe evexit, sic ex parallaxi orbis annui evincitur, cometas in planetarum regiones descendere. Ete-

nim cometae, qui progrediuntur secundum ordinem signorum, sub exitu apparitionis sunt omnes aut solito tardiores aut retrogradi, si terra sit inter ipsos et solem; aut celeriores, si terra vergat ad oppositionem, hoc est, si in coniunctione cum sole videantur. Et contra cometae, qui pergunt contra ordinem signorum, sunt celeriores sub finem apparitiones, si terra versatur inter ipsos et solem, aut tardiores vel retrogradi, si terra ad contrarias partes sita sit. Haec eadem phaenomena observantur in planetis, qui pro motu terrae vel conspirante vel contrario nunc retrogradi sunt, nunc tardius progredi videntur, nunc vero celerius.

Cometas non esse corpora ex vaporibus et exhalationibus conflata, hac ratiocinatione ostendit Newtonus. Utitur exemplo cometae, qui ann. 1680 observatus fuit, cuius minima distantia a sole fuit ad distantiam telluris a sole ut 6 ad 1000. Iam vero calor solis decrescit in ratione distantiarum duplicata a sole. Quare sumtis quadratis, calor ab ipso cometa admissus erit ad calorem aestivum in telluris superficie ut 100000 ad 36 vel ut 28000 ad 1. Praeterea notum est experientia, calorem aquae ebullientis esse paullo triplo maiorem vehementiori calore aestivo. Ponamus autem, ferri candentis calorem esse ter vel quater aquae ebullientis calore maiorem, hinc concluditur, calorem co-

metae in minima a sole distantia esse bis milles maiorem ferri candentis calore. Porro si cometae nihil aliud forent, quam vaporum atque exhalationum congeries; tantam caloris vim sustinere minime potuisset praedictus cometa tam vehementi igne statim dissipandus. Quamvis praecedens demonstratio, quae ex parallaxi desumitur, partem cometarum planetarumque conditionem satis constituere videatur, alia tamen opinionum commenta breviter retellere, nostramque demonstrationem fusius confirmare, utilissimum erit.

Cometas ex planetarum exhalationibus suam non habere originem, facile evincitur. Et quidem etiamsi remotissimi sint, saepe tamen apparentes diametros habent apparentibus planetarum diametris longe maiores. Sunt ergo ingentis magnitudinis, et planetas primarios aliquando superant. Praeterea cometae in maxima a planetis distantia ferè semper apparere incipiunt. ; Ecquis autem crediderit, cometarum vapores tam longe ab ipsis cometis avelli, et ad tamen distantiam dissipari? Et certe si cometae suas habent exhalationes, haec in cometas ipsos vi gravitatis recidere debent, atque in iis, non secus ac in terra nostra, pluvias aliaque meteora producere. Eodem argumento refelluntur, qui cometas ex solis exhalationibus enasci fabulantur. Cometae enim in maxima a sole distantia saepissime apparere incipiunt, ad quam

distantiam adscendere repugnat omnino densiores gravioresque vapores. Nihilo solidior est cartesiana hypothesis. Fingit Cartesius, cometas olim ex fixarum numero fuisse. Aliquae scilicet stellae maculis curstisque obductae lumen suum amiserunt, penitus exstinctae. Tum fixarum illarum vortices a vorticibus proximis abrepti fuere, atque hinc fixae ex alio vortice in alium translatae temere errarunt, donec illarum aliquae, pro sua magnitudine et soliditate, ad orbem usque saturni rapi potuerint, in qua distantia satis magnam radiorum solarium copiam excipientes iterum fulgere coeperint. At praeterquam quod commenticia vorticum hypothesis post excultam diligentius sublimiorem mechanicam profligata omnino fuerit, merum figmentum est nulla ratione innixum praedicta opinio. Nec minus ficticius est planeta, quem remotissimum et longe ultra saturnum circa solem revolvi ponit Iacobus Bernoullius. Planetam hunc fingit suos habere satellites, qui ubi ad nos propius accesserint ist orbitae suae parte inferiore, a sole magis illustrati, sub adspectu cadant, occulto semper manente planeta primario ob immanem illius a terra distantiam. Sed hoc fuit merum magni viri in iuvenili adhuc aetate *conamen*, ut ipse fatetur, irritum tamen omnino. Quod quidem facile demonstrat cometarum et planetarum analogia sum-

ma, magis ac magis in huius conclusionis progressu declaranda.

Cometae via mechanice in coelis explorari potest hoc modo. Observentur quotidie stellae quattuor, quarum ea sit positio, ut cometa reperiatur in concursu duarum linearum, quae oppositas stellas iungunt. Id autem examinari facile potest, si filum tensum oculis admoveatur. Observatio quotidie itetur, et pro singulis diebus in globo coelestis cometae loca notentur: delineata habebitur via cometae in coelis; quae deprehendatur esse circulus maximus. Omnia enim notata puncta in circuli maximi peripheria inuenientur. Hinc manifestum est, cometas moveri in plano, quod per oculum spectatoris seu potius per solem transit, quemadmodum antea de planetis observavimus. Datis autem duobus huius circuli punctis, datur eius inclinatio ad eclipticam, ac proinde et intersectio cum ecliptica, sive nodorum locus, in quo nempe extensum filum secat eclipticam. Porro quamvis cometae motus fieri videatur in circulo maximo, vera tamen eius semita multum differt a circulo. Omnis quidem motus, qui in plano per oculum transeunte peragitur, fieri videtur in circulo maximo, quaecumque sit semita. At cometarum orbitam circularem non esse manifestum est. Etenim cometae fere semper conspicui essent, ut sunt planetae. Quoniam vero cometae brevi tem-

pore apparent, et diutissime latent; oportet, exigua omnino sit illorum orbitae pars soli nobisque proxima, reliquo omni arcu longissime recedente. Sed de cometarum orbita sermo erit in sequenti capite. Interim ex observationibus colligitur, cometarum orbitas neque esse lineas rectas, neque curvas versus solem convexas. Etenim cometae aliqui toto apparitionis suae cursu describere observantur arcum coelestem  $80^\circ$ ,  $100^\circ$ . Nonnulli describunt  $150^\circ$ ,  $200^\circ$ ,  $250^\circ$ ,  $300^\circ$ . Porro fieri nequaquam potest, ut linea recta vel curva convexa, quaecumque sit illius magnitudo vel positio, sub angulo  $180^\circ$  videatur. Igitur cometarum orbitae versus solem sunt concavae. Et quidem cometae circa solem, non secus ac faciunt planetae, aereas describere observantur temporibus proportionales. Tendunt ergo in solem, et circa ipsum revolvuntur, ut patet ex demonstratis in physica generali *sect. I. cap. II.* Ceterum haec pauca attigisse nunc satis sit, alia plurima in refellendis obiectionibus explicabimus. Interim concludere licet, sidera illa planetis sunt adnumeranda, quae in planetarum regione moventur, et eadem cum planetis habent phaenomena; atqui ex modo recensitis observationibus aperte constat, cometas supra regionem lunarem cum planetis versari; ergo cometae non sunt corpora sublunaria, sed planetis similia.

## SOLVVNTVR OBIECTIONES.

*Obiect. 1.* Inter cometas et planetas varietates plurimae iam antea breviter observatae sunt. Proprius cometarum motus non est idem in omnibus. Alii ab oriente in occidentem tendunt, aliorum motus fit in antecedentia planetarum cursui contrarius. Omnes cometae diligenter observati deflectunt ad boream vel austrum, neque planetarum more in aliquo spatio comprehenduntur; sed inde migrant magna moruum varietate, et in omnes coelorum regiones feruntur, alii celerius, alii tardius. Cometam observavit Regiomontanus, cuius tanta erit velocitas, ut uno die  $40^{\circ}$  peregerit. Tandem cometae spectatorum oculis sese citissime subducunt. Hinc concludere licet: planetis adnumerandos esse cometas, ex analogia demonstrari solet; atqui analogiam tollit cometarum et planetarum comparatio; ergo cometae non sunt planetis accensendi. Resp. N. min. Prima huius obiectionis pars facile evanescit, si revoce-  
mus in memoriam, vi duplici, una scilicet semel impressa et uniformi, altera autem centripeta et variabili curvam circa centrum aliquod describi posse, quod quidem in planetis circa solem fieri iam demonstravimus. Verum directio motus impressi non est ad aliquam partem determinata, ad sinistram

vel dexteram, ad boream vel austrum, aut quamlibet aliam plagam. At directio motus compositi ex vi uniformi impressa, et ex vi centripeta pendet tantum ex directione vis impressae, et ex positione centri virium. Quare quum supremus motor pro sua omnipotenti et libera voluntate astris motum imprimere potuerit, diversa motuum directio non tollit cometas inter et planetas analogiam, quae in eo posita est, quod nempe utrumque siderum genus circa solem revolvatur. Quod autem cometae saltem primi per breve tempus sese conspicuos praebent, repetendum est ex ipsa orbitae excentricitate. Si planetae orbita ita sit excentrica, ut diameter illius in *aphelio* seu in maxima a sole distantia, sub angulo infinite parvo conspicatur; iam manifestum est, diametrum ac proinde et planetam in *aphelio* evanescere. Conspicius igitur erit planeta dumtaxat in *perihelio* seu in minima a sole distantia, atque tamdiu conspicuus manebit, donec nimia non sit illius a sole distantia ita, ut diameter sub angulo non valde exiguo observari possit.

*Inst. 1.* Cometae nullas certas periodos habere observantur. Anno 1702 Romae conspicuus fuit cometa, eumque ipsum fuisse, credit Casinus, quem Aristoteles observaverat, et qui anno 1668 rursus sese conspicuum praebuit. Ille igitur cometa brevi 34

annorum periodo in hac hypothesi revoluitur. Anno 1702 observatus fuit alius cometa, ex cuius velocitate et directione coniecerunt Blanchinius et Maraldus, eundem fuisse, qui anno 1664 iam apparuerat. Hunc cometam anno 1750 apparuisse, refert Casinus, iterumque anno 1698 conspicuum fuisse, testis est Lahirius. Itaque huius cometae periodus foret mensium 43; ac proinde ab ann. 1612 ad 1698 periodos 14 absolvisset. Equis autem crediderit, cometam hunc in tanta observationum astronomicarum adsiduitate et diligentia astronomorum oculis per integras revolutiones quattuordecim non patuisse? Verum ut alias omittamus plurimas cometarum observationes, satis erit referre cometas duos, qui prae aliis omnibus maiori diligentia observati fuere. Vnus scilicet observatus fuit annis 1531, 1607, 1682, qui proinde quarto conspicuus esse debuit ann. 1758. Alter cometa observatus est ann. 1680, et is ipse creditur, qui annis 1531 et 1106 visus est, cuius proinde periodus est annorum 575. Verum si accurate conferantur inter se cometarum observationes; nec satis congruunt conditiones singulae, neque etiam ipsa tempora periodica. Nulli hactenus observati fuerunt cometae, quorum orbitae eandem retinuerint ad eclipticam inclinationem eandemque in perihelio velocitatem, quae tamen conditiones duae omnino observari debuissent, si

idem cometa iterum rediisset. Quod spectat ad cometam ann. 1682 observatum, et anno 1758 exspectatum, astronomorum expectationem elusit. Apparuit quidem cometa 1759. Sed praeterquam quod integro anno tardior fuit, non conveniebant accurate omnes utriusque cometae circumstantiae. Ex his observationibus sic concluditur: si cometae planetarum more circa solem revolverentur, certo innotuisset multis abhinc annis cometarum reditus; atqui recensitae observationes manifeste probant, illud astronomis impossibile fuisse, ergo cometae certa periodo non revolvuntur. Resp. N. min. De certis cometarum periodis nullus est dubitandi locus. Quod autem rarissimus sit cometarum reditus, tribuendum est duplici causae. Longissima est cometarum periodus, ideoque et tardissimus illorum reditus. Praeterea nullas satis tutas cometarum observationes reliquerunt veteres astronomi. Neque enim temporibus antiquis ea, quae omnino necessaria est, subtilitate habebantur observationes, et maxime circa cometas, quorum brevior apparitio diuturnas observationes non permittebat. Hinc fit, ut duo tantum hactenus noti sint cometae, quorum tempus periodicum certo cognitum est. Vnus observatus fuit annis 1531, 1607, 1682, et quarto visus est anno 1759. Alter cometa observatus fuit anno 1680, atque is ipse est, quem apparuisse referunt astronomi

annis 531, 1106 ita, ut tempus periodicorum constitui debeat annorum circiter 575. Neque cometarum periodo certisque legibus obstare debet, quod non conveniat accurate omnia elementa in observationibus cometarum, qui pro uno eodemque cometa habentur. Etenim aequalitas illa, ut iam antea adnotavimus, causis physicis adscribi debet. Saturni motus a ceteris planetis et praesertim a iove maxime perturbatur. Fieri ergo potest, ut unus idemque cometa bis observatus non secet eclipticam sub eodem angulo et in eisdem locis. Neque repugnat, eandem non esse eiusdem cometæ velocitatem in perigæo. Talibus enim erroribus aliisque plurimis obnoxia est luna. Igitur quod cometa ann. 1759 observatus astronomorum quorundam expectationem fefellerit, referri debet variationibus, quas praecipiti nimis iudicio neglexerant aliqui. Has autem incredibili solertia ad calculum revocavit Clairautius, tantaque diligentia, ut cometæ reditus paucis diebus a calculo aberraverit.

*Obiect. 2.* Cometæ aliqui ad terram proxime accesserunt. Anno 1472 observatus fuit cometa, cuius parallaxis plusquam vigesies maior erat parallaxi solari. Cometa observatus anno 1680, computante Halleyo, a boreali orbitæ terrestri parte distabat die 11 novembris intervallo circiter semidiametrorum terrestrium 60. Quare si tunc temporis ad

hanc orbitæ suae partem tellus pervenisset, parallaxis cometæ haud maior fuisset parallaxi lunari. Porro in tam exigua cometæ tellurisque distantia multum nobis ex cometarum vicinia timendum foret; immo si cometæ planetarum densitatem æmulerentur, ex attractionis legibus fieri facile posset, ut cometa circa terram, vel etiam tellus circa cometam lunæ instar revolveretur, atque deinde tum cometa tum terra in remotissimas planetarum regiones raperentur. His positis sic argumentari licet: admittenda non est hypothesis illa, quæ universam mundi compagem turbaret, variosque planetarum coelos confunderet; atqui sic res se haberet, si cometæ eandem cum planetis naturam haberent; ergo cometæ diversam omnino a planetis naturam habent. Resp. dist. mai.: hypothesis illa mundi compagem turbaret, nisi D. O. M. planetarum cometarumque systemati certas leges praescripsisset, C. mai., si Deus certis legibus planetarum orbitas motusque coërceret, N. mai. et cons. Re quidem vera si cometa aliquis ad tellurem vel planetarum quemlibet propius accederet, variis modis pro massarum varietate diversaque velocitate turbari posset mutuis illorum motus, immo ad contactum pervenire possent, et in unicam massam coalescere planeta et cometa. At sapientissimo divinae providentiæ consilio systemata omnia certis legibus ita gubernat



supremus rerum omnium artifex, ut mundus hic, quamdiu omnipotens auctor iusserit, perseveret. Metuenda quidem est et adoranda Dei punientis manus. Verum divinae ultionis arcana non sunt curiosius scrutanda, sed precibus exoranda divina clementia vitaeque sanctitate obtinenda. Itaque inter vanissima deliramenta reiici debent, quae de universali diluvio et de ultima orbis conflagratione fabulatur Wisthonus *in systemate solari*. Advertit Halleyus, cometam, qui mense septembris post Iulii Caesaris mortem anno 44 ante Christum natum visus est, rursus apparuisse anno Christi 531 Lampadio et Oreste consulibus; deinde in conspectum rediisse mense februario anno 1660, et tandem observatum fuisse anno 1680. Itaque huius cometae periodus foret annorum 575. Hanc autem periodum a morte Iulii Caesaris ad retroacta tempora ex ordine numerans Wisthonus, adfirmat, eundem cometam diluvii anno apparuisse, et huius cometae vapores atque exhalationes diluvii aquas subministrasse. Alteri cometae ad solem propius et deinde ad terram accedenti ultimam terrae conflagrationem tribuit. Sed haec mera sunt viri somniantis potius quam philosophantis signa. Nec refelli debet ineptissimus error; qui apud cultiores gentes iam omnino exolevit. Ea nempe fuit vulgi atque etiam veterum quorundam philosophorum opinio, co-

metas esse funestorum eventuum causas vel signa praevia. Quod quidem si verum esset, frequentissimi essent cometae, quum nullum sit tempus, quo miseri mortales ingentibus malis alicubi non permatur. Paucis abhinc annis eximium doctrinaeque astronomicae referuntur librum edidit M. Du Sejour parisiensis academiae socius, subtilissimisque calculis demonstrat, ex cometis, qui hactenus observati fuere, nihil mali timendum esse, ubi eos iterum redire contingerit.

*Obiect. 3.* Cometae in coelis trahere solent interdum longiorem quemdam nebulosum ductum, qui si a nucleo cometae protenditur in eas partes, ad quas motu proprio tendit cometa, dici solet *barba*. Si autem in partes oppositas, *cauda* vocatur. Ille autem nebulosus cometarum tractus mutabilis omnino est: brevior aliquando, ad maximam deinde longitudinem exporrigitur: postea decrescit, atque omnino evanescit. His positissimè concluditur: omni caret verisimilitudine planetis adnumeranda esse corpora illa, quae in vapores atque exhalationes abire, ac tandem evanescere omnino videntur; atqui ita in cometis contingit; ergo cometae nihil commune cum planetis habent. Resp. N. min. Probabilissimum est, cometarum caudas nihil aliud esse, quam vapores et exhalationes ex ipso cometae nucleo exeuntes, agente sole, ad quem proxime accedunt. Et re

quidem ipsa, eo longior observatur cometarum cauda, quo minor est distantia illorum *perihelia* et contra. Quum autem cometae ad longissimas deinde excurrant a sole distantias, magnam humorum copiam admittere et concipere debent. Illi autem humores vi solis in distantia *perihelia* rapiuntur atque sublevantur. Quare verisimile est, illas cometarum nebulas in maiori a sole distantia decrescere atque tandem dissipari, in reditu ad solem iterum formandas. Hinc etiam intelligere licet, cur planetae, qui ad tantas a sole distantias non evagantur, his vaporibus non observentur obnoxii. Porro quamvis cometarum caudae, si motum impressum retinerent, et in solem vi gravitatis tenderent, orbitas curvilineas circa solem simul cum cometis describere debeant, iterum in conspectum rediturae; de his tamen vaporibus idem non debet fieri iudicium, quod de corporibus fixis, quae easdem perpetuo servant motuum viriumque leges. Hinc longe probabilius iudicamus, vapores illos inconstanti motuum varietati omnino obnoxios, et atmosphaerae nostrae vaporibus fortasse simillimos omnino dispergi atque dissipari. Sed quidquid sit, ex vaporum illorum inconstantia atque mutabilitate minime concludi potest, iisdem mutationibus obnoxios esse cometas. Inapte enim argumentaretur, qui ex telluris vaporibus incerta lege nascentibus et evanescentibus tel-

lurem quoque iisdem legibus subiectam et ex planetarum numero excludendam colligeret. Ceterum quo evadant cometarum caudae, an a planetis attractae in illorum substantiam transeant, ignotum omnino est. At materiam illam tenuissimam esse, certissimum est; quum pellucidae sint cometarum caudae, et trans ipsas splendide luceant stellae. Ex his autem, quae breviter diximus, facile intelliguntur praecipua caudarum phaenomena. Si cometa sit *perihelium*, maxima velocitate e cometae nucleo erumpunt vapores, qui deinde particularum gravitate retardati ascendunt, et caudae longitudinem augent. Huius autem caudae extremitas a sole remotior, satis magnam non reflectens lucis copiam, saltem oculis evanescit. Hinc patet, cur breviores cometarum caudae diutius fiant conspicuae. Sunt enim veluti permanentes vaporum columnae, quae minori vi e nucleo erumpunt, et motu tardiori in spatiis nihil aut fere nihil resistentibus delatae, tardius evanescent. Declinare observantur cometarum caudae paululum a linea per solem et cometam ducta, viam flectendo ad latus. Etenim fumus aut vapor quilibet a corpore motu impulsus, oblique ascendit, aliquantulum scilicet deflectens e semita corporis impellentis. Haec autem deviatio minor est prope ipsum cometae nucleum et in minori a sole distantia. Maiori enim velocitate ascendit vapor inmi-

nori a cometa et a sole distantia. Tandem  
 latior est cauda versus extremitatem, quam  
 versus caput. Vapores enim in spatiis liberis  
 rarefiunt et dilatantur. Ceterum fumi exem-  
 plum pleraque caudarum phaenomena felici-  
 ter illustrat. Etenim sicut in aëre nostro cor-  
 poris cuiusvis ignitis fumus petit superiora, et  
 quidem perpendiculariter, si corpus quiescat,  
 oblique autem in latus si corpus moveatur;  
 ita in coelis, ubi corpora gravitant in solem,  
 fumi et vapores adscendere debent a sole  
 eodem modo, quo fumus in camino adscen-  
 dit impulsu aëris, cui innatat. Aër ille per  
 calorem rarefactus adscendit ob diminutam  
 gravitatem specificam, fumumque implicatum  
 rapit secum. Ita calore solis rarefacta aura  
 aetherea ob imminutam gravitatem specifi-  
 cam adscendet, et secum rapiet tenuissimas  
 caudae particulas, adiuvante atque impellen-  
 te lucis solaris impetu. Inde manifestum est,  
 cur vaporum adscendentium tractus ad par-  
 tes soli oppositas dirigatur. Quare ubi come-  
 ta ad solem tendit, vapor relinquitur post  
 cometam, et dicitur *cauda*. Vbi autem co-  
 meta recedit a sole, vapor praëit, et *bar-  
 ba* vocatur. Porro adscensus obliquitas mi-  
 nor est, ubi velocior sit vaporis adscensus,  
 nempe in vicinia solis et corporis fumantis,  
 quam potentior sit vis, qua vapor adscen-  
 dit. Ex obliquitatis autem diversitate incur-  
 vabitur vaporis columna. Et quia vapor in

curvaturae parte convexa prior erumpit, is  
 ibidem paullo densior est, lucemque copio-  
 sius reflectet, ideoque pars convexa limite  
 magis distincto terminatur. Haec omnia cum  
 phaenomenis licet probe consentiant, proba-  
 bilissime tantum dicta volumus sine ulla a-  
 liarum hypotesen, quae maximo ingenio ex-  
 cogitatae fuerunt, iniuria. Immo ad come-  
 tarum caudas plurimum etiam conferre at-  
 mosphaerae solaris particulas, certum videtur,  
 ut opinatur doctissimus Mairanus, ubi co-  
 metae ad solarem atmosphaeram descendunt.  
 Atque etiam iisdem caudis materiam submi-  
 nistrat ipsorum cometarum atmosphaera, ut  
 doctissimo Eulero visum est.

## ARTICVLVS V.

*De planetis secundariis.*

**D**e planetis secundariis saepe saepius iam da-  
 ta occasione mentionem fecimus. Saturnum  
 comitantur satellites quinque, iovem quat-  
 tuor, tellus autem unicum habet satellitem,  
 lunam scilicet. De saturni et iovis satelliti-  
 bus pauca adiungemus, lunae phaenomena  
 fusius explicaturi. Satellites saturni et iovis,  
 atque etiam satelles terrae ad orientem et oc-  
 cidentem planetae primarii alternis vicibus  
 sunt positi: ad partes oppositas per vices  
 redeunt. Vbi autem satelles ad *elongationem*

Fig 370  
 maximam pervenit, eandem ex utraque parte servat a planeta distantiam, atque eodem circiter tempore ad eandem elongationem redit. Ex his digressionibus distinguuntur a se invicem iovis et saturni satellites. Ita primus satelles appellatur, qui minus digreditur a planeta primario, seu cuius brevius est tempus periodicum, et sic de aliis pro digressionis ordine. In qualibet satellitum revolutione duae sunt satellitis cum planeta primario coniunctiones, una *superior*, quae ultra planetam respectu solis contingit, dum nempe satelles a digressionem occidentali transit ad orientalem, altera autem *inferior*, quae fit cis planetam, dum satelles ab orientali digressionem ad occidentalem transit. Quia vero planetae primarii et secundarii suam lucem mutuuntur a sole, satelles transiens per discum planetae primarii in coniunctione inferiore, ficticiis planetae incolis, qui infra satellitis semitam essent positi, solares radios occultabit, usque eclipsim solis creabit. At ubi satelles in coniunctione superiore transit pone discum planetae; satelles ipse umbrae immergitur, seu eclipsim patitur. Sed eclipsium doctrina commode explicari non potest, nisi de luna paullo fusius dicamus.

52. *Defin. 1.* Lunae phases appellantur diversae figurae, quas illius discus terrae incolis exhibet. Sit *S* sol, *T* tellus; si luna sit in *coniunctione* cum sole in *E*, dum

nempe luna e tellure visa eidem zodiaci gradui imminet, cui respondet sol ipse, lunae discus in coelo evanescit; fitque *novilunium*, ut omnibus notum est. Si luna sit in *oppositione* in *A*, dum nempe distat a sole per  $180^\circ$ , lunae discus integro circulo terminatur, habeturque *plenilunium*. In primo casu luna medium inter solem et terram locum obtinet, in secundo terra inter solem et lunam versatur. Lunae coniunctio et oppositio communi nomine *syzigiae* appellantur. Luna autem dicitur esse in *quadraturis*, dum a sole distat per  $90^\circ$ , in punctis *C* et *G*.

*Corol. 1.* Varias lunae phases per integram *lunationem*, dum nempe luna ab una coniunctione cum sole ad proximam redit, haud difficile est intelligere. Quoniam luna est corpus sphaericum et opacum, dimidius lunae discus radiis solaribus semper illustratur, altero hemisphaerio in umbra latente. Igitur hemisphaerium lucidum ab hemisphaerio obscuro dirimit circulus maximus *MN*, cuius planum semper perpendiculare est ad rectam quae e sole ad lunam ducitur. Compendii ergo circulus ille *MN* dicatur *E*. Quia vero dimidia dumtaxat globi superficies circiter conspicua esse potest, ex omnibus circulis maximis superficiei sphaericae, ille dumtaxat integer videri potest, cuius planum est perpendiculare ad radium ex oculo ductum ad centrum sphaerae, qui proinde

circulus hemisphaerium visibile terminat; aliorum autem circulorum pars dimidia tantum videri potest. Dicatur  $V$  circulus iste  $PO$ , qui terminat hemisphaerium lunae a terra conspicuum. Porro positio plani  $V$  seu  $PO$  constans semper manet respectu terrae, huiusque circuli figura circulum constanter repraesentat, ut patet. Praeterea ex lunae phasibus manifestum est, hemisphaerium illuminatum  $MON$  respectu hemisphaerii e terra visibilis  $PMO$  lunationibus singulis integram revolutionem absolvere circa communem intersectionem utriusque plani, circulorum nempe  $E$ ,  $V$ , seu  $MN$  et  $OP$ . Haec autem communis intersectio est diameter sphaerae. Quod evidens est, quum duo circuli maximi sphaerae sese in partes aequales dividant. Itaque planum circuli  $E$  seu  $MN$ , qui hemisphaerium illuminatum terminat, transit per omnes positiones passibiles respectu radii ex oculo ad centrum lunae ducti, ac proinde huius circuli figura modo circularis apparet, modo elliptica, aliquando rectilinea, prout circuli  $MN$  planum vel ad radium perpendicularis est vel obliquum, aut cum ipso radio coincidens. Iam vero ob revolutionem circuli  $E$  seu  $MN$  circa diametrum circuli  $V$  seu  $OP$  pars superficiei lunaris, quae respectu terrae illuminata apparet, semper clauditur duobus semicirculis, quorum unus circuli  $V$  seu  $PO$

dimidius figuram semicirculi semper exhibet; (ex dem.) alter autem circuli  $E$  seu  $MN$  dimidius modo tamquam semicirculus, modo tamquam semiellipsis, aliquando veluti linea recta conspicitur.

*Coroll. II.* Ex his intelliguntur phases lunares. In coniunctione lunae cum sole, dum luna inter solem et terram versatur in puncto  $E$ ; circulus  $E$  seu  $MN$ , qui hemisphaerium illuminatum terminat, coincidit cum circulo  $V$  seu  $PO$ , qui terminat hemisphaerium visibile. Verum quia hemisphaerium illuminatum directe soli expositum, telluri opponitur; nulla pars lunae illuminata apparet. Dum vero luna in sua revolutione progreditur, hemisphaerium illuminatum  $MON$  versus hemisphaerium visibile  $OMP$  promovetur: semicirculi  $E$ ,  $V$ , seu  $MON$ ,  $OMP$  mutua intersectione efficiunt duos angulos sphaericos acutos. Igitur paullo post novilunium videri debet spatium lucidum  $OMF$  dimidia occidentali parte circuli  $V$ , et dimidia parte circuli  $E$  terminatum. Haec pars dimidia  $E$  elliptica conspicitur, primo tamen fere circularis apparet; planum enim circuli  $E$  multum distat ab illa positione, in qua radio e terra ad lunam ducto perpendiculariter insistit, atque huius ellipseos convexitas semicirculi  $V$  concavitati obvertitur, et apparent *cornua* lunae, quorum apices, angulorum nempe sphaericorum vertices, sunt extremitates diametri lunaris, circa quam cir-

culus *E* volvitur. Hic autem circulus *E* magis ac magis promovetur versus hemisphaerium visibile, et ad lunae cornua efficit angulos sphaericos continuo maiores. Quare huius circuli planum magis ac magis inclinatur ad radium ex tellure ad lunam ductum. Igitur dimidia pars circuli *E* semiellipseos figuram refert, quae magis ac magis contrahitur usque ad quartam revolutionis lunaris partem. Tunc enim, nempe in puncto *G*, semicirculi *E* planum ad planum semicirculi *V* perpendiculariter insistit, ac proinde coincidit cum radio ex terra ad lunam ducto. Quare haec semiellipsis abit in lineam rectam, et pars lunae illuminata imitatur semicirculum diametro terminatum. Haec phasis *primus lunae quadrans* dicitur. Deinde in puncto *H* semicirculus *E* seu *MN* versus hemisphaerium visibile *PO* perpetuo progreditur, et cum semicirculo *V* angulos sphaericos magis ac magis obtusos efficit; tunc semiellipsis, quae est semicirculi *E* repraesentatio, suam convexitatem obvertit ad partes circuli *V* semissi occidentali oppositas, magis ac magis dilatatur, ac proinde pars illuminata ad circuli integri figuram accedit magis. Hanc figuram tandem acquirit in puncto *A*, dum in oppositione lunae cum sole planum circuli *E* perpendiculariter insistit radio e terra ad lunam ducto, tumque circulus ille integer conspicitur, et cum circulo *V* coincidit. Haec phasis

*plenilunium* appellatur, tumque circulus *E*, et luna ipsa dimidiam compleverunt revolutionis partem. Deinde circulus *E* dimidiam alteram revolutionis suae partem absolvens, easdem figuras iterum lunae restituit. Semicirculus *E*, qui cum dimidia circuli *V* parte orientali illuminatam partem claudit, rursus abit in semiellipsim, quae primum ad semicirculi figuram magis accedit, deinde contrahitur magis, donec in lineam rectam abeat post tres revolutionis quadrantes in puncto *C*. Atque haec phasis *ultimus lunae quadrans* vocatur. Tandem semiellipsis magis ac magis dilatatur, suam convexitatem semicirculi *V* parti concavae obvertens, atque omnino evanescit coincidens cum circulo *V* in sequenti novilunio *E*. Ceterum facili machina adolescentum imaginatio sublevari potest, adhibendo scilicet globulos duos, quorum unus terram, alter vero lunam referat, deinde efficiatur, ut lucentis candelae radios pro diversis lunae phasibus excipiat globulus lunam repraesentans. Hoc artificio lunares phases quodam modo adumbrare licebit.

*Defin. II. Mensis synodicus* sive *lunatio* appellatur tempus, quod impendit luna, dum ab una coniunctione cum sole ad coniunctionem proximam redit. Illud autem tempus definitur spatio 29 dier. 12 hor. 44'. Mensis autem *periodicus* vocatur tempus, quo luna terram circumeundo, orbitam suam describit

spatio 27 dier. 7. hor. 43'. Mensem synodicum maiorem esse mense periodico, manifestum est. Etenim dum luna in propria orbita periodum absolvit, interea tellus eiusque comes luna circa solem eundo, integro fere signo versus orientem promovetur, ut punctum orbitae, quod in priore situ, in recta scilicet centra terrae et solis iungente iacebat, nunc sole paullo occidentalius sit, ac proinde quum luna ad illud punctum pervenit, nondum in coniunctione cum sole versatur. Praeter motum lunae in sua orbita, ipsam quoque circa axem revolvit compertum est, atque rotatio illa fit spatio 27 dier. 7 hor. 43', nempe ipso tempore periodico lunae. Idque facile colligitur ex eadem lunae facie, quae telluri perpetuo obvertitur. Etenim si obiectum aliquod circa aliud revolvatur, eadem semper conspicua manente obiecti facie; evidens est, idque unusquisque facile experiri potest, obiectum, quod eandem semper faciem ostendit, eodem modo circa proprium axem moveri, quo ipsum motu periodico circa obiectum aliud revolvitur.

*Prop. I. LUNAE FACIES INAEQUALIS OMNINO EST ET ASPERA.*

Prob. Etenim si lunae superficies tersa omnino esset et polita, ut in speculis; undequaue lucem non reflecteret, sed solis ima-

ginem exiguam admodum instar puncti splendidissime micantis tantum ostenderet. Verum sicut in corporibus rerrestribus, sic in luna scabra est superficies. Vnde fit; ut lucem solarem undequaque diffundat, et corpora terrestria illuminet. Non solum inaequalis et aspera est lunae superficies, sed altissimis montibus profundissimisque vallibus tota obsita creditur. Et quidem si nullae in luna exstarent partes reliquis altiores, in diversis lunae phasibus semper accurate terminata apparent confinia lucis et umbrae. Verum si telescopio lunae vultum quis contemplatus fuerit confinium illud nulla regulari linea, sed dentatum, serratum, multisque amfractibus intercisum observabit. Tota lunae superficies mirabili varietate distincta apparet. Quaedam enim partes splendidissime lucent; aliae autem non paucae tamquam maculae obscuriores videntur. Sed inanes de macularum illarum natura quaestiones praetermittimus, atque ad eclipses cum lunae tum solis properamus.

### DE ECLIPSIBVS.

Si planetae primarii discum propius amplectatur satellitis orbita, sitque huius orbitae planum ad planetae orbitam valde inclinatum; evidens est, in omnibus coniunctionibus inferioribus satellitem hunc aliquam superficiei planetae partem soli eripere, ac pro-

Fig. 378. inde umbra satellitis in planeta primario eclipsim creare debet. At in coniunctionibus superioribus satelles planetae primarii umbram subit, ideoque ipse eclipsim patitur. Verum si orbita satellitis ad planetae orbitam sit vel parum inclinata ita, ut angulus  $ONR$  sit satis magnus, sitque orbita illa satis magna ita, ut planeta in elongatione sua satis recedat a puncto  $N$ , quales sunt orbitae saturniorum satellitum quarti et quinti, iovialis autem quarti, et ipsius lunae orbita; evidens est, in coniunctionibus, quae longius a nodis fiunt, v. g. si sit planeta in  $F$ , dum nempe apparens satellitum semita abit in eclipsim valde elongatam ita, ut minor illius axis planetae diametrum excedat, iam satelles in coniunctionibus inferioribus nullam soli occultare potest planetae partem, ac proinde nulla est eclipsis solis. In coniunctionibus autem superioribus planetae discus satellitem soli non subtrahit, ideoque nulla est eclipsis satellitis vel lunae. Igitur contingere non possunt eclipses nisi *syzigiae* prope nodos in  $N$  celebrentur. Itaque si planeta in coniunctione inferiore nodum alterutrum  $N$  teneat, iam eclipsis solis transit per medium planetae discum. In coniunctione autem superiore satelles transit per axem coni  $MPB$ , quem planetae primarii umbra proicit, et quem *conum umbrosum* vocant. Igitur quo longius planeta distat a nodo, eo longius di-

stat satellitis umbra a planetae centro in coniunctionibus inferioribus; in coniunctionibus autem superioribus eo longius distat satelles a centro umbrae planetae.

*Defin. 1.* Si planeta excurrat paullulum citra puncta orbitae, in quibus satellitum remotiorum coniunctiones desinunt esse *eclipticae*, ut in puncto  $F$ , quae ideo appellantur *limites eclipsium*; tunc pars aliqua satellitis dumtaxat in coniunctionibus inferioribus planetae partem occultat, ut fit in puncto  $G$ . Et in coniunctionibus superioribus pars aliqua satellitis tantum planetae umbram ingreditur, atque eo minor est pars illa, quo propior est planeta praedictis limitibus. Tales eclipses dicuntur *partiales*; aliae autem *totales* vocantur. Itaque prope nodos totales fiunt eclipses; prope vel citra limites sunt tantum partiales. Ex his etiam patet, in coniunctionibus inferioribus *eclipticis* solem eclipsim pati dumtaxat in iis planetae punctis, quae imminent vestigiis umbrae satellitis. Quare si paullo maior sit planeta respectu satellitis, iam planetae incolae in iis superficiei planetariae punctis, quae a sectione globi planetae et plani ecliptici longius distant, eclipsim solis non patiuntur, nisi satelles paullo removeatur a plano ecliptico, ad partes scilicet, in quibus positi finguntur incolae. In hoc casu incolae ad alteram plani ecliptici partem positi nullam pati possunt solis ecli-



psim. Contra autem in coniunctionibus superioribus eclipticis, dum satelles umbrae immergitur, fieri non potest, ut satelles quibusdam incolis eclipsim pati videatur, aliis autem incolis splendeat. Itaque eclipses lunae vel satellitum *universales* dici possunt. At solis eclipses quibusdam tantum planetae primarii incolis sunt conspicuae. Praeterea in eclipsibus solis fieri posse intelligitur, ut satellitis discus e suo planeta primario visus non ita magnus appareat, quin aliquam solis partem circa limbos undequaque conspicuam spectatori permittat, praesertim in satelles atmosphaera aliqua circumcinctus sit. In hoc casu circa solis limbum quaquaversum conspicitur annulus lucidus ex refractione luminis in atmosphaera praecipue oriundus, et ideo eclipsis illa *annularis* dicitur. Verum si tantum sit satellitis corpus, ut quibusdam planetae primarii incolis totum solis discum subtrahat, tunc eclipsis simpliciter *totalis* vocatur.

*Coroll. 1.* Ex hactenus explicatis tandem intelligitur, eclipseos solaris initium tunc spectatori alicui contingere, dum satelles motu suo ad eum ita accessit coeli locum, in quo sol videtur, ut distantia centri satellitis a centro solis aequalis appareat summae angulorum, sub quibus spectator videt satellitis et solis semidiametros. Itaque eclipseos initium esse potest spectatori alicui, dum spe-

etatori alteri finis vel medium contingit, aut etiam nondum inchoata eclipsi spectatoribus aliis. Patet etiam, iis incolis, qui in vestigi umbrosi limbo interiori versantur, eclipsim totalem unico dumtaxat instanti apparere. Talis eclipsis dicitur *totalis sine mora*. Qui autem umbrae profundius immerguntur, eclipsim talem habent diuturniorem, atque eclipsis dicitur *totalis cum mora*. Simili ratione manifestum est, iis, qui limbo exteriori umbrae immersi sunt, obscuratam solis partem aliquam dumtaxat apparere, et quidem eo minorem, quo remotiores sunt ab eodem limbo; quum aliqua dumtaxat pars satellitis solem occultet ita, ut in certa a limbo umbroso distantia eclipsis nulla fiat. Igitur solaris eclipsis in quibusdam locis totalis esse potest, partialis in aliis: quibusdam incolis in disci solaris septentrionali parte potest apparere; aliis autem in parte australi. At contra in eclipsibus satellitum, dum satelles magis ac magis umbrae immergitur, eius disci partes variae obscurantur atque occultantur. Spectatores singuli, quibus satelles conspicuus esse potest, hunc vident eodem temporis puncto atque eodem modo umbrae immersum; nempe totalem vident eclipsim, si totalis est, partialem, si partialis. Generatim spectatores duo in quolibet planetae loco nullam in eclipseos lunae aut satellitis phasibus differentiam observant; dummodo

satelles duobus spectatoribus sit conspicuus. Igitur eclipses lunares sunt *universales*, hoc est in omnibus terrestris globi partibus conspicuae, si luna sit supra horizontem: eiusdem ubique sunt magnitudinis: eodem tempore initium et finem habens. Id quidem evidens est. Quum enim eclipsis lunaris indoriatur, quod luna telluris umbram subeat, eodem omnino tempore luna telluris umbram ingredi videtur ubique terrarum, non secus ac candelae lumen in cubiculo extinctae omnibus, qui in eodem sunt cubiculo, evanescit. Hinc patet, maximam esse eclipsium lunae vel satellitum utilitatem ad definiendam meridianorum differentiam in diversis locis. Ad eclipsium solarium observationes sine reductionum ambagibus hunc usum praebere non possunt. Haec autem in geographia commodius explicabimus.

*Coroll. II.* Ex hactenus explicatis determinari possunt, et ad calculum revocari eclipsium lunarium et solarium phases. Solaris eclipseos initium et finis celebrantur, dum arcus, qui centrorum solis et satellitis distantiam metitur, semidiametrorum solis et satellitis summae aequalis apparet. Itaque computatis per tabulas astronomicas loco et tempore coniunctionis verae satellitis cum sole, si latitudo apparens satellitis minor est praedicta semidiametrorum summa eclipsim solis contingere necessum est. Etenim quum lati-

tudo satellitis sit illius distantia ab ecliptica, hanc distantiam metitur arcus circuli maximi ad planum eclipticae perpendicularis et per satellitis centrum transeuntis, ac proinde in hoc casu latitudo est arcus distantiae centrorum satellitis et solis visorum e planeta primario.

*Coroll. III.* Simili modo satellitis vel lunae eclipsis initium et finem habet, ubi distantia centri satellitis a puncto planetae ecliptico, quod centro solis directe opponitur, et *centrum umbrae* dici solet, aequalis est summae semidiametri satellitis a planeta visi, et semidiametri umbrae in transitu per planetam. Eclipsis autem satellitis tunc totalis esse incipit vel desinit, dum centrorum satellitis et umbrae distantia semidiametrorum umbrae et satellitis differentiae aequalis est; tunc enim satellitis discus interiorum umbrae limbum attingit. Itaque per tabulas astronomicas computentur momentum et locus oppositionis satellitis, habebitur eclipsis, si latitudo satellitis in ipsa oppositione minor sit summa semidiametrorum umbrae et satellitis e planeta visi. Atque eclipsis erit totalis si latitudo minor sit semidiametrorum umbrae et satellitis differentia, ut patet.

*Prob. I. DETERMINARE METHODVM, QVA INVENIRI POTEST VMBRAE SEMIDIAMETER.*

Fig. 53. Sit  $SA$  semidiameter solis  $S$  e planeta  $T$  sub angulo  $STA$  visi, sitque  $CI$  arcus orbitae satellitis  $L$  per umbram  $BEG$  planetae  $T$  transituri. Centrum umbrae est in  $L$ , et arcus  $CL$ , qui tamquam linea recta haberi potest, est semidiameter umbrae. Praeterea angulus  $BAT$  aequalis est parallaxi horizontali solis, angulus autem  $BCT$  parallaxi horizontali satellitis, quod manifestum est ex demonstratis *cap. 1.* Quare angulus  $CTD$  utriusque parallaxeos summae aequalis est, ex qua subtracto angulo  $LTD$  vel  $ATS$ , qui semidiametro solis e planeta visi aequalis est, remanet angulus  $CTL$  vel arcus  $CL$  semidiameter umbrae planetae in transitu satellitis per ipsum planetam. Quamvis punctum  $C$  sit terminus umbrae, debilior tamen fit lux satellitis, antequam terminum illum attingat. Dum enim satelles progreditur a puncto  $H$ , ubi tangenti  $HBM$  occurrit versus  $C$ , magis ac magis subtrahitur conspectus disci solaris  $S$ , qui umbrae planetae  $T$  immergitur, ideoque debilitatur lux satellitis, donec in  $C$  sol oculis omnino subducatur. Spatium  $HC$ , quod radiis solaribus magis illustratur, *penumbra* dicitur, atque etiam spatium  $KI$ , quod maiorem splendorem per gradus acquirit. Umbrae terrestris magnitudinem auget atmosphaerae nostrae densitas. Quare parallaxi horizontali lunae addi solent aliquot minuta secunda pro diversa de atmosphaerae altitu-

dine astronomorum opinione. Atmosphaerae etiam tribuendus est alter effectus, nempe refringuntur solares radii planetam tangentes, et versus umbram  $L$  accedunt, ac proinde obscuritatem minuunt. Huic refractionis effectui referendum est, quod in eclipsibus lunae totalibus debiliori luce resplendet luna. Immo maiorem lucem acquirit versus eclipses medium  $L$ , quam prope terminos umbrae  $C$  et  $K$ . Diametrum solis et lunae dividere solent astronomi in partes duodecim, quas digitos appellant, iisque utuntur ad exprimendam eclipseos quantitatem, nempe eclipsim dicunt tot digitorum, quot duodecimae partes diametrorum apparentium lunae vel solis obscurari debent. Ceterum qui explicatam eclipsium doctrinam probe intelligunt, adhibitis astronomicis vulgaribus tabulis atque praecceptis, eclipsium durationem et quantitatem ad calculum revocare et praedicere facile poterunt. Sed singula persequi non licet.

## APPENDIX.

De quibusdam capitulis praecedentis utilitatibus.

Ingenii humani sagacitatem egregie demonstrat certus omnino fallique nescius eclipsium reditus. Rudioribus hominibus fere videtur  
Tom. V. Bb

incredibile, ita accurate notas esse astronomis corporum coelestium distantias legesque, ut eclipses praedicere ipsumque temporis articulum facile definire possint. Eclipsium utilitatem summam in geographia deinde explicabimus. Nec minus certum est, ex cognita eclipsium periodo multum splendoris atque praesidii in exploranda temporum serie derivasse. Vbi nempe in historia quadam aliquid eo tempore contigisse dicitur, quo solis aut lunae eclipsis observata fuit, eadem eclipsi veluti perspicuo certissimoque caractere cognosci potest annus ac dies, quibus res illa ab historico narrata contigerit, quod nonnullis exemplis in chronologia demonstrabimus. Itaque desinat imperitum vulgus hanc praeclarissimam scientiam adspernari, et cum *astrologia* vanissimo virisque philosophis indigno studio confundere. Astronomia certissimis methodis coelestes motus ad calculum revocat. Astrologia autem, quam *iudicarium* vocant, ex iisdem motibus expiscatur morales eventus, eos scilicet, qui ex voluntate liberisque hominum actionibus pendent. Stultum autem non solum est, sed etiam superstitiosum et religioni adversum sideribus tribuere talem vim atque auctoritatem in hominum voluntatem, quasi corporum coelestium influxu in nostris actionibus dirigamur. Nec minus imperite praeclarissima astronomiae scientia abutuntur, qui lunae solisque

eclipsibus alliusve planetarum adspectibus calamitates praenunciari, vanissimo terrore in animum sibi inducunt. Hunc turpissimum terrorem apud veteres frequentissimum fuisse, testantur antiqui scriptores. Archelaus, referente Seneca, quo die sol defecit, regiam clausit, et filium, quod in luctu rebusque adversis moris erat, totondit. Nicias, narrante Plutarcho, per plurimos dies, maxima atheniensium iactura, classis expeditionem retardavit. Inanem hunc terrorem a mortalium animis avertere curavit egregius philosophus Anaximander, qui eclipsium rationem primum omnium perspicue docuit, quam ob causam eum in vincula coniectum fuisse, scribit Plutarchus. Sed apage haec ineptissima deliramenta, quae in hodierna rerum astronomicarum luce rudiores dumtaxat supersticiosaque plebem occupant. Meliorem praecedentis capitis usum demonstremus.

Admirandam et fere infinitam coelorum varietatem contemplemur: animo intueamur innumerabiles stellas, circa quas tamquam soles divinis legibus revolvuntur atque gubernantur planetarum systemata: universum hunc globum nostrum in tanta corporum coelestium immensitate veluti tenuissimum pulvisculum facile reputabimus. Ecquis divinorum operum magnitudinem serio meditatus, omnem non deponet fastum atque superbiam, suamque tenuitatem et ignorantiam non fa-

tebatur? Etenim doctissimi etiam viri vix aliquid norunt, et universa illorum scientia ne primam quidem, ut ita dicam, alphabeti infiniti litteram continet. Superest ergo, ut gloriam nostram in animae nostrae dignitate et immortalitate collocemus, atque supremo rerum omnium auctori perpetuas agamus gratias, quod eam nobis concesserit facultatem, qua in hac mortali vita divina illius opera attingere et laudare possimus; altera immortalis vita perfectaque cognitione fructuri, quod faxit D. O. M.

## CAPVT II.

*De astronomia physica, seu de phaenomenorum coelestium causis.*

Astronomia physica duas continet partes praecipuas, quarum 1<sup>a</sup> planetarum orbitas considerat, altera autem mutuam planetarum actionem, et inde oriundos errores explicat. Quod spectat ad hanc secundam partem, haec cum planetarum densitate et figura coniuncta omnino est. Quare pro rerum varietate distinctos instituemus articulos ita, ut tamen ea, quae antea iam explicata sunt, breviter tantum revocemus; cetera autem fusi<sup>us</sup> persequamur.

## ARTICVLVS I.

*De gravitatis coelestis systemate, et de planetarum orbita.*

## I.

Si corpus moveatur in ellipsi vel in alia qualibet sectione conica, in cuius foco sit centrum virium; ea erit lex vis centripetae, ut sit ubique reciproce proportionalis quadrato distantiae locorum a centro virium. Et vice versa, si vis centripeta sit reciproce proportionalis quadrato distantiae locorum a centro virium, et corpus quodvis secundum directionem quamlibet ad centrum virium non tendentem de loco quovis et quacunque velocitate proiciatur, movebitur corpus illud in aliqua sectione conica focum habente in centro virium. Quia vero planetarum orbitas in se ipsas redire, astronomicis observationibus compertum est; patet, ellipticas esse orbitas illas; *aliae enim sectiones conicae in se non redeunt, nisi axis sit infinitus.* Neque enim circulares esse possunt, quum coelestia corpora modo in suis motibus accelerari; modo retardari observentur. Porro in orbitis circularibus eadem perpetuo maneret velocitas, ut demonstratum est in physica generali. Verum si ellipticae sint corporum coelestium traectoriae,

tebatur? Etenim doctissimi etiam viri vix aliquid norunt, et universa illorum scientia ne primam quidem, ut ita dicam, alphabeti infiniti litteram continet. Superest ergo, ut gloriam nostram in animae nostrae dignitate et immortalitate collocemus, atque supremo rerum omnium auctori perpetuas agamus gratias, quod eam nobis concesserit facultatem, qua in hac mortali vita divina illius opera attingere et laudare possimus; altera immortalis vita perfectaue cognitione fructuari, quod faxit D. O. M.

## CAPVT II.

*De astronomia physica, seu de phaenomenorum coelestium causis.*

Astronomia physica duas continet partes praecipuas, quarum 1<sup>a</sup> planetarum orbitas considerat, altera autem mutuam planetarum actionem, et inde oriundos errores explicat. Quod spectat ad hanc secundam partem, haec cum planetarum densitate et figura coniuncta omnino est. Quare pro rerum varietate distinctos instituemus articulos ita, ut tamen ea, quae antea iam explicata sunt, breviter tantum revocemus; cetera autem fusi<sup>us</sup> persequamur.

## ARTICVLVS I.

*De gravitatis coelestis systemate, et de planetarum orbita.*

## I.

Si corpus moveatur in ellipsi vel in alia qualibet sectione conica, in cuius foco sit centrum virium; ea erit lex vis centripetae, ut sit ubique reciproce proportionalis quadrato distantiae locorum a centro virium. Et vice versa, si vis centripeta sit reciproce proportionalis quadrato distantiae locorum a centro virium, et corpus quodvis secundum directionem quamlibet ad centrum virium non tendentem de loco quovis et quacunque velocitate proiciatur, movebitur corpus illud in aliqua sectione conica focum habente in centro virium. Quia vero planetarum orbitas in se ipsas redire, astronomicis observationibus compertum est; patet, ellipticas esse orbitas illas; *aliae enim sectiones conicae in se non redeunt, nisi axis sit infinitus.* Neque enim circulares esse possunt, quum coelestia corpora modo in suis motibus accelerari; modo retardari observentur. Porro in orbitis circularibus eadem perpetuo maneret velocitas, ut demonstratum est in physica generali. Verum si ellipticae sint corporum coelestium traectoriae,

iam velocitates in eadem ellipsi sunt reciproce, ut perpendiculara ex centro virium sive ex foco in orbitae tangentes respective demissa [ *ex demonstratis in virium centralium doctrina* ]. Itaque ellipticae planetarum orbitae et diversae illorum velocitati et illorum excentricitati probe satisfaciunt. Verum ut systematis huius veritas confirmetur, in memoriam revocandae sunt celeberrimae duae Kepléri leges, quarum prima haec est: *dum planeta in orbita circa solem tamquam centrum movetur, si fingantur lineae ex centro virium ad planetae loca perpetuo ductae, spatia inter has lineas intercepta erunt semper temporibus, quibus orbitae planetariae portio iisdem rectis comprehensa describitur, proportionalia*. Secunda lex est: *tempora periodica planetarum sunt in ratione sesquuplicata mediocrium distantiarum a sole*. Haec autem secunda lex, quae ex astronomicis observationibus colligitur, fuit quoque ex ipsa gravitatis natura. Si nempe planetae tendant in solem vi centripetae decrescente in ratione distantiarum duplicata; praedicta vis centripetae lex eam omnino postulat temporum periodicorum et distantiarum rationem, quam astronomicae observationes demonstrant. Eadem quoque phaenomena, ac proinde et lex eadem in planetis secundariis observantur. Sed haec omnia conferantur cum iis, quae de gravita-

te universali demonstravimus in physica generali.

II. Ex phaenomenis coelestibus in praecedenti capite descriptis et ex virium centralium doctrina id tandem omnino concludendum est, planetas singulos tendere in solem, eosque circa solem revolvi in vacuo, aut in medio rarissimo, vel etiam in medio quantumvis denso, nec tamen resistente. Hanc autem ultimam hypothesim admittere non parum repugnabunt philosophi, qui patriis opinionibus non mancipati, veritatem physicam in experimentis et observationibus investigant. Ceterum quamvis planetarii systematis centrum sol statuatur, ex mutua tamen attractione aequali et contraria fieri debet, ut sol ipse tendat in planetas, ac proinde et solem agitari necessum est, sed motu valde exiguo ob ingentem massam solarem, si cum aliis planetis conferatur. Itaque si mutuum planetarum ex solis actionem consideremus, ellipticarum orbitarum communem focus sol accurate non occupat, sed planetae et sol ipse circa communem gravitatis centrum resolvi debent. Et re quidem ipsa, si areae a planetis descriptae non ad solem, sed ad communem gravitatis centrum referantur, hae temporibus magis accurate proportionales inveniuntur. Haec quidem mutuae attractionis lex ipsam quoque terram in ellipsi circa communem gravitatis centrum revol-

vi, necessario postularet. Verum quum supremus rerum omnium auctor universas naturae leges praescripserit et constituerit, naturae legumque omnium auctori lex nulla praescribi potest: leges omnes pro omnipotentissima voluntate potest suspendere, atque immutare. Quare huius systematis partem, quae ad telluris motum spectat, tamquam faciliorem motuum coelestium explicationem nobis dumtaxat concedi postulamus.

Neque a communi planetarum lege immunes esse debent cometae, qui planetarii nostri systematis partem constituunt. Re quidem vera cometae in orbitis parabolicis revolvi aliquando finguntur. Atque haec hypothesis cum observationibus probe consentit. Verum hanc hypothesim commoditatis et facilitatis ergo adhibent astronomi. Etenim cometae in ellipsis valde excentricis suas periodos peragunt, et per exiguum dumtaxat suae revolutionis tempus observari possunt. Quare quum parabola haberi possit tamquam ellipsis, cuius foci duo in infinitum distant; evidens est, tamquam portionem parabolae sine errore sensibili considerari posse visibilem atque exiguum orbitae cometae arcum. Hanc autem hypothesim astronomis facere placuit ad virandas calculi ambages, quibus necessario implicatur elliptica et valde excentrica cometarum orbita.

III. Quae de elliptica planetarum orbita

in physica generali atque etiam in physica Fig. particulari hactenus diximus, observatione magis quam accurata ratiocinatione geometrica demonstrata sunt. Vim centalem in circulo tantum consideravimus, et ellipticam planetarum trajectoriam ad circulem minus accurate revocabimus. Haec autem hypothesi licet ad praesens institutum sufficere videatur, rem tamen utilissimam diligentius considerare convenientissimum est.

Vis acceleratrix quaelibet variabilis tempore infinitesimo tamquam constans haberi potest, ac proinde vi centrali hoc modo consideratae conveniunt theoremata omnia, quae de motu uniformiter accelerato demonstravimus in physica generali. Quare vires centrales sunt, ut spatia descripta directe et temporum quadrata inverse [*artic. 55 III. cap. I. part. I. sect. II. in prob. concl. n. III.*]. Iam sint trajectoriae cuiuslibet puncta tria  $p, Q, P$ , tempus infinitesimum, quo planeta orbitae suae arcum describit vi tendente ad  $S$  erit, ut area trianguli  $SPp$ , vel  $SPF$ , coeuntibus punctis  $p, F$ . Sunt autem triangulorum illorum areae, ut  $SP \times pM$ , et  $ST \times PF$ . Quare quadratum temporis erit, ut  $ST^2 \times PF^2 = SP^2 \times pM^2$ ; ac proinde vis centralis, ut  $\frac{pF}{ST^2 \times PF^2}$  vel  $\frac{pF}{SP^2 \times pM^2}$ . Producantur  $PS$  et  $FS$ , donec circuli oscu-



Fig. latoris peripheriae occurrant; erit  $pF$ ;  $PF$   
 $= PF$ ;  $pB$ , ideoque ob chordas  $PV$  et  $pB$

infinite proximas erit  $pF = \frac{PF^2}{PV}$ , ac pro-

inde vis centralis, quae erat, ut,  $\frac{pF}{ST^2 \times PF^2}$ ,

fiet  $= \frac{PF^2}{ST^2 \times PF^2 \times PV} = \frac{1}{ST^2 \times PV}$ . Tandem

in triangulis rectangulis similibus  $STP$ ,  
 $PVN$  erit  $SP : ST = PN : PV$ , ideoque

$PV = \frac{PN \times ST}{SP}$  et  $\frac{1}{PV} = \frac{SP}{ST \times PN}$ , et

$\frac{1}{PV \times ST^2} = \frac{SP}{ST^3 \times PN}$ . Hinc formula prae-

cedens evadit in hanc  $\frac{SP}{ST^3 \times PN}$ .

Haec formula generalis ad ellipticam plan-  
 etarum orbitam transferri facile poterit, si  
 36. radiam osculatorem in ellipsi inveniamus, quod  
 facile praestari poterit. Sint  $MO$  et  $DN$  dia-  
 metri coniugatae ellipseos, cuius axes  $Ss$  et  
 $IL$ , sitque punctum  $K$  in circumferentia  
 circuli per tria puncta infinite proxima  $M$ ,  $m$ ,  
 $n$  transeuntis, erit  $nH \times Hm = MH \times HK$ ,  
 vel  $nH^2 = MH \times HK$ . Sed  $nH^2 : MH \times HO$

$= CD^2 : CM^2$  [ex appendice ad geomet.]; Fig.

ergo  $MH \times HK : MH \times HO = CD^2 : CM^2$ ;  
 vel  $HK : HO = CD^2 : CM^2$ ; atque tan-  
 dem ob evanescentem  $MH$  respectu  $HK$ ,  
 erit  $MK : MO (2CM) = CD^2 : CM^2$ . Qua-

re  $MK = \frac{2CD^2}{CM}$ . Iam sit  $MA$  diameter cir-

culi osculatoris, ducta chorda  $AK$ , trian-  
 gulum  $AKM$  est rectangulum in  $K$ , et si-  
 mile triangulo  $MCR$  rectangulo in  $R$  ob  $MA$   
 perpendicularem arcuri  $mn$  vel tangenti  $MX$ ,  
 ac proinde et diametro coniugatae  $ND$ . Igi-

tur  $MR : MC = MK \left( \frac{2CD^2}{CM} \right) : MA =$

$\frac{2CD^2}{MR}$  ac proinde  $\frac{1}{2} MA = \frac{CD^2}{MR}$ .

Superest, ut vim centralem in ellipsi con-  
 sideremus. Sit  $APHL$  ellipsis a planeta  $P$  57.  
 descripta vi centripeta tendente ad focum  
 sive solem  $S$ . Ducatur recta  $TV$  orbitam  
 tangens in  $P$ , et ex focus  $S$ ,  $Q$  agantur  
 perpendiculares  $ST$ ,  $QV$ , itemque ex  $C$  de-  
 mittatur perpendicularis  $Ck$ . Iam ob trian-  
 gula  $SPT$ ,  $QPV$  similia [ex natura ellip-  
 seos] erit  $SP : ST = PQ : QV$ . Quare  
 $SP + PQ : SP = ST + QV : ST$ , seu  $SP +$   
 $PQ : ST + QV = SP : ST$ . Sed  $SP + PQ$   
 $= 2CA$ , et  $ST + QV = 2Ck$ . Sunt enim

distantiae  $CS$  et  $CQ$  aequales, ac proinde perpendicularis  $Ck$  est media arithmetice proportionalis inter perpendiculares  $ST$  et  $QV$ : ergo  $2CA : 2Ck = SP : ST = CA : Ck$  vel  $PD$ . Praeterea  $CA : PD = CN : CB$  [ex proprietate ellipseos]: ergo  $PS : ST = CN :$

$CB$ , ideoque  $ST = \frac{CB \times SP}{CN}$ . Tandem sit

$PG$  radius osculi in puncto  $P$ , erit  $PG = \frac{2CN^2}{PD}$  [ex demonstr.] Sed [ex appen-

dice ad geom.]  $PD = \frac{CA \times CB}{CN}$ ; ergo  $PG$

$= \frac{2CN^3}{CA \times CB}$ . In formula generali vis centra-

lis substituantur valores rectarum  $ST$ ,  $PG$ , formula abit in hanc  $\frac{SP \times CN^3 \times CA \times CB}{SP^3 \times CB^2 \times CN^3}$

$= \frac{CA}{SP^2 \times CB^2 \times 2} = \frac{1}{PS^2}$  ob consonantes  $CA$ ,

$CB$ .

\* Radius osculi, qui in hac formula est  $PG$  substitui debet in formula generali pro  $PN$ , qui eundem in ea exprimit.

Hinc patet, planetam revolventem in ellipti vi centripeta tendente ad focus, servare praedictam legem, qua nempe decrescat in ratione duplicata distantiarum a foco. Haec eadem lex obtinet quoque in aliis sectionibus conicis, sed ellipseos casum, qui solus ad astronomiam pertinet, demonstrasse satis sit.

IV. Si parameter axis principalis dicatur  $\pi$ , erit  $\pi = \frac{2CB^2}{CA}$  [ex appendice ad geome.]. Quare vis centralis, quae est, ut

$\frac{CA}{SP^2 \times 2CB^2}$ , erit, ut  $\frac{1}{SP^2 \times \pi}$ . Sed vis cen-

tralis est ut  $\frac{pF}{SP^2 \times pM^2}$  [ex dem. §. III.]:

ergo  $\frac{1}{SP^2 \times \pi} = \frac{pF}{SP^2 \times pM^2}$ ; sed  $pF$ , quae

exprimit vim centralem, est ut  $\frac{1}{SP^2}$ ; er-

go  $\frac{pF}{\pi} = \frac{pF}{SP^2 \times pM^2}$ , ac proinde  $\pi =$

$SP^2 \times pM^2$  et  $\sqrt{\pi} = SP \times pM$ ; sed  $SP \times pM$  est ut area sectoris  $PSp$ . Quare si corpora plura in elliptibus revolvantur vi centripeta

tendente ad focum communem, erunt sectores eodem tempore descripti in ratione subduplicata parametri axium principalium in qualibet ellipsi.

Praeterea velocitas tempore infinitesimo est, ut arcus descriptus  $Pp$ , et ob triangula rectangula  $SPT$ ,  $pMP$  similia erit  $ST$ ;

$$SP = pM : pP = \frac{SP \times pM}{ST}. \text{ Sed } v\pi =$$

$$SP \times pM : \text{ergo } pP = \frac{v\pi}{ST}, \text{ nempe veloci-}$$

tas est in ratione subduplicata parametri directe, et perpendicularis ex foco ad tangentem demissae inverse.

Tandem quo maior est ellipseos descriptae area, et quo minor areae pars dato tempore percurta, eo maius est tempus periodicum. Quare tempus periodicum est, ut area tota ellipseos directe et sector dato tempore descriptus inverse, sed sector est in ratione subduplicata parametri; ergo tempus periodicum est, ut area tota directe et parametri radix quadrata inverse. Iam maior axis ellipseos dicatur  $d$ , cuius parameter  $\pi$ , axis minor  $b$ , erit  $\pi d = bb$  [ex append. geom.] ad proinde  $\pi d^3 = bbdd$ ; sed area ellipseos est, ut rectangulum ex axibus; ac proinde ut  $bd = tv\pi$ ; ubi  $t$  exprimit tempus periodicum; ergo  $bbdd = \pi t^2$  et  $\pi d^3 = \pi t^2$ ,

nempe  $d^3 = t^2$ , seu temporum periodicorum quadrata sunt in ratione triplicata axium principalium in ellipsi. Hinc datis planetarum temporibus periodicis, innotescit maiorum axium ratio in orbita qualibet elliptica. Ut autem in praecedenti demonstratione, quae magni sane momenti est, nihil praetermittatur; ellipsium areas esse, ut axium rectangula, demonstrabimus. Quae quidem proprietates ex appendice facile colligitur. Etenim intelligatur semicirculus super axem principalem ellipseos tamquam diametrum descriptus. Ex ellipseos peripheria ad axem ducantur semiordinatae infinite proximae, quae circulo et ellipsi erunt communes; rectangula duabus illis semiordinatis comprehensa in ellipsi et circulo erunt, ut altitudines, hoc est, ut semiordinatae; sed semiordinatae illae sunt inconstanti ratione semidiametri circuli ad semiaxim minorem ellipseos [ex proprietate ellipseos et circuli]; ergo rectangulorum omnium summa, hoc est, area circuli est ad aream ellipseos in ratione semidiametri circuli ad semiaxim ellipseos. Hinc comparatis duobus circulis duabusque ellipseos, facile colligitur, areas ellipseos esse inter se, ut axium rectangula, quum areae circulorum sint, ut radorum quadrata.

## ARTICVLVS II.

*De planetarum densitate et figura,  
praesertim de figura telluris.*

## I.

Ex articulo praecedenti innotescit distantia planetarum a sole, sive potius distantiarum ratio. Quare si observetur planetarum diameter in data aliqua distantia, dabitur ratio superficierum et magnitudinum. Etenim evidens est, eo maiorem esse veram planetae diametrum, quo maiorem arcum coelestem subtendit, et quo maior est planetae distantia. Quare planetarum diametri verae sunt ut arcus, quos subtendunt, et distantia planetae coniunctim. Quia vero sphaerarum superficies sunt ut quadrata diametrorum, soliditates autem ut diametrorum cubi [*ex elem. geom.*]; erunt planetarum superficies, ut arcus subtensi quadratum et distantiae quadratum simul; magnitudines autem ut arcus subtensi cubus et cubus distantiae simul. His principiis innituntur planetarum diametri, superficies et magnitudines, quae in tabulis astronomicis legi solent. Verum quod spectat ad planetarum densitatem, qua ratione investigari possit, iam explicavimus in physica generali, ubi virium centralium doctrinam tradidimus. At dolendum est, metho-

dos hactenus cognitae in iis tantum valere planetis, qui habent satellites. Eo autem tempore, quo haec scribo, non sine magna animi voluptate mihi nuntiatum est, a claris. Viro D. Montaigne astronomo lemovicensi detectum fuisse veneris satellitem, cuius distantia a planeta primario est semidiametrorum veneris 50, tempus autem periodicum est dierum 12 (*illusionem opticam telescopii fuisse sicut alium martis satellitem, putarunt ceteri astronomi*). Praecedentis doctrinae usum in hoc satellite ostendere non abs re erit. In memoriam revocandum est ex physica generali, massas planetarum, qui satellites habent, esse in ratione triplicata directa distantiarum satellitis a planeta primario, et duplicata inversa temporum periodicorum \*. Itaque multiplicetur fractio  $\frac{10755}{15589}$ , quae rationem diametrorum veneris et telluris exprimit, per  $\frac{50}{60}$ , quae est ratio distantiarum satellitis a venere et lunae a terra. Producti sumatur cubus, qui dividatur per quadratum fractionis  $\frac{320}{99}$ , quae fractio exprimit rationem temporum periodicorum satellitis et lunae; hisque peractis operationibus invenitur 0,98, qui numerus unitati proxime aequalis est. Quare massa veneris massae telluris fere aequalis invenitur. Data

\* *Hanc tamen propositionem, etsi veram, nullo demonstravit Auctor.*

autem quantitate materiae in duobus planetis illorumque magnitudine, innotescit illorum densitas, quae est in ratione reciproca voluminis, seu in ratione reciproca triplicata diametri; factaque operatione arithmetica, invenitur densitas veneris fere triplo maior densitate telluris. Simili instituto calculo in aliis planetis invenitur, densiores esse planetas soli proximiores, in qua quidem dispositione admiranda est infinita Dei providentia. Si enim tellus nostra in orbe mercurii aut veneris collocata fuisset, nobis mortalibus minime foret idonea: nimio calore ebullirent aquae oceani, et in vapores dissiparentur. Contraria ratione si ad orbem saturni removeretur tellus, in tanta a sole distantia nimio frigore rigescerent aquae: cito interirent animalia et plantae. Ecquis ergo sancte non adorabit sapientissimas leges, quibus reguntur atque gubernantur corpora coelestia ita, ut mutato illorum situ atque ordine perniciosissimos effectus inde nasci, totumque mundi systema perturbari oporteat?

II. Corpora coelestia hactenus consideravimus tanquam sphaerica. At certissimum est, planetas non esse globos accurate rotundos, sed paullulum compressos ita, ut axis rotationis sit paullo minor diametro aequatoris. Hanc figuram in iove et tellure tantum observare licuit. Ceteri enim planetae sub angulis minoribus videntur, neque con-

spicua esse potest diametrorum inaequalitas. Verum si planetarum superficies vel totas vel ex parte immersas ponamus fluido homogeneo, qualia sunt telluris nostrae maria, rotationis motus planetis concedi non potest, nisi eos sub polis compressos, sub aequatore autem oblongatos esse concedatur. Et quidem in hac hypothese talis esse debet figura planetae, ut tota fluidi massa, cuius partes singulae ad planetae centrum tendunt, maneat in aequilibrio. Etenim quum particulae illae (*ex natura fluidorum*) vi cuiusque illatae cedant, et cedendo facile moveantur inter se; ita disponi debent, ut vi aequali tendant ad punctum fixum, versus quod graves sunt, ac proinde et circa punctum illud consistant in aequilibrio. At si planeta sit globus accurate rotundus, iam aequilibrium cum motu rotationis conciliari nequaquam potest. Etenim superficiei planetariae puncta singula circa axem describerent circulos eo maiores, et eo maiori velocitate, quo a polis remotiores sunt circuli illi et aequatori propiores. Hinc puncta illa versus aequatorem adquirens vim maiorem centrifugam. Haec autem vis centrifuga, utpote contraria vi centripetae, imminueret gravitatem, et quidem eo magis, quo minor foret distantia ab aequatore. Igitur particulae fluidae versus aequatorem minus resisterent vi, qua particulae polis proximae tenderent ad centrum, quae

proinde particulae refluerent ad aequatorem, ibique particulas fluidas sursum cogent adscendere; ideoque in eodem loco accumulate superficiem planetae attolerent, vel quod perinde est, particulae fluidae in partibus aequatoris exundantes figuram planetae mutarent. Itaque ad cavendam exundationem hanc oporteret, planetam intumescere versus aequatorem; hoc enim materiae excessu compensaretur decrementum gravitatis ex rotationis motu oriundum, atque omnia manerent in aequilibrio.

III. Ex demonstratis evidens est, pro maiori rotationis velocitatis maiorem etiam esse planetae compressionem. Hac de causa, facile conspicua est compressa iovis figura; quum planeta ille, licet terra longe maior, breviori quam decem horarum spatio suam rotationem absolvat. Ex praecedentibus etiam patet, inter circulos omnes, quos in planetae superficie fingunt astronomi, aequatorem dumtaxat circulosque aequatori parallelos vere circulos esse; alii aurem circuli, quales sunt meridianus, verticalis, horizon cet. ad figuram ellipticam accedunt. Meridiani sunt ellipses, quarum axis minor transit per polos, axis autem maior aequalis est diametro aequatoris, et in ipso aequatoris plano existit. Hinc colligitur, aequales meridiani coelestis  $360^\circ$  accurate non respondere aequalibus meridiani planetarii partibus  $360$ . Ita in tellure arcus

meridiani terrestris, qui coelestis meridiani partibus aequalibus respondent, aequales non sunt, sed minores in iis locis, in quibus magis convexa est telluris superficies, maiores autem, ubi superficies est magis compressa. Verum gravissimam de figura telluris quaestionem in sequenti conclusione explicabimus.

### CONCLUSIO.

QVAMVIS CERTO COGNITA NON SIT ACCURATA TELLVRIS FIGVRA; EAM TAMEN VERSVS POLOS COMPRESSAM ESSE, DEMONSTRANT OBSERVATIONES ATQVE EXPERIMENTA.

Prob. I. Definiendae telluris figurae prima methodus ad duas operationes reducitur, nempe ad mensuram arcus coelestis inter duo terrae loca sub eodem meridiano et in diversis latitudinibus constituta, atque praeterea ad mensuram distantiae terrestris locorum illorum. Totam huius methodi rationem exponemus. Arcus coelestis amplitudo investigatur observando in duobus propositis locis eiusdem stellae altitudinem meridianam. Differentia altitudinum praebet ipsam arcus amplitudinem, hoc est, numerum graduum in arcu coelesti, qui terrestri locorum distantiae respondet. Res perinde se habet, si observetur stellae alicuius distantia a zenith, deinde

Figiter fiat ad austrum vel boream, donec altitudinis differentia sit unius gradus. Tandem locorum distantia terrestris geometricis operationibus capiatur, ut fieri solet: coelestis gradus mensura habebitur. Et re quidem ipsa duos fingamus observatores in eodem meridiano ita, ut eiusdem stellae altitudo respectu utriusque zenith uno gradu differat. Ex duobus illis locis ductae intelligantur in meridiano terrestri tangentes duae  $AB$ ,  $OD$ , quae respectivos horizontes determinabunt, atque ad tangentes illas agantur perpendiculares  $HE$ ,  $KF$  seu  $he$ ,  $kf$ , quae lineas verticales, seu lineas ipsorum zenith respectively exhibebunt. Iam vero quia stella immenso fere intervallo distat, radii *visuales* utriusque spectatoris ad stellam erunt paralleli, ac proinde altitudinum differentia ex diversa tantum utriusque horizontis inclinatione  $OeA$  oriri potest. Quare angulus utriusque horizontis vel utriusque tangents inclinatione comprehensus erit unius gradus, ideoque etiam angulus utriusque perpendicularis \*. Si terra sit sphaerica, duae perpendiculares in centro  $C$  concurrent, atque locorum distantia erit unius gradus, sive pars

\* Nam angulus  $heO + OeA = 90^\circ$  et angulus  $keh + heO = 90^\circ$ . Si igitur ab utraque summa subtrahatur idem angulus  $heO$ , erit angulus  $OeA = keh$ .

360<sup>ma</sup> meridiani. Porro evidens est, ad accuratam graduum aestimationem a refractionum erroribus liberandas esse stellarum altitudines, atque ut error minuatur, adhiberi debet stella ipsi zenith proxima; quum in zenith refractione sit nulla, et in distantia quattuor vel quinque graduum pro nulla fere haberi possit. Deinde eiusdem stellae observationes, quantum fieri potest, eodem tempore in duobus locis haberi, desiderandum est. Hac enim adhibita diligentia tolluntur reductiones et correctiones ob apparentes stellarum motus omnino necessariae, si observationes eodem tempore fieri non possint. Tandem si loca non sint sub eodem meridiano accurate posita, arcus amplitudo praedictis cautionibus adhibitis observata praebet arcus coelestis amplitudinem inter duos utriusque loci circulos parallelos. Sed his praemissis iam accuratissimas observationes adferamus, iisque ad definiendam telluris figuram utamur.

Si terra ponatur sphaerica, gradus omnes aequales esse, iam demonstravimus, nempe idem omnino iter faciendum esset in meridiano, ut eiusdem stellae altitudo gradus unius angulo cresceret vel decresceret. At si tellus non sit sphaerica, gradus inaequales esse, brevi ratiocinatione facile intelligitur. Ponamus primum, terram sphaericam et ex molli materia compactam, eamque duabus viribus in utraque axis extremitate compri-

mi fingamus secundum axis directionem ita, ut axis ille contrahatur, aequator autem dilatetur. Iam tellus in utriusque axis extremitate magis erit complanata, ideoque minor telluris curvatura in axe, maior autem in aequatore. At quo maior est telluris curvatura secundum directionem meridiani, eo brevius iter fieri necessum est secundum eandem directionem, ut observata stellae altitudo gradus unius angulo augeatur vel minuatur. Itaque si terra sit compressa versus polos, brevius iter faciendum est in meridiano prope aequatorem, quam versus polos, ut gradum unum latitudinis adquiramus vel amittamus. Igitur si terra sit compressa versus polos, gradus crescere debent ab aequatore ad polos, et contra. Idem magis geometricè demonstrari potest ex *radiorum osculatorum* natura. Etenim si curvatura sit maior, minor est radius osculator, ac proinde et minor circuli osculantis peripheria, ideoque minor etiam circuli gradus. Longius esset exhibere diversas graduum mensuras, quae in egregiis operibus de figura telluris nuperime editis fuscè describuntur. Satis sit observare accuratissimas graduum dimensiones in id omnes conspirare, ut exhibeant figuram telluris compressam ad polos, versus aequatorem oblongatam.

Prob. 2. Si tellus compressa sit versus polos, generatim certissimum est, gravitatem

minorem esse sub aequatore, et maiorem sub polis, ac proinde, eadem manente longitudine, retardatur pendulorum motus pergendo a polis ad aequatorem, et vice versa. At gravitatis inaequalitas conciliari non potest cum sphaerica telluris figura, et maiore existente vi gravitatis sub polis, tellurem versus aequatorem elatam esse demonstravimus (*num. praeced.*) Hinc concludere licet: telluri tribuenda est figura illa, quam observationes et experimenta omnino postulant; atqui observationes et experimenta postulant telluris figuram elevatam versus aequatorem et depressam versus polos; ergo talis vera est telluris figura.

Porro quamvis tellurem versus polos compressam esse, et versus aequatorem oblongatam, compertum omnino sit, non tamen aequè certum est, ellipticam esse telluris figuram, neque certo cognita est axium ratio. Et quidem ex observationibus astronomicis res non satis accurate confici videtur. In his observationibus fingitur, lineam verticalem per axem telluris transire, eamque perpendicularem esse ad horizontem. Ponitur etiam meridianum sive planum, in quo sol meridiei tempore versatur, et quod transit per lineam verticalem, per axem telluris quoque transire. Verum haec tria non ea subtilitate, quae necessaria omnino est, determinata videntur. Pendent enim ex partium telluris homoge-



neitate, aliisque hypothesibus omnino incertis. At si ponamus, diversam omnino esse et sine certa lege partium telluris densitatem; iam quia gravitas corporis ex singulis partium terrae attractionibus componitur, maior vel minor partium densitas gravitatis legem omnino immutabit. Atque hinc diversa axium terrae proportio pro diversa internarum partium dispositione variaque densitate. Verum quamvis certo cognita non sit telluris figura, vix tamen in dubium vocari potest, figuram telluris esse quam proxime regularem, et similes esse terrestres meridianos. Etenim in sequenti articulo demonstrabimus, *praecessionem aequinoctiorum* ellipticae telluris figurae tribuendam esse. Atque haec hypothesis cum observationibus astronomicis probe consentit. Porro si exteriores globi nostri partes sine ordine forent dispositae, haec irregularitas phaenomena et leges praecessionis maxime turbaret.

Tandem ellipticam telluris figuram saltem quamproxime ostendere videntur accuratissima pendulorum experimenta. Ita se habent experimenta illa, ut gravitatis incrementa, quae auctis penduli longitudinibus sunt proportionalia, satis accurate inveniuntur, ut quadrata sinuum latitudinis. Quae quidem observationes non solum regularem, sed ellipticam quoque telluris figuram confirmant. Verum quia subtilissimae sunt observationes

illae, et in iis peccari facile potest errore quidem licet levi, in re tamen periculosa maxime gravi; ideo satis nobis erit adfirmare terram versus polos compressam esse. Haec autem conclusio comparari debet cum iis, quae in physica generali de gravitatis variatione demonstrata sunt. Porro axis terrestris diametro aequatoris brevior statuitur differentia  $\frac{1}{173}$  secundum accuratissimas observationes, quas academici parisienses et hispani immortalis labore versus polam et aequatorem habuere.

### SOLVUNTUR OBJECTIONES.

*Obiect.* Figura telluris est admodum scabra et montibus aspera. Nullis experimentis, nullis observationibus definiri potest irregularis terrae curvatura, quae per tot amfractus et valles, per tot colles altioresque montes sese perpetuo sinuat, et nulla certa lege variat; ergo de figura telluris nihil certo definiri potest. Resp. N. cons. Quaestionis propositae statum minus adsequuntur, qui hanc telluris irregularitatem obiiciunt. Inaequalis admodum est externa telluris figura: in amplissima camporum planitie nulla saepe curvatura apparet: valles autem curvaturam habent extrorsum, montes introrsum obversam: hanc irregularitatem nemo non videt. Figura haec etiam perpetuo mutatur montium et

rupium lapsu; immo in mari, mutato undarum rumore, succedentibus sibi fluctibus, telluris superficies perpetuo mutatur. Itaque dum figuram telluris investigamus, nullam montium et vallium irregularitas consideratur. Tota quaestio in eo posita est: adsumto nempe puncto quolibet in superficie terrestri, quaeritur superficies continua ab eo puncto circumquaque ducta tali lege, ut ad superficiem illam ubique perpendicularis sit directio gravitatis vi centrifuga adfectae. Igitur figura telluris pendet omnino ex lege gravitatis, ut saepe saepius observabimus, nec satis accurate et ad amussim definiti potest. Attamen tellurem compressam esse ad polos, non solum ostendunt observati meridianorum gradus, et instituta pendulorum experimenta, sed etiam confirmat lex analogiae. Nam accuratissimis observationibus compertum est, satis notabiliter oblongatum esse iovis aequatorem, quae quidem iovis figura ex rapidissima planetae huius rotatione repetenda est.

*Obiectio 2.* Figurae terrestris irregularitatem nullis unquam experimentis aut observationibus definiendam demonstrant observationes astronomicae. Terram non esse solidum ex rotatione curvae alicuius circa axem genitum, ostendunt graduum mensurae in Gallia atque in Italia a doctissimis viris habitae. Et quidem in Italia, eadem manente latitudine, sed mutato meridiano, gradus mi-

nor quam in Gallia observatus est. At si telluris figura regularis foret, aequales essent gradus aequaliter distantes ab aequatore, seu meridiani omnes essent similes; quod quum non observetur, hinc argumentari licet: de figura telluris nihil affirmari potest, si irregulares observentur meridiani terrestres illorumque irregularitas non nisi per observationes ubique locorum instituendas definiiri possit; atqui res ita se habet, neque irregularitas omnium meridianorum potest explorari; ergo nihil circa telluris figuram determinari potest. Resp. dist. mai. et inde colligitur fieri posse, ut meridiani terrestres neque similes sint neque elliptici, C. mai. ex observationibus colligitur, terram non esse versus polos compressam, N. mai. et cons. In praesenti quaestione hoc unum ostendere volumus, telluris figuram ad aequatorem esse oblongatam. Quod quidem variis argumentis probavimus, quidquid sit de figurae terrestris irregularitate. Neque necesse est singulos dimetiri longitudinis et latitudinis gradus ad determinandam hanc, quam diximus, telluris figuram. Satis enim est varios gradus in locis valde dissitis summa diligentia metiri, factasque observationes ad alia terrae loca transferre licebit, praesertim quum id fieri, generatim saltem, postulet gravitatis et vis centrifugae doctrina. Tandem quod spectat ad graduum differentiam in Gallia et Italia, haec differentia in-

Fig. ter utrumque gradum est hexapedarum 70 dumtaxat, quarum pars dimidia 35 unicuique gradui potest tribui. Porro si duorum minorum secundorum error dumtaxat in arcus coelestis mensura committatur, hexapedarum 32 errore in gradus mensura peccabitur. Quamvis autem minime suspecta sit clarissimorum virorum diligentia; nobis tamen facile persuademus, rem tam periculosam aliis mensuris et in locis remotioribus confirmandam esse ita, ut tanta sit differentia, quae quidem omnino indubitata faciat, et in ipsam observationem refundi nequaquam possit.

*Obiect. 3.* Tellurem versus polos compressam esse, concluditur ex incremento graduum pergendo ab aequatore ad polum; at conclusionem omnino contrariam ex iisdem observationibus derivarunt doctissimi etiam in 59. Gallia viri Picardus et alii. Et quidem sit  $C$  centrum telluris,  $P$  polus,  $EHP$  meridianus. Ex centro  $C$  ducatur recta  $CH$  comprehensens cum  $CE$  angulum unius gradus. Fingatur  $EC$  maior quam  $CP$ ; arcus terrestris duabus rectis  $CH$ ,  $CE$  comprehensus maior erit, quam versus  $P$ , quod evidens est. Ac proinde gradus maior foret versus aequatorem quam versus polos; ergo tantum abest, ut ex graduum mensura colligatur, terram esse oblongatam versus aequatorem, quin contra versus polos oblongata esse debeat. Resp.

N. cons. Adlato aut fortasse alio simili parallogismo in errorem inducti fuerunt clarissimi etiam viri (*Cassinus iunior et de la Hire, qui tamen captis mensuris decepti sunt, etsi non tali parallogismo*) qui ex suis observationibus terram versus polos oblongatam esse concludebant, contra quam facere debuerunt. Totus parallogismus in eo latet, quod nempe gradus terrestris non eo determinetur angulo, qui duabus lineis e centro ad circumferentiam ductis continetur, sed gradus definitur duabus perpendicularibus, quae ad telluris superficiem ductae angulum unius gradus efficiunt. Distantia stellarum a zenith, ac proinde et illarum altitudo harum perpendicularium respectu aestimatur. Porro perpendiculares illae per centrum telluris non transeunt, nisi tellus sit sphaerica, ut antea explicavimus. Atque hic est fons parallogismi. Pendulorum observationes plurimis obiectionibus impugnari solent, sed his abunde satisfactum est in physica generali.

## ARTICVLVS III.

*De phaenomenis pendentibus ex mutua  
planetarum actione, praesertim  
de aestu maris.*

## I.

In praecedentibus articulis planetarum orbitas velut ellipticas consideravimus, quales omnino esse debent, si nulla alia vis agat praeter attractionem in solem, quae decreseat in ratione distantiarum duplicata. At mutua est, atque eadem lege operatur planetarum actio in se invicem. Ita saturni et iovis actio mutua utriusque planetae motus perturbat pro diversa iovis, saturni et solis positione. Verum errores ex mutua attractione oriundi in motibus lunaribus maxime fiunt conspicui. Massa solis est circiter centies septuagesies millies maior massa telluris, et septem mille millies maior massa lunae. Quum autem tanta sit solaris massa; si cum tellure et luna conferatur, ex theoria newtoniana intelligitur, potentissimam esse in utrumque corpus solis actionem, qua fieri debet, ut minoris corporis motus et orbita circa corpus maius non parum turbetur. Facile etiam patet, errores illos variis de causis implicari. Orbis annuus telluris est soli excentricus, et praeterea orbita lunae non est in plano or-

bitae telluris, sed eam in duobus punctis seu *nodis* intersecat, atque deinde hinc et inde deflectit spatio circiter graduum quinque. Evidens autem est pro diversa virium directione, diversaque velocitate multas oriri errorum ambages explicatu difficiles. Huc tota res reducitur: *dati scilicet tribus corporibus, eorum mutua positione, massa et velocitate, invenire curvas describendas, posita attractione in ratione directa massarum et duplicata inversa distantiarum.* Difficillimum problema illud primus omnium adgressus est, et sagacitate mirabili solvit celeberrimus vir D. Clairaut. Tantam calculorum difficultatem heic persequi non licet; sed satis sit monere, huius problematis ope comparatas fuisse lunares tabulas coelo apprime consentaneas. Hinc de laudato viro dicere licet, quod de Newtono cecinit Halleyus:

*Discimus hinc tandem, qua causa ar-  
gentea phebe*

*Passibus haud aequis eat, et cur sub-  
dita nulli*

*Hactenus astronomo numerorum freno  
recuset\*.*

\* Clairautii fidissimum amicum sese demonstrat Iacquierius, illum a gravissima iniuria vindicans, qua academia regia londinensis eum adfecit, parvi pendens tabulas accuratissimas inaequalitatum motus luna-

Ex mutua planetarum actione generatim intelligitur *apsidum* motus. *Apsides* appellantur astronomi duo illa orbitae puncta, in quibus planeta maximam vel minimam a sole aut terra distantiam obtinet. Punctum maximae distantiae *summa apsis* dicitur, minimae autem distantiae punctum *apsis ima* vocatur. Tandem linea per centrum orbitae transiens et duo illa puncta coniungens *linea apsidum* nominatur. Iam vero si planeta nulla alia vi urgeatur praeter attractionem in ratione distantiarum duplicata decrescentem, evidens est ex demonstratis, lineam apsidum esse ipsum orbitae ellipticae axem maiorem. At ponamus, accedere vim aliam, quae tendat quidem ad ellipseos focum, sed vis tota minor sit quam in ratione duplicata inversa distantiarum; evidens est, planetam in priori orbita manere non posse, sed extra ipsam debet excurrere, quum minori vi ad focum urgeatur. Quare vel planeta aliam curvam describet, ipsamque ellipseos circumferen-

*ris a Clairautio Londinum missas, ut problema resolveret de determinandis gradibus longitudinis. Newtonum saepe impugnaverat Vir ingenuus fucique nescius. Id ipsi inscio magnum apud anglos odium conflagerrat, atque data occasione aerumnam peperit, quae et valetudinem eius et tandem vitam consumpsit.*

tiam deseret, vel ipsam ellipseos circa focum Fig. revolvi necesse est ea lege, ut planeta maneat in pristinae orbitae circumferentia. In hoc casu, si planeta versus apsidem superiorem sit positus, et ad inferiorem promoveatur; manifestum est, superiorem ellipseos apsidem *AB* versus planetam promovendam 60. esse ita, ut fiat *ab*, quum ellipseos puncta *A, B* versus apsidem hanc sint magis remota a foco, qui est centrum virium. Igitur axis maior *AB* secundum planetae directionem progredi debet, atque eo maiori velocitate, quo magis decrescit vis centripeta. At contra si crescat vis centripeta, planeta vi maiori ad focum tendit; ac proinde intra ipsam ellipseos curvam aliam describeret, nisi ellipseos circa focum ita revolvi intelligatur, ut planeta in iis maneat orbitae ellipticae punctis, quae auctae vi centrali conveniunt. Quare apsidem superiorem *AB*, quae longius distat a foco, ab ipso planeta recedere oportet ita, ut vergat in *cd*. Ac proinde in hoc casu apsidem progredi necessum est secundum directionem directioni planetae contrariam, atque eo maiori velocitate, quo magis crescit vis centripeta. Itaque apsidum motus per ellipseos mobilem ingeniosissime repraesentant astronomi. Errores ex mutua attractione in motibus lunaribus oriundos generatim tantum explicabimus. Nihil enim in universa astronomia difficilius.

Apsidum *A* et *B* motus in planetis fere nullus est, sed in luna maximus observatur. Tantis nempe est, ut linea apsidum lunae *AB* eidem coeli puncto non nisi post novem annos respondere videatur. Hoc scilicet temporis intervallo apogaeum lunae progreditur ab occidente in orientem seu secundum ordinem signorum, suamque revolutionem absolvit. Singulas huius motus circumstantias persequi res est difficillima, neque ad physices elementa pertinet, sed ex praecedentibus generatim intelligitur. Ex iisdem etiam principiis patet ratio generalis, cur moveantur orbitae lunaris *nodi*. Etenim vires perturbantes suam quoque exercent actionem in orbitae lunaris planum, quod ad planum eclipticae sub angulo circiter novem graduum inclinatum est. Igitur vires illae diversa illarum directioni plani lunaris positionem situmque nodorum mutant. Porro quamvis pro diversa telluris, lunae et solis positione in diversas partes agant vires perturbantes, ac proinde motus directos ac retrogrados per vires efficere possint; si tamen post plures revolutiones motuum directorum summa excedat motus retrogrados, iam motus fit in consequentia seu secundum signorum ordinem. Sic apogaeum lunae novem annorum spatio revolvitur in consequentia, sed *nodi* regrediuntur, seu feruntur in antecedentia. Porro evidens etiam est, easdem vires perturbant-

tes in periodicis lunae temporibus inaequalitates aliquas efficere, atque etiam orbitae lunaris excentricitatem mutare. Hae sunt praecipuae motuum lunarium inaequalitates ex mutua attractione proculdubio derivandae, sed virium perturbantium quantitatem explicare longius et difficilius foret.

II. Breviter iam consideratis lunarium motuum inaequalitatibus, eadem brevitate inaequalitates alias attingemus in telluris motibus ex lunae gravitate oriundas. Si tellus nullum haberet satellitem, sola vi centripeta in solem urgeretur. At quia luna in terram gravis est, evidens fit, inde turbandum esse motum telluris circa solem. Illae tamen inaequalitates in motu annuo sunt valde exiguae; alioquin in motu apparenti solis observarentur. Et quidem recensitae iam inaequalitates lunares, actionibus solis, lunae et telluris productae sunt valde magnae ob lunae tellurisque proximitatem. Verum inaequalitates illae e sole visae apparere debent omnino minimae, ac proinde motus apprens solis parum turbatur. Praeterea quum lunae massa sit longe minor quam massa telluris, manifestum est, inaequalitates ex actione lunae in terram oriundas longe minores esse erroribus actione lunae in terram productis. Hinc ergo intelligitur, actione mutua lunae et terrae motus solis apparentes leviter tantum mutari, seu quod idem est, motus ve-

ri telluris eodem fere modo se habent, ac si tellus nullum haberet satellitem. Attamen in solis theoria *aequationem* adhibere solent astronomi his erroribus convenientem, si magna calculorum subtilitate opus sit.

At gravitas lunae in terram effectum alium satis sensibilem producit. Tanta est nempe actio lunae in terram, ut in mutua attractione plani aequatoris et eclipticae variationem inducat. Quod ut intelligatur, aliqua in memoriam revocari debent. Poni solet in astronomia, tellure circa solem revolvente, ipsum telluris axem sibi semper manere parallelum ita, ut cum ecliptica angulum efficiat  $66^{\circ} \frac{1}{2}$ . Vnde colligitur, planum aequatoris esse inclinatum ad planum eclipticae sub angulo  $23^{\circ} \frac{1}{2}$  et planum istud productum planum aequatoris secare iuxta unicam lineam, quae per centrum solis pertranseat. Atque illa duo coeli puncta, quibus in his duobus casibus respondere videtur praedicta linea, dicuntur *puncta aequinoctialia*. In alio quolibet casu sol ad alterutram aequatoris partem iacet, nempe ad partem borealem tempore aestivo, et ad partem australem tempore hyberno. Puncta haec aequinoctialia fixa non manent, sed lentissime inter stellas moveri videntur ab oriente in occidentem. Atque hoc est phaenomenon, quod *aequinoctiorum praecessionem* iam appellavimus. Illud vero phaenomenon ex motu retrogra-

do nodorum aequatoris et eclipticae intelligitur. Etenim quemadmodum actio solis efficit, ut lunares nodi regrediantur, ita etiam si planeta aliquis circa terram prope illius superficiem revolveretur in plano aequatoris, nodi regrederentur quoque. Iam ponamus, augeri planetarum numerum, donec se invicem tangant, et annulum in aequatore componant; nodi huius annuli regrediuntur etiam, non secus ac singulorum planetarum nodi. Pingamus tandem, hunc annulum telluri adhaerescere, illius nodi deberent regredi, sed lentiori motu, quum annulus tellurem totam, cui adhaerescit, movere deberet. Iam vero quia tellus est oblongata versus aequatorem, excessus materiae in hoc loco gerit vices annuli; sed tardior est motus nodorum aequatoris, quum partes telluris accumulatae, quibus fit, ut tellus non sit sphaerica, per illius superficiem sint dispersae. Ac proinde minorem producant effectum, qui maior omnino foret, si addita materia in plano aequatoris sub annuli forma foret disposita. Luna in hunc annulum vim maiorem exercet, quam sol, ob minorem illius distantiam. Et utriusque actio simul in punctis aequinoctialibus regressum inducit ita, ut temporis intervalum inter duo proxima aequinoctia, quod *annum tropicum* vocant astronomi, minus sit anno periodico, quo scilicet tellus ab uno orbitae suae puncto ad

idem punctum regreditur. Itaque generaliter explicavimus praecessionis aequinoctiorum causam. Si autem ponamus, tellurem proxime sphaericam et versus aequatorem oblongatam, quantitas motus viribus solis et lunae in hunc annulum producta, et accuratori calculo computata cum observationibus astronomicis praeclare consentit. Quare haec rursus confirmantur, quae de figura telluris iam antea ostendimus. Haec dicta sint de lunae et solis actione in motum telluris, praetermissis aliorum planetarum actionibus. Singuli enim planetae in attractionis generalis systemate telluris motum turbare debent, sed errores inde oriundi ob maximam planetarum distantiam vel minorem illorum massam ab astronomis negligi solent. Verum actionem veneris in terram post detectum eius satellitem maiori diligentia nunc aestimare licebit. De his omnibus mutuae gravitatis effectibus praeclarissima opuscula tradiderunt magni quidam viri. Sed sublimiorem explicarunt doctrinam, quam quae haec locum habere possit.

III. Non solum in corporum coelestium motibus sese manifestant mutuae gravitatis effectus, sed in terrestribus quoque phaenomenis, et qui omnium oculis observantur, facile conspicua est attractio. Ineptissimas de fluxu et refluxu maris philosophorum quorundam opiniones referre superfluum omni-

no est, genuinam atque omnino indubitam huius phaenomeni causam in sequenti conclusione explicabimus.

### CONCLUSIO.

EX ACTIONE LVNAE ET SOLIS REPÉTENDA  
SVNT AESTVS MARINI PHAENOMENA.

Prob. Constat aestus maris duobus oppositis motibus fluxu scilicet et refluxu. In oceano, praesertimque sub zona torrida; maxime conspicui sunt huiusmodi motus. Maris aquae per horas circiter sex fluunt versus littora: et latissime occupant, atque in medio maris subsidunt. Deinceps per horas totidem refluunt inde longissime: littora sicca relinquunt, atque versus medium atolluntur. Horum motuum primus dicitur *fluxus*, alter vero *refluxus*. Ut autem conclusionem hanc recto ordine demonstremus, varia praemitti debent aestus marini phaenomena. Triplex observatur aestus marini periodus, *diurna*, *menstrua* et *annua*. Periodus diurna definitur spatio horarum 24 et minutorum primorum 49, quo scilicet tempore fluxus et refluxus bis contingit, atque hoc intervallum est tempus ipsum inter transitum lunae per meridianum et reditum ad eundem. Periodus menstrua in eo posita est, quod aestus sint maiores in noviluniis et pleniluniis quam



Fig. in quadraturis, sive ut accuratius loquamur in qualibet lunatione aestus contingunt maximi, ubi luna 18 circiter gradibus distat a plenilunio vel novilunio; aestus autem fiunt minimi, ubi luna totidem 18 gradibus distat a quadraturis. Tandem quod spectat ad periodum annuam, haec in eo sita est, quod aestus in diebus aequinoctialibus celebrati sint maximi in noviluniis et pleniluniis, in quadraturis autem minores sint quam in aliis lunationibus. Contra autem in diebus solstitialibus aestus minores sunt in pleniluniis et noviluniis quam in aliis lunationibus; at in quadraturis maiores quam in lunationibus aliis aestus contingunt. Ex his generalibus phaenomenis iam evidens est; aestum maris reciprocum magnam cum moribus lunaribus societatem habere. Sed rem totam distincte explicemus. Fingamus, lunam  $l$  quiescere, et ponamus, terram  $T$  esse globum solidum quiescentem ad datam altitudinem immersum fluido homogenero et elasticitate destituto  $FCfO$  cuius superficies sit sphaerica. Ponamus deinde, huius fluidi partes singulas ad centrum globi vi gravitatis tendere, easque a sole et luna attrahi. Si fluidi et globi immersi partes singulae vi aequali et secundum directiones parallelas traherentur; evidens est, in hoc casu lunae et solis actione moveri dumtaxat totam globi et fluidi massam, eadem manente partium positione respectiva. At se-

undum attractionis leges hemisphaerii superioris  $FCf$  partes, luminari scilicet proximiores, maiori vi attrahuntur quam centrum globi  $T$ , et contra vi minori attrahuntur partes hemisphaerii inferioris  $FOf$ . Quare si actione solis vel lunae centrum globi  $T$  moveatur, fluidum superius  $FCf$  vi maiori attractum, ad motum vi maiori tendere debet quam centrum, ac proinde adscendere debet fluidum vi, quae aequalis sit differentiae virium, quae fluidum superius et centrum globi attrahunt. Contra hemisphaerii inferioris  $FOf$  fluidum quum minus attrahatur quam centrum globi  $T$ ; tardius movebitur, ideoque fugiet centrum, ut ita dicam, hoc est, a centro recedet vi, quae circiter aequalis sit vi hemisphaerii superioris. Igitur intumescet fluidum in duobus punctis oppositis  $C$ ,  $O$  lineae  $IT$  per solem et lunam transeuntis: accurrent singulae fluidi partes ad puncta illa, et eo maiori velocitate, quo iisdem punctis proximiores sunt. Hinc manifestum est, cur aquae maris in duobus eiusdem meridiani punctis oppositis eodem tempore intumescant atque detumescant. Hinc etiam intelligitur, aestum maris non ex tota solis et lunae actione provenire, sed ex differentia virium, quas luminaria illa exercent in centrum terrae et in fluidum tam superius quam inferius. Hanc virium differentiam appellabimus deinceps *actionem solarem vel lunarem*.

Vires illas seorsum aestimare et cum vi gravitatis comparare docuit Newtonus, et ex virium centralium doctrina demonstravit, actionem solis esse ad vim gravitatis ut 1 ad 128682000. Quamvis autem non ita accurate determinata sit actio lunaris, utpote quia pendet e<sup>ss</sup> massa lunae nondum satis cognita; attamen ex quibusdam aestus marini phaenomenis actio lunaris fere quadruplo maior invenitur actione solari. At quidquid sit de iusta virium illarum differentia, certissimum est, actionem lunae multo maiorem esse actione solis. Iam praecipua phaenomena persequamur.

Quum aquae intumescere debeant in eo maris loco, qui lunae imminet, et in telluris puncto diametraliter opposito *O*; aquas deprimi necessum est in punctis *Ff* distantibus  $90^\circ$  ab iisdem punctis. Simili modo actio solaris efficere debet, ut aquae superiores soli subiectae intumescant, ac proinde et detumescant aquae ab iisdem punctis distantibus  $90^\circ$ . Porro si actiones illae duae simul componantur, evidens est, aquarum adscensum in eodem loco varietatibus plurimis esse obnoxium, tum quod ad ipsam aestus marini quantitatem, tum quod ad horam, pro diversa scilicet loci positione respectu solis et lunae.

Generatim in coniunctionibus et oppositionibus luminarium conspirant vires duae,

quibus aqua tendit in solem et lunam. Nam in coniunctionibus solis et lunae luminaria duo supra meridianum eodem tempore transeunt; in oppositionibus autem, infra meridianum transeunte altero luminari, supra meridianum transit alterum, ac proinde aquas maris coniunctis viribus trahunt luminaria duo. Contra autem in quadraturis, aqua, quae vi solis attollitur, vi lunae deprimitur. Etenim in quadraturis luna distat  $90^\circ$  a sole; ergo aquae actioni lunari subiectae ab aquis soli subiectis distant  $90^\circ$ . Igitur in hoc casu luna attollit aquas: sol eas deprimit. Quare in syzigiis actio lunae conspirat cum actione solari; in quadraturis autem vires duae opponuntur. Ac proinde, ceteris paribus, aestus marini maximi esse debent in syzigiis, minimi autem in quadraturis; ut demonstrant aestus marini phaenomena.

Diei cuiuslibet naturalis intervallo duplex contingit fluxus et refluxus solis actione productus, non secus ac die qualibet lunari duplex aestus celebratur ob actionem lunae. Atque ambo illi aestus iisdem legibus peraguntur, hoc solum observato discrimine, quod aestus lunari actione producti maiores sint iis, qui solis actioni debentur. Quamvis enim solis massa longe maior sit massa lunae, ob maximam tamen solis distantiam illius actio longe minor fit actione lunari. Evidens etiam est ex attractionis legibus, eo

maiolem esse solis et lunae actionem, quo minor est illorum a terra distantia. Si abstrahamus a solis actione, aestus marini altitudo maxima contingere deberet in transitu lunae per meridianum, non tamen considerata vi inertiae, qua aquae non secus ac alia omnia corpora donatae sunt, qua nempe impressum motum servare conantur. Huius autem vis duplex effectus esse debet; horam scilicet, qua contingeret maxima aquarum altitudo, seclusa vi inertiae, debet retardare, et ipsam aquarum altitudinem minuere, ut patet. Etenim ponamus, terram quiescere, et lunam dato alicui terrae loco respondentem consideremus. Seposita solari actione, quae lunari longe minor est, aqua intumescet in loco, qui lunae imminet. Ponamus deinde, terram revolvi: haec respectu motus lunaris velocissime revoluitur, et praeterea aqua, quae vi lunae attollitur, et simul revoluitur cum terra, adquisitionem altitudinem vi inertiae servare nititur. Interim vero recedens a luna aliquam amittit altitudinis suae partem. Quare quum duo illi effectus sibi sint mutuo contrarii, aqua telluris motu translata intumescet versus orientem lunae magis quam facere debuisset sine hoc motu, minus tamen adscendet, quam adscendere debuisset sub luna, quiescente tellure. Igitur telluris motus aestum marinum retardare et aquarum altitudinem minuere debet.

Post fluxum et refluxum per aliquod tempus exiguum neque adscendit mare, neque descendit. Aquae enim vi inertiae quietem et aequilibrium in utroque statu vel fluxus vel refluxus servare conantur. Praeterea quum telluris motus aquarum positionem mutet respectu lunae, ac proinde et ipsius lunae in aquas actionem; turbatur aquarum aequilibrium, et duae illae vires per aliquod tempus mutuo pugnant. His viribus iungi etiam debent aquarum tenacitas, aliaque impedimenta plurima, quae aquarum motum retardant. Proindeque efficiunt, ut aquae e statu altitudinis ad statum depressionis statim non transeant. Luna supra orientales plagas transit, antequam ad occidentales perveniat. Quare in prioribus locis fluxus debet citius contingere. Haec omnia cum aestus marini phaenomenis omnino consentiunt.

Si luna in aequatore semper maneret, evidens est, eam  $90^\circ$  a polis remotam fore, ac proinde sub polis nullus foret fluxus et refluxus. Quare in locis polo proximis fluxus et refluxus esset minimus, et nequaquam conspicuus, praesertim si consideremus enormes glacies, quae in his locis maxime obstant aquarum motibus. Verum quamvis luna non semper maneat in aequatore,  $28^\circ$  dumtaxat ab eo deflectit, ac proinde mirum non est, quod prope polos in latitudine  $65^\circ$  nullus observetur fluxus et refluxus. Iam po-

Fig. namus, lunam 24 horarum intervallo describere circulum aequatori parallelum: aqua in polo per totam hanc diem quiescet, quum luna eandem seruet a polo distantiam. At si die sequenti alterum parallelum luna percurrat, aqua eadem quoque die in polo quiescet, sed magis minusve alta, prout luna minus magisve distabit ad incolarum polarium zenith vel nadir. Consideremus locum aliquem *I* inter lunam *L* et polum *P*. Sic

60. *DA tropicus cancri, BC tropicus capricorni. Si versante luna in tropico cancri AD, fiat aestus in uno hemisphaerio, eodem tempore in hemisphaerio altero DBC fiet aestus in tropico capricorni BC. Contra existente luna in tropico capricorni, aestus, qui fiunt in uno hemisphaerio in tropico capricorni, fiunt eodem tempore in opposito hemisphaerio in tropico cancri. Iam vero locus I in primo casu proximior est puncto A quam puncto B; in secundo vero magis distat a puncto C quam a puncto A. Haec igitur est ratio generalis, cur aestus versus polum borealem maiores esse soleant in transitu lunae per meridianum, luna in hemisphaerio boreali constituta; contra autem aestus sunt minores, dum luna versatur in puncto opposito infra horizontem. Immo longius progrediendo versus polum, unicus dumtaxat fluxus et refluxus 24 horarum spatium contingit. Dum enim luna est infra me-*

ridianum in *I*, a loco dato multo minor est differentia; immo distantia illa ita parum differt a  $90^\circ$ , ut aquae deprimi potius debeant quam attolli.

Quum bis tantummodo in quolibet mense contingat, solem et lunam eidem coeli puncto vel iisdem punctis oppositis respondere; aquae ut plurimum non debent sub luna vel sole immediate adscendere, sed in loco inter haec puncta medio. Ita dum luna pergit a syzigiis ad quadraturas, hoc est, dum nondum distat a sole per  $90^\circ$ , maxima aquarum altitudo fieri debet versus occidentem lunae, et contra, dum luna pergit a quadraturis ad syzigiis. Itaque in primo casu aestus maximus praecedere debet tertiam horam lunarem. Nam aquarum inertia faceret, ut aquae intumescerent tribus horis post transitum lunae per meridianum, at positio respectiva solis et lunae aquarum tumorem produceret ante transitum lunae per meridianum. Contra autem in alio casu aestus maximus tertia hora tardior esse debet. Varia aestus marini phaenomena, quae ex privatis lunae et solis actionibus pendent, non possunt a se invicem distingui, sed simul confunduntur. Aestus lunaris actione solis aliquantulum turbatur, quod quidem singulis diebus contingere necessum est ob dei naturalis et lunaris inaequalitatem. Porro quia aquarum inertia et undulatio aestum marinum retardant;

hinc fit, ut aestus maximi non contingant in coniunctione vel oppositione lunae, sed post duos vel tres aestus. Simili ratione aestus minimi contingunt paullo post quadraturas. Tandem quum hyberno tempore sol telluri proximior sit quam tempore aestivo; aestus marini, qui solstitio hyberno contingunt, ceteris paribus, maiores observantur quam solstitio aestivo. Praecipua aestus marini phaenomena generatim enunciare satis sit. Alia sunt plurima, quae sublimiorem postulant algebrae doctrinam, atque vix umquam explicanda. Interim concludere licet: lunae solisque actioni tribuenda sunt phaenomena illa, quae non solum cum generali attractionis doctrina probe conveniant, sed etiam cum lunae solisque motibus; atqui sic se habent phaenomena modo exposita; ergo ex actione lunae et solis ea derivanda sunt.

#### SOLVUNTVR OBJECTIONES.

*Obiect. 1.* Si attractioni lunae referenda sint aestus marini phaenomena, dum attolluntur aquae supra meridianum, eas infra eundem meridianum deprimi necessum est; atqui observationibus compertum est, aquas in eodem meridiano aequae attolli tum supra, tum infra horizontem; ergo falsa est conclusio. Resp. N. min. Hanc objectionem adversus attractionem newtonianam iactare

non desinunt cartesiani. Verum quam frivola sit, ex demonstratis intelligitur. Manifestum enim est, aquas infra meridianum vi minori attrahi, quam supra meridianum, atque hac attractionum inaequalitate fit, ut aquae in duobus punctis oppositis eodem fere modo intumescere videantur, ut antea explicavimus. In eo situm est cartesianorum sophisma, quod nempe fingant, aquas attolli tota attractione lunae, quum attollantur dumtaxat attractionum differentia; nempe differentia inter attractionem totam et illam attractionem, quam luna in centrum telluris exercet.

*Obiect. 2.* Si luna supra mare transiens ipsius aquas adiiciat, post transitum vero relaxet, sicque fluxum et refluxum producat; in zona torrida, ubi actio lunae est potentissima, mare potissimum intumesceret. At constat, in insula *D. Thomae* appellata et sub ipso aequatore constituta, mare vix ad quatuor pedes adsurgere, in *molucis philippinisque insulis* vix ad pedes duos aut tres; quum tamen in belgicis oris, quae extra zonae fines sunt, ad octodecim usque pedes aquae evehantur. Sic ergo obiici potest: in hypothesis newtoniana actio lunae, ubi potentior est, aestum maiorem produceret; atqui ita non observatur; ergo ex actione solis et lunae derivanda non sunt aestus marini phaenomena. Resp. dist. mai., aestum maiorem produceret, si cetera sint paria, C. mai. se-

cus, N. mai. et cons. Itaque in aestimandis aestus marini phaenomenis attendi maxime debet loci conditio: aestus magnitudo ex ipsa marium magnitudine plurimum pendet. Ita nulli aestui obnoxia observantur maria angustiiori spatio clausa: liberrimus esse debet aquarum fluentium et reffluentium motus, atque ab oriente in occidentem satis vasto intervallo mare extensum esse oportet. Quod quidem ex ipsa attractionis doctrina facile colligitur. Etenim ad producendum aestum necessaria est virium inaequalitas in diversas fluidi partes, attractio scilicet alibi maior, alibi minor esse debet. Porro haec inaequalitas ingentem satis tractum requirit. In tractu enim exiguo actio lunae aequalem ad sensum addit vel demit gravitatem omnibus fluidi partibus, quas proinde eodem semper plano horizontali terminatas esse oportet. Hinc est, quod prope aequatorem, ubi mare inter Africam et Americam angustum est, aestus sint multo minores, quam hinc inde in zonis temperatis, ubi maria late patent. Eadem ratione intelligitur, quare ad litora maior sit aquarum motus, et ad freta angusta maior esse soleat aquarum altitudo quam in aperto mari. Etenim motum actione lunae impressum per longum tempus aquae retinent; quae proinde sustinentur, et novis aquis advenientibus attolluntur magis ac magis, praesertim si procurrentibus aquis impedimenta obiciantur.

tur. Tale phaenomenon observatur ad *Plymotam* et pontem *Chepstowae* in Anglia aliisque locis plurimis. Ex his patet, accuratam aestuum rationem adferri non posse, nisi certissimis observationibus compertae sint singulae locorum circumstantiae. Itaque quidquid demonstravimus in conclusionis probatione, verum est dumtaxat, si maria eodem modo se habeant. Ex his locorum conditionibus pendet, quod mare caspium, mediterraneum, balticum nullos aut fere nullos aestus patiantur. Haec enim maria sunt veluti lacus, qui vel nihil vel angustum fretum cum oceano communicant. Eam ob causam in mari nigro et mari caspio fere nullus esse debet fluxus et refluxus, atque et minimus etiam in mari mediterraneo; sed minor est in mari baltico ob maiorem illius ab aequatore distantiam. In sinu veneto aestus est manifestissimus et maxime regularis. Id vero repetendum est ex ipsa sinus veneti figura, quae talis est, ut aquas magis restringat, easque ad ascensum cogat. Itaque angustiora quoque maria fluxum et refluxum pati possunt, favente locorum opportunitate. Eadem de causa intelligitur fluminum quorundam atque etiam nonnullorum puteorum aestus. Haec phaenomena proculdubio repeti debent ex occulta cum mari communicatione. Quia vero incertae et maxime irregulares sunt huius communicationis viae; tales

aestus incertos et maxime irregulares esse oportet.

*Obiect. 3.* Praecedentibus demonstrationibus repugnare omnino videntur aestus marini phaenomena, quae in portu *Tunquini* observantur. In hoc portu unicus fluxus et refluxus 24 horarum spatio absolvitur, et quidem singulari lege. Dum luna ad aequatorem accedit, nullus fit aestus, et aqua immota manet. At ubi luna aliquam habet declinationem, iam deprehenditur aestus aliquis, et fit maximus, dum luna ad tropicos accedit. Hoc autem notandum est discrimen, quod nempe luna ad partem aequatoris borealem existente, aqua adscendat, dum luna est supra horizontem, contra autem descendat, si luna sit infra horizontem. Nempe fluxus contingit in ortu lunae, refluxus autem in occasu. At si luna declinationem australem habeat, contraria omnino lege aestus peragitur: aqua intumescit in occasu lunae, refluit autem in ortu; ergo ex actione lunae non pendent aestus marini phaenomena. Resp. N. ant. et cons. Ex praemissis principiis phaenomena explicantur. Phaenomenon illud plane singulari repetit Newtonus ex duorum aestuum concursu, quorum aestuum unus ex mari australi per litora sinensia originem habet, alter autem ex mari indico. Quum horum aestuum prior proficiscatur e locis, quorum latitudo est borealis; dum lunae declinatio

borealis est, et dum luna est supra horizontem, aestus fit maior, quam luna existente sub horizonte. Alter autem aestus, qui proficiscitur e regionibus meridionalibus, quarum latitudo australis est, maior est, dum declinatio lunae australis est, luna existente supra horizontem, minor autem, dum luna est sub horizonte. Itaque inter aestus illos alternis vicibus maiores et minores, duo maiores et duo minores singulis diebus simul decurrunt. Dum luna accedit ad aequatorem, fluxusque alterni aequales fiunt, iam aestus omnis cessat, et aqua quiescit. At dum luna ad alteram transit aequatoris partem, fluxus, qui antea erant minimi, fiunt maximi, ac proinde ubi antea contingebant aestus maximi, nunc contingunt aestus minimi, et contra. Itaque singularis ille aestus, qui ad portum *Tunquini* observatur, ex praedictis principiis pendet. Etenim idem aestus in duos vel plures successive advenientes divisus, componere potest alios motus plane diversos.

*Obiect. 4.* Vis attractiva, quae mari commovendo satis esset, in experimentis pendulorum, barometrorum, in corporibus aquae insidentibus aliisque id genus effectibus conspicua maxime foret. Atmosphaera nostra perpetuo fluxu et refluxu tantis viribus agitata, vehementissimis ventorum tempestatibus iactaretur. Hinc concluditur: aestus marini causa non est vis illa, quae in praedictis effe-

ctibus minime conspicua est; atqui in praedictis effectibus nulla vis adficiens observatur; ergo nulla talis actio existit in luna ad elevandas aquas. Resp. N. mai. Quod ad primam spectat obiectionis partem, certissimum est, vires illas, licet mare commovere valeant, nullos tamen effectus sensibiles in gravitatem terrestrem exercere posse. Etenim vim solarem ad excitandos aestus marinos ita exiguam calculo invenit Newtonus, ut minor sit vi gravitatis 12868200 vicibus; summa autem virium solis et lunae invenitur 2032890 vicibus minor vi eadem gravitatis. Igitur quum grani unius differentia in pondere granorum 4000 vix sentiri possit accuratissima etiam statera; perspicuum est, vires solis et lunae simul coniunctas vicibus quingentis minores esse, quam quae pondus corporis cuiusvis statera appensi sensibiliter augere vel minuere possint. Quare nec in pendulorum et barometrorum experimentis, aliisve similibus gravitatis effectibus conspicua esse poterit harum virium actio. Idem facilius intelligitur, facta densitatum aëris et aquae comparatione. Ponamus, aquam in aperto mari ad pedum 60 altitudinem adsurgere: loco aquae substituaturs aliud quodlibet fluidum: ad similem circiter altitudinem illud quoque debet ascendere. Quod evidens est. Etenim si fluidum maiorem vel minorem oceanus aqua densitatem habuerit, a-

ctio solaris singulas fluidi partes attrahens in massa tota vim maiorem vel minorem in eadem ratione produceret, ac proinde eadem forent fluidorum duorum velocitas atque altitudo. Ita columna aëris homogenei et eiusdem cum aëre nostro densitatis ad pedum 60 altitudinem adscenderet, eiusque altitudo singulis diebus 120 pedum differentia variaret, nempe pedibus 60 in adscensu, totidemque pedibus in descensu. At quum mercurius aëre nostro undecies millies circiter gravior sit, differentia 120 pedum in altitudine atmosphaerae linearum duarum dumtaxat differentiam in altitudine barometri produceret. Verum tantilla differentia aliaque variationes longe maiores aliis causis innumeris tribui possunt. Mirum ergo non est, quod oscillationes actione solis et lunae in barometro excitatae difficilius distingui possint. Hortandi tamen sunt diligentiores physici, ut minimas illas differentias subtiliter et scrupulose attendant.

Quod spectat ad alteram obiectionis partem, certum est, actionem solis et lunae, quae aestus marini causa est, per atmosphaeram nostram transmitti, antequam ad maris aquas perveniat. Itaque necessum est, actionem hanc, quodcumque sit illius principium, in aërem nostrum exerceri, ac proinde massae aëreae partes commoveri. Nullum ergo dubium esse videtur, quin actio solis et lu-



nae ad generalem ventorum causam pertineat. Et quidem ex demonstratis evidens est, aestus marini ventorumque originem generatim consideratam esse phaenomena eiusdem generis, ac proinde ad eandem generalem causam referenda. Id autem maxime confirmant venti, qui sub zona torrida ab orientali plaga, et sub zonis temperatis a plaga occidentali certis legibus spirare observantur. Ex illa actiones repetendum videtur, quod frequentissimis vehementissimisque ventorum procellis in certis latitudinibus iactentur naves intra tropicos. Et certe in locis oceani liberioribus, quae obstaculis minus sunt impedita, leges magis constantes in ipsa ventorum vi et directione observantur. Porro haec sermo est dumtaxat de causa generali ventorum, quae solis et lunae viribus debetur. Neque physicis enumerare licet alias innumeras accidentales ventorum causas, quae ex vaporibus per aërem infinita propemodum varietate dispersis oriuntur. Neque etiam attingimus obstacula plurima, quae generalem ventorum causam turbant: illorum vim frangunt, atque directionem mutant. Tandem certissimum est, in generali ventorum causa solis calori partes maximas tribuendas esse. Sed tot tamque difficiles conditiones ad calculum revocari nequaquam possunt. Vnum observare satis erit, actionem lunae in aërem nostrum longe maiorem esse, quam vulgo cre-

ditur a physicis. Absit quidem, ut vanissima de lunari influxu imperitae plebis somnia amplectamur. At quum actio lunae ad mare turbandum vim solarem longe superet, fieri necessum est, huius planetae actionem in aërem nostrum maximam esse et tantam, ut in nostra atmosphaera plurimas diversi generis mutationes adferre possit.

## APPENDIX.

*De quibusdam capitibus praecedentis utilitatibus.*

Vtilissimam esse in arte nautica aestus marini doctrinam, omnibus notum est, nec rem fusius probare opus est. Quamvis autem in navigationis usu tantam fortasse, quantam nonnulli praedicant, utilitatem habere non videatur telluris figura; eam tamen utilitates maximas habere posse, manifestum est, si ad tantam, quae necessaria est, observationum et experimentorum subtilitatem feliciter umquam pervenire possit hominum industria. At dolendum est, ita imperfectum esse praesentem navigationis statum, ut errores, qui in aestimando navis itinere committi solent, erroribus ex telluris figura oriundis longe maiores sint. Quare licet laudandi maxime sint doctissimi viri, qui pro sphaeroidica telluris figura marinas tabulas reformarunt; haec ta-

men tabulae nullius utilitatis esse possunt, donec, arte nautica ad maiorem perfectionem adducta, manifesta tandem esse possit navigationis differentia vel in sphaera vel in sphaeroide. Itaque his praetermissis adhuc expectandis utilitatibus, adolescentes theologiae studiosos monebimus, quod vix credi posset, non deesse perversissimos homines, qui physica mundani systematis causa tam impie abutuntur, ut negandae providentiae divinae occasionem inde arripiant. Data semel, inquit, planetarum impulsione, concessaque attractione, per solas naturae leges, universa mundi structura perpetuusque rerum ordo perseverare debet, sine ulla conservantis vel dirigentis auctoris providentia. Tota scilicet natura his duobus innixa principiis, motu nempe primum impresso et mutua attractione, stabilis firmissimaeque manebit, nec continua supremi artificis actione indigebit. En impietatem non satis deplorandam, et ex iis, quae de rerum conservatione in metaphysica demonstravimus, facile refellendam. Et certe, ; ecquis motum materiae impressit? ; Ecquis materiae vim attractivam certa lege indidit, nisi rerum omnium conditor D. O. M. qui omnia uno intuitu videt, eaque proinde vult exsistere, quamdiu existunt? Ineptum enim est fingere Deum, qui de rebus a se creatis nihil cogitat, easque constitutis semel legibus permittit. Etenim quum

Deus sit ens infinite intelligens, ipsi praesentissima sunt omnia, ac proinde res existunt, et tali modo existunt, quia Deus vult; alioqui Deus nec foret infinite intelligens nec omnipotens, seu non foret Deus. Igitur non philosophantur, sed blasphemant increduli homines, qui materiam a Deo creatam, et primo mundi initio certis legibus dispositam concedunt quidem, sed deinde iisdem legibus eam deseri, et veluti sponte regi adfirmant. Quod explicare solent exemplo horologii affabre elaborati, cuius motus sine adsidua artificis manu perseverat. Hoc quidem exemplo nihil absurdius, quo Deus cum hominibus comparatur. Ens infinite perfectum unico intuitu complectitur omnia eaque unico voluntatis actu conservat. Haec omnia conferantur cum iis, quae diximus in metaphysica.

Physicam mundani systematis causam generatim exposuisse nobis satis fuit, nec vanissimas cosmologiae hypotheses recensere placuit. Duo tamen circa hypotheses illas monenda sunt. Et 1.<sup>o</sup> quidem in nullo physices systemate licet recedere a veritatibus re-velatis, atque a sacris dogmatibus, quae de mundi creatione tradit Moses. 2.<sup>o</sup> Hypotheses fingere licet in iis, quae revelationis et sacrae scripturae auctoritas non docet. Minime ergo probandi sunt severiores nonnulli scriptores, et plus aequo religiosi, qui phy-

sicam universam exigere volunt ad normam sacrae scripturae, innoxiasque hypotheses nec scripturae sacrae nec ecclesiae auctoritate damnatas impietatis accusare non dubitant. Exemplo sit hypothesis newtoniana de radiorum lucis a sole emanatione, quam intemperantiores quidam et imperiti critici a iunt adversari primo Geneseos capiti, in quo lux primo die producta dicitur; sol autem deinde creatus legitur. Quam inepta et maligna sit talis accusatio, nemo non videt. Newtonus enim de praesenti rerum statu loquitur et de lucis solaris propagatione. Praeterea non desunt doctissimi optimique nominis interpretes, qui solis creatione ipsam angelorum creationem intelligunt, quam quidem interpretationem non improbat ecclesia. Neque etiam aequiores sese ostendunt scriptores alii, qui velut impiam et sacrae scripturae contrariam traducunt opinionem, quae terram in mundi creatione aquis coopertam fuisse contendit. In hac sententia nihil omnino est, quod sacrae scripturae contrarium videatur. Et quidem legitur in laudato capite: *Spiritus Dei ferebatur super aquas: fiat firmamentum in medio aquarum, et dividat aquas ab aquis. Congregentur aquae, quae sub coelo sunt, in locum unum, et appareat arida, et vocavit Deus aridam terram.* Heic data occasione paucis verbis hortari non abs re est studiosos adolescentes, ut

in sacra scriptura non profanas quaerant scientias, sed fidei dogmata morumque regulas, quibus credere et sancte vivere discant. At in philosophicis opinionibus, de quibus nihil pronuntiavit ecclesia, sese indulgentiores praebeant.

## CAPVT III.

*De chronologia et calendario.*

*Chronologiae* nomine intelligitur temporum doctrina. Haec autem innititur illustrioribus quibusdam factis seu monumentis, ad quae veluti ad puncta fixa revocari solet universa temporum antiquitas. Illustriora haec documenta, quae *chronologiae* basis sunt et fundamentum, *epochae* vel etiam *aerae* appellantur. Neque in explicanda dumtaxat atque illustranda temporum antiquitate versatur *chronologia*, sed etiam *epactarum*, *periodum* et *cyclorum* ope festa mobilia paschatisque celebrationem consignat atque definit. Itaque proprie loquendo, duplex distingui debet *chronologiae* pars. Prima est tota *historica* in evolvendis factis occupata, altera autem *mathematica* est atque *astronomica*, quae observationes calculosque astronomicos adhibet ad figendas epochas festosque religionis dies constituendos. Haec ultima *chronologiae* pars *calendarii* doctrinam complectitur. Porro ma-

sicam universam exigere volunt ad normam sacrae scripturae, innoxiasque hypotheses nec scripturae sacrae nec ecclesiae auctoritate damnatas impietatis accusare non dubitant. Exemplo sit hypothesis newtoniana de radiorum lucis a sole emanatione, quam intemperantiores quidam et imperiti critici a iunt adversari primo Geneseos capiti, in quo lux primo die producta dicitur; sol autem deinde creatus legitur. Quam inepta et maligna sit talis accusatio, nemo non videt. Newtonus enim de praesenti rerum statu loquitur et de lucis solaris propagatione. Praeterea non desunt doctissimi optimique nominis interpretes, qui solis creatione ipsam angelorum creationem intelligunt, quam quidem interpretationem non improbat ecclesia. Neque etiam aequiores sese ostendunt scriptores alii, qui velut impiam et sacrae scripturae contrariam traducunt opinionem, quae terram in mundi creatione aquis coopertam fuisse contendit. In hac sententia nihil omnino est, quod sacrae scripturae contrarium videatur. Et quidem legitur in laudato capite: *Spiritus Dei ferebatur super aquas: fiat firmamentum in medio aquarum, et dividat aquas ab aquis. Congregentur aquae, quae sub coelo sunt, in locum unum, et appareat arida, et vocavit Deus aridam terram.* Heic data occasione paucis verbis hortari non abs re est studiosos adolescentes, ut

in sacra scriptura non profanas quaerant scientias, sed fidei dogmata morumque regulas, quibus credere et sancte vivere discant. At in philosophicis opinionibus, de quibus nihil pronuntiavit ecclesia, sese indulgentiores praebeant.

## CAPVT III.

*De chronologia et calendario.*

*Chronologiae* nomine intelligitur temporum doctrina. Haec autem innititur illustrioribus quibusdam factis seu monumentis, ad quae veluti ad puncta fixa revocari solet universa temporum antiquitas. Illustriora haec documenta, quae *chronologiae* basis sunt et fundamentum, *epochae* vel etiam *aerae* appellantur. Neque in explicanda dumtaxat atque illustranda temporum antiquitate versatur *chronologia*, sed etiam *epactarum*, *periodum* et *cyclorum* ope festa mobilia paschatisque celebrationem consignat atque definit. Itaque proprie loquendo, duplex distingui debet *chronologiae* pars. Prima est tota *historica* in evolvendis factis occupata, altera autem *mathematica* est atque *astronomica*, quae observationes calculosque astronomicos adhibet ad figendas epochas festosque religionis dies constituendos. Haec ultima *chronologiae* pars *calendarii* doctrinam complectitur. Porro ma-

nifestum est, temporum doctrinam clare explicari non posse, nisi de temporis mensura apud veteres praesertim usitata aliquid praemittamus.

## ARTICVLVS I.

*De temporis partibus atque mensura.*

## DE FINITIO I.

**O**mnibus notae sunt vulgares temporis partes, *dies, horae, hebdomades, menses et anni*. *Dies naturalis*, qui motu apparenti solis ab oriente in occidentem definitur, est illud temporis spatium, quod numeratur, dum sol a meridiano vel aliquo alio circulo horario digressus ad eundem redit. *Naturalis* dicitur, ut distinguatur a vulgari die *artificiali*, quae *dies* simpliciter dicitur, quatenus nocti opponitur. Non idem fuit apud omnes gentes diei initium Babylonii diem aspiciantur ab ortu solis, iudaei et athenienses ab occasu, quod itali nunc faciunt, et a sole occidente horam vigesimam quartam numerant, proximam post solis occasum horam diei *primam* vocant. Diem a media nocte olim inchoabant aegyptii, a quibus Hipparchus hunc computandi morem in astronomiam induxit, eumque secuti sunt Copernicus aliique astronomi. Maxima tamen a-

stronomorum pars commodius duxerunt, diem a meridie auspicari. Sed mos incipiendi diem a media nocte obtinet apud gallos, hispanos, britanos et alias plerasque Europae gentes.

Hora alia est *aequalis*, alia *inaequalis*. Hora aequalis est vigesima quarta pars diei naturalis. Sed praeter crassiorem illam computationem recepta est divisio horae in sexaginta minuta prima, et uniuscuiusque minuti primi in sexaginta secunda, cet. Hora inaequalis est duodecima pars diei artificialis, item pars duodecima noctis. Horae inaequales dicuntur etiam *temporaneae* eo, quod diversis anni tempestatibus variae sint, nempe hora diurna aestiva longior est hiberna, et nocturna brevior. In die autem aequinoctiali hora diurna nocturnae aequalis est. Quare horae aequales dicuntur *aequinoctiales*. His horis usi sunt olim iudaei, romani, hodieque utuntur turcae, atque ita meridies in horam diei sextam incidit.

*Defin. II.* Hebdomas est septem dierum spatium. Variis appellationibus hebdomadis dies distinguuntur. Quum in ipsa mundi creatione divinus artifex sex diebus cuncta digesserit, et septima tandem die *requieverit ab omni opere, quod patrarat*; ad divini operis memoriam institutum videtur, ut hebdomadae septem dierum sibi succedentium ordine distinguerentur, quorum dierum ulti-

Tom. V. Ff

mus *sabbatum* vel *requies* diceretur eo, quod in illo olim creator, eiusque deinde iussu homines requiescerent; quin etiam hebdomada ipsa *sabbatum*, et quaelibet hebdomadae dies *prima*, *secunda* cet. *sabbati* dici consueverit, ut saepissime in evangelio legitur, praesertim vero quum pharisaeus gloriabatur, se *bis in sabbato ieiunare*. Quamvis autem christiani *sabbati* loco dominicum diem, quo Christus a mortuis surrexit, sacrum semper habuerint, et singulas hebdomadae dies *feriae primae*, *secundae* cet. nomine designauerint, plerumque tamen veterem retinuerunt ethnicorum morem, qui singulis diebus planetae alicuius nomen imposuere. Sic *dominica* vel *feria prima* *dies solis*, *secunda lunae* cet. appellantur.

Mensis nomine proprie intelligitur illud temporis spatium, quo luna zodiacum proprio motu percurrit. Est alius mensis huic propemodum aequalis, quem solis motus metitur, estque spatium temporis, quo sol unum signum seu partem eclipticae duodecimam describit. Praeter menses praedictos, de quibus diximus in astronomia, usurpatus etiam fuit mensium civilium usus. Hi autem menses pro regni alicuius aut reipublicae instituto, pluribus vel paucioribus constant diebus. Ita aegyptiis olim placuit, mensem quemlibet diebus triginta constare, diesque illi quinque, ex quibus annus constabat ultra

dierum in mensibus numerum, *epagomenae* dicebantur.

*Defin. III.* Annus est vel *astronomicus* vel *civilis*, anni astronomici utramque speciem, *tropicum* scilicet et *periodicum*, in praecedenti capite explicavimus. Annus civilis in republica aut regno aliquo receptus est quoque duplex, *lunaris* aut *solaris*, prout lunae vel solis motibus est accommodatus. Rursus duplex est annus lunaris *vagus* vel *fixus*. Annus lunaris vagus constat duodecim mensibus syrodicis, vel duodecim lunationibus, quae diebus 354 absolvuntur. Deficit itaque hic annus a solari diebus 11. Vnde fit, ut annorum initia per omnes anni tempestates 32 annorum spatio vagari debeant, atque eam ob causam *vagus* annus dicitur. Hac anni forma utuntur turcae et mahumetani. Iam vero quia 12 lunationes deficiunt ab anno solari diebus 11, in tribus annis solaribus lunationes 36 seu tres anni lunares deficerent a solaribus 33 diebus. Itaque ut retineantur menses in iisdem anni solaris ordinibus, anno tertio mensis integer superadditur. Quod factum est, quoties opus fuerit, ut anni initium in eadem tempestate retineretur, et mensis hic superadditus *embolimaicus* seu *intercalaris* dicebatur. In annis novemdecim huiusmodi menses intercalares sunt septem, unusquisque huius formae *lunaris fixus* nominatur. Tali anno usi sunt

graeci, hosque imitati romani usque ad Iulium Caesarem. Annus civilis, quem metitur solis motus, duplex quoque est vel *fixus* vel *vagus*. Vagus dicitur *aegyptiacus*, quo utebantur aegyptii, et constabat diebus 365, ac proinde ab anno tropico horis fere sex deficit; quibus sex horis neglectis fit, ut quarto quolibet anno uno die annum solarem antevertat annus vagus; ideoque quatter 365 annis, hoc est, annis 1460 initium eius vagatur per singulas anni tempestates.

*Defin. IV.* Quum annus aegyptiacus, qui 365 diebus constat, fere sex horis deficiat a vero anno solari, horarum illarum ratio habenda est, ut anni aegyptiaci solaribus conformes fiant. Praeterea anni civilis idem initium esse debet, ab eadem scilicet diei hora. Neque enim convenit, annum inconstanter incipere modo ab una diei hora, modo ab alia; quod tamen contingeret, si singulis annis adderentur sex praedictae horae. Quare opportunum iudicatum est, ut horae illae trium annorum spatio accumulatae, quarti anni horis sex adderentur, integrumque diem efficerent. Hac enim die addita quarti anni diebus 365, idem quartus annus cum motu solis congruet. Huius emendationis commodum intelligens Iulius Caesar quarto quilibet anno diem *intercalarem* adiiciendum iussit, ut nempe adhibita hac correctione quartus annus constaret diebus 366. Haec

autem dies addita est mensi februario. Quia vero in anno vulgari dies februarii 24 dicitur *sextus calendas martii*, seu *sextus ante calendas*, statuit Caesar, ut quarto quolibet anno haec dies bis diceretur ita, ut in illo anno sint bini dies, quorum quilibet erit *sextus ante calendas martii*. Qua de causa annus ille *bissextilis* dicebatur. Haec forma anni a Iulio Caesare constituta vocabatur *iuliana*. Atque haec est illius dispositio, ut quartus annus quilibet sit bissextilis dierum 366, reliqui tres communes 365 dierum. Observandum tamen est, iusto maius esse tempus anno solari a Iulio Caesare tributum. Nam sol periodum suam in ecliptica absolvit diebus 365, hor. 5, min. 49. Ac proinde undecim minutis primis citius cursum suum sol repetit, et ab initio anni iuliani hoc temporis intervallo aberrat. Si, e. g. sol in aliquo anno vigesima die martii aequinoctium meridie celebraverit, proximo anno undecim minutis ante meridiem ad aequinoctialem circulum perveniet, et anno sequenti viginti duobus minutis ante meridiem eundem circulum attinget. Atque ita singulis annis sol motu suo 11 minutis annum civilem antevertet; ac proinde annis 131 integrae diei *anticipationem* produci necessum est. Quare aequinoctium coeleste non in eodem semper anni civilis die haerebit, sed sensim versus initium anni regrederetur et-

rore tam manifesto, ut in dubium vocari non possit.

Dum tempore concilii nicaeni de paschatis celebrandi terminis actum est, aequinoctium vernale in diem 21am martii incidebat. Sed perpetua eiusdem aequinoctii anticipatione tandem anno Domini 1582, quo calendarii iuliani reformatio facta est, observatum est, solem iam a die undecima martii aequatorem attigisse, hoc est, per integros decem dies citius, quam tempore concilii nicaeni. Itaque quum summus pontifex Gregorius XIII aequinoctium ad diem 21 martii restituere cuperet, dies illos decem e calendario exemit, statuitque, ut dies undecimus martii vigesimus primus numeraretur. Ne autem deinceps idem incommodum obreperet, cautum est, ut centesimus quisque annus *communis* esset, qui secundum iuliani calendarii formam debebat esse *bissextilis*, at quartus quisque centesimus bissextilis maneret. Nova haec anni forma a summo pontifice Gregorio XIII, cuius auctoritate stabilita est, *gregoriana* nomen habuit. Hanc receperunt catholicae omnes regiones, atque etiam inter protestantes plurimae, et paucis abhinc annis Anglia, quae hactenus repugnauerat, huic emendationi subscripsit. Haec de anno gregoriano obiter dicta sint, rem enim fusius explicabimus in speciali articulo de calendario.

## ARTICVLVS II.

De illustrioribus epochis praecipisque periodis.

## I.

Quemadmodum in coelo sunt certa puncta, a quibus astronomi in motuum coelestium computatione initium capiunt, ita etiam sunt certa temporis puncta, a quibus tamquam radicibus calculos suos inchoant chronologi. Hae radices *epochae* seu *aerae* dicuntur; a quibus anni et tempora numerantur. Duplex est epocharum genus. Aliae nimirum sunt epochae *sacrae*, quae in sacris literis traditae sunt vel adhibitae, in quibus nempe annorum series ab aliqua re gesta in sacris scripturis memorata numeratur; aliae sunt *profanae*, quibus alii scriptores utuntur, et ab aliquo facto, quod a profanis solum scriptoribus memoratur, originem sumunt. Prima inter epochas sacras est illa, quae ab ipsa mundi origine incipit, diciturque epocha *orbis conditi*. De hac epocha insignes sunt controversiae. Alii contendunt, mundum conditum esse ante Christum natum annis 3950; alii, Christo nascente, aetatem mundi fuisse annorum 3983, adfirmant. Ecclesia graeca et imperatores orientis utuntur epocha, quae mundum longe antiquiorem facit: secundum illo-



rum aeram mundus conditus est annis ante Christum 5590. Prolixius esset referre varias de mundi antiquitate opiniones; hanc quaestionem iterum revocabimus in appendice. Aliae sunt epochae sacrae quamplures, quarum praecipuae sunt *diluvium, vocatio Abrahamae, exitus ab Aegypto, iudaei a regibus gubernati, captivitas babylonica*. Sed epochae illae apud varios auctores variae sunt pro diverso, quod quisque amplectitur, chronologiae systemate. Hanc autem chronologiae varietatem, paucis deinde, quantum licet, expendemus, atque etiam aerae christianae difficultates exponemus. Huius celebris epochae initium ex recepto ecclesiae usu post Dionysii exigui tempora conicitur in annum urbis conditae 753. Dionysius exiguus sexto ecclesiae saeculo profanis epochis antea usitatis natalem Christi Domini diem substituit. Consensu unanimi recepta atque approbata fuit haec epocha, quae ideo *vulgaris* appellatur, atque secundum hanc epocham praesens annus numeratur 1761 post Christum natum. Verum quamvis aerae christianae initium a prima die ianuarii post Christum natum sumi debeat; quia tamen annum, quo Christus natus est, nondum pro comperto habent chronologi; hinc factum est, ut servata vulgari aera ecclesiae usu consecrata, de aerae christianae initio varias proponant opiniones. Sed quidquid sit de illa

opinionum varietate, quam deinde examinabimus, nullus hodie exstat in doctrina temporum vel mediocriter versatus, qui dionysianam epocham pro vera habeat. Hanc tamen epocham plurimum saeculorum usu frequentatam merito retinet ecclesia, ne temporum ordo et recepta rerum ecclesiasticarum series turbentur.

II. Longe maior in profanis quam in sacris epochis varietas reperitur. Inter profanas epochas antiquissima et celeberrima est *olympiadum* epocha, cuius initium refertur ad annum 776 ante Christum natum in ipso plenilunio post solstitium aestivum. Frequentissimi usus est haec epocha in historia antiqua. Originem habuit ex ludis *olympicis*, qui singulis quattuor annis, quinto ineunte, celebrari consueverant.

Olympiadum epocha non multo anterior est quam epocha *Romae* seu *Vrbis conditae*, quae duplex est, *varoniana* et *capitolina*. Prior Urbem conditam ponit anno ante Christum 753, altera anno 752. Quamvis autem praecisus temporibus praecedentium epocharum usus apud graecos maxime floruerit. Ptolemaeus tamen, aliique astronomi veteres aera Nabonassarum babyloni regis saepissime usi sunt. Haec autem aera coepit anno ante Christum 747. Aliae sunt epochae plurimae, quas recensere longius foret et superfluum, quum in omnibus chronologorum libris passim repe-

riantur. Verum ad perfectam epocharum omnium notitiam necessaria omnino est periodus *iuliana*, quae constat annis 7980. Huius periodi initium fingitur annis 764 ante mundum conditum, et nondum est terminata. Ac proinde res omnes gestas universasque epochas complectitur. Annus ante Christum fuit periodi iulianae annus 4713. ideoque ex dato aerae christianae anno statim invenitur annus periodi iulianae respondens, si nempe proposito anno addantur 4713. Et contra si ab anno periodi iulianae auferantur 4713, differentia praebet annum aerae christianae quaesitum. Sed rem utilissimam explicemus.

*Defin. 1.* Ex trium cyclorum lunae, solis et indictionis multiplicatione conflatur periodus iuliana annorum 7980. Cyclorum illorum rationem exponemus. *Cyclus* appellatur certa series numerorum ex ordine ad fixos usque terminos progredientium, et eodem deinde non interrupto ordine redeuntium. Haec fuit cyclorum origo. Revolutio nempe apprensus solis circa terram in 24 horas pro arbitrio primum divisa fuit, atque ad hanc divisionem tamquam ad basim et fundamentum revocatae fuerunt omnes temporis mensurae. In usu civili usurpabantur dumtaxat horae vel horarum tempora *multipla*, dies scilicet, anni cet. At solis aut corporis cuiusvis alterius coelestis motus annuus neque

per horas neque per tempora horarum multipla accurate mensurari et dividi potest. E. g. revolutio solis annua est dierum 365, hor. 4, min. 49 quamproxime; revolutio lunae est dierum 29, hor. 12, min. 44. Itaque ad eliminandas fractiones obtinendosque numeros integros, qui dies et annos dumtaxat continerent, excogitati fuerunt cycli, qui plures eiusdem sideris revolutiones comprehenderent ita, ut post certam annorum seriem ad eundem coeli locum sidus rediret. Talis est celebris cyclus lunaris, qui est periodus annorum 19 solarium, vel annorum 19 lunarium cum mensibus 7 intercalaribus, quo tempore elapso, plenilunia et novilunia in easdem anni iuliani dies incidunt. Haec periodus vocatur etiam *metonica* ab auctore suo Metone atheniensi, illiusque commoditatem et excellentiam tanti faciebant veteres, ut annum cycli pro quolibet anno proposito aureis litteris inscribere consueverint, illumque *numerus aureum* appellaverint. Sed cycli huius utilitatem explicavimus in proximo articulo, ubi de calendario. Primus annus aerae christianae numerum aureum habuit 2, seu cyclus initium habuit anno ante Christum natum. Quare si anno Christi cuilibet proposito addatur 1, et summa per 19 dividatur, numerus, praeter quotientem, residuus aureum propositi anni numerum exhibebit. Cyclus solaris est 28 annorum periodus, quae in 1

initium, et in 28 finem habet. Ille autem cyclus non ita appellatur, quasi ex motu solari pendeat, sed quod adhibeatur ad definiendam diem *dominica*, quae olim *dies solis* vocabatur. Talis est nempe huius cycli periodus, ut annis 28 completis, anni dies in iisdem hebdomadae diebus recurrant. Huius quoque cycli constructionem et usum in proximo articulo ostendemus. Cycli solaris epocha novem annis ante Christum natum incipit. Quare ad inveniendum anni cuiuslibet propositi cyclum solare, numero dato addatur 9, summaque per 28 dividatur, residuum exprimet cyclum quaesitum; quotus autem cycli solaris periodos post Christum natum indicabit. Si vero nullum sit residuum, annus propositus erit ultimus cycli solaris annus; quod evidens est ex cycli solaris natura. Praeter cyclos lunae et solis est alius cyclus, qui *indictionum* dicitur, apud romanos in diplomatibus caesareis frequenter usurpatus. Nullam habet cum motibus coelestibus connexionem, isque nihil aliud est quam annorum 15 revolutio, quibus expletis, rursus eiusdem periodi recurrit initium. Anno ante Christum natum indictionis numerus fuit 3. Ac proinde si anno Christi addantur 3, et summa dividatur per 15, residuum erit ipse indictionis annus. His praemissis inveniendae periodi iulianae rationem exponemus.

*Probl. I. DATIS ANNIS CYCLI SOLARIS, LUNARIS ET INDICATIONIS, INVENIRE ANNUM PERIODI IULIANAE.*

Ex periodi iulianae natura evidens est, inveniendos esse tres numeros huius conditionis, ut primus sit *multiplus* numerorum 19 et 15, seu eorum producti 285, ut per 28 divisus relinquat numerum cycli solaris; secundus sit multiplus numerorum 28 et 15, seu eorum producti 420, ut divisus per 15 relinquat numerum cycli lunaris, tertius denique sit multiplus numerorum 28 et 19, ut per 15 divisus relinquat numerum cycli indictionis. Horum numerorum summa, si minor sit 7980, erit annus periodi iulianae quaesitus; si autem maior fuerit, dividatur per 7980, et residuus numerus erit annus periodi iulianae. His conditionibus satisfieri facile potest ope algebrae, primus numerus est 4845, secundus 4200, tertius 6916, ut patet. Illi enim numeri habent conditiones requisitas. E. g. sit cyclus solaris 3, lunaris 4, indictionis 5, ducatur 4845 in 3, productum erit 14535. Item multiplicetur 4200 per 4, habebitur productum 16800, tandem fiat multiplicatio numeri 6916 per 5, productum fiet 34580, habebiturque 6915 productorum summa, qua divisa per 7980, quotus erit 8; residuum autem 2075 exhibebit annum periodi iulianae quaesitum. Porro ex da-

tis conditionibus problematis patet, in tota periodo unicum esse annum, qui datis cyclis respondeat, ac proinde si cuiusque anni cyclos in suis annalibus notassent historici, omnis tolleretur temporum ambiguitas.

Praeter periodum iulianam est et alia periodus, quae *victoriana* a suo auctore Victorio, aut *dionysiana* a reformatore Dionysio dicitur. Periodus illa ex cyclis solis et lunae in se invicem multiplicatis conflatur, ac proinde annis 532 absolvitur.

*Probl. II. INVENIRE ANNUM PERIODI DIONYSIANAE, DATIS CYCLORVM SOLIS ET LVNAE ANNIS.*

Problema huc revocatur, ut nempe inveniatur duo numeri tales, quorum unus dividi possit per 28 sine residuo, at si per 19 dividatur, residuum sit 1, alter autem sine residuo dividatur per numerum 19; at si per numerum 28 dividatur, residuum sit 1, ut patet ex natura periodi dionysianae. Numeri autem illi per algebram quaesiti prodeunt 476 et 57. Manifestum enim est, numeros illos conditionibus propositis satisfacere. Itaque numerus cycli solaris datus pro quolibet anno proposito multiplicetur per 57, itemque numerus cycli lunaris ducatur in 476. Productorum summa dividatur per 532; numerus residuus, nulla habita ratione quoti,

erit annus periodi dionysianae quaesitus. At si dato anno aerae christianae inveniendus proponatur annus periodi dionysianae, res est magis expedita. Anno dato addatur numerus 475, summa dividatur per 532, numerus residuus, praeter quotientem, indicat annum periodi quaesitum. Ceterum totam huius problematis rationem arithmetica declarare longius foret. Satis sit observare inventos numeros propositae quaestioni satisfacere, quod evidens est

### ARTICVLVS III.

*De calendario.*

#### DEFINITIO I.

*Calendarium* est dierum in anno civili dispositio secundum priores menses et eorundem in hebdomas distributio, festis etiam adsignatis. Inter varias calendariorum formas *calendarium iulianum* et *gregorianum* considerabimus. *Calendarium iulianum* illud est, in quo cycli solaris ope distribuuntur hebdomadae dies secundum seriem litterarum A, B, C, D, E, F, G. *Novilunia* autem et *plenilunia*, praesertimque *plenilunium paschale*, numeri aurei ope disponuntur. Totam *calendarii* huius formam breviter explicabimus. *Hebdomadarum* distributio fit per litteras al-

phabeti septem priores A, B, C, D, E, F, G, hoc ordine; prima scilicet ianuarii dies notatur littera A, secunda B, tertia C, et ita deinceps usque ad G, quae diei septimae adfigitur, et rursus eodem seruato ordine, diei octavae iterum apponitur littera A, nonae die B, decimae C, atque sic successiva litterarum repetitione singulae anni dies aliquam obtinent litteram in calendario, et ultimo diei decembris adscribitur littera A. Nam si 365 dies diuidantur per 7, proveniunt hebdomadae 52, et unus praeterea superest dies. Si nullus superesset dies, anni omnes ab eodem hebdomadae die semper inciperent, et quilibet mensis dies in determinatum hebdomadis diem perpetuo incideret. Quia vero in anno praeter hebdomadas completas remanet unus dies; factum est, ut annus in eodem desinat die, a quo incipit. E. g. in anno communi 365 dierum, si annus incipit die dominica, ultimus anni dies erit etiam dies dominica, et primus sequentis anni dies est dies lunae. Litteris hac ratione dispositis in anno communi littera, quae primae ianuarii dominicae respondet, per totum illum annum dominicas indicabit, ideoque littera illa istius anni *dominicalis* vocatur. Si prima ianuarii dies sit dominica, cui respondet littera A, ultima erit quoque dominica, ut patet ex dictis, ac proinde annus sequens die lunae incipiet, et dominica cadet in diem septi-

num, cui respondet littera G, quae ideo erit littera dominicalis per totum illum annum. Si annus die lunae incipiat, die quoque lunae desinet, et anno sequente prima ianuarii dies cadet in diem martis, primaque dominica cadet in sextam mensis diem, cui in calendario respondet littera F, atque eodem modo anno sequente littera dominicalis foret E, et hac ratione litterae dominicales ordine semper retrogrado feruntur per G, F, E, D, C, B, A. Evidens est, ut iam diximus, per totum annum *communem* seu non bissextilem eadem littera cuiuslibet hebdomadae diem semper indicari, quum dominica septem dierum ordine constanter redeat. Verum quoniam quartus quilibet annus est bissextilis, dierum scilicet 366, ultra hebdomadas 52 supersunt dies duo. Quare si annus ille incipiat die dominica, in die lunae terminabitur, ex proximus post hunc bissextilem annus a die martis incipiet, primaque eiusdem anni dominica in sextam mensis diem cadet, cui respondet littera F pro sequentis anni dominicali. Itaque quum annus bissextilis post singulos quattuor annos recurrat; hinc manifestum est, singulis septem annis quater sumtis, hoc est, 28 annorum intervallo recurrere eundem litterarum dominicalium ordinem, qui quidem ordo annorum bissextilium recursu non turbatus singulari septenniis rediret. Hinc oritur *cyclus solaris* annorum

28, de quo iam mentionem fecimus, quo nempe completo, eadem recurrit litterarum dominicalium series. Ex his autem patet, qua ratione construi possit pro calendario iuliano litterarum dominicalium vulgaris tabula. Cycli solaris primus annus est bissextilis, cui respondent litterae dominicales G, F. Secundi anni littera dominicalis est E, tertii D, quartis C, quintus cycli annus rursus est bissextilis, cui congruunt litterae dominicales B, A cet. et ita deinceps. Hinc facile comparatur tabula, quae litteras dominicales cuilibet cycli solaris anno respondentem exhibet. Quare si inveniatur cycli solaris annus, ut antea docuimus, statim patet littera dominicalis e latere respondens. Si tabula duas demonstrat litteras dominicales, quod in anno quolibet bissextili contingit, litterarum prima valet usque ad 24. am diem februarii *inclusiue*, altera autem reliqua anni parte usurpatur.

II. Praeter hanc, quam explicauimus, litterarum dominicalium distributionem, quae stabiles dies festos certis anni diebus adligatos determinat, in calendario consignantur etiam dies festi mutabiles, qui in diversis annis diversis diebus celebrantur, qui proinde non ex solis, sed ex lunae motu pendent. Tale est sanctum paschatis festum, quod die dominica post plenilunium *vernale* celebrari, praecipit ecclesia. Plenilunium autem *vernale*

illud appellatur, quod in ipsam aequinoctii vernalis diem incidit, vel eam proxime sequitur. Primo itaque ad definiendum paschatis celebrandi tempus constituendum est aequinoctium, quod diei martii 21 adfixum statuitur in calendario iuliano. Novilunia autem et plenilunia cycli lunaris et numeri aurei ope in eodem calendario definiuntur. Hac autem ratione numeri aurei diebus calendarii adscribuntur. Adhibito quolibet anno, pro initio cycli, cui numerus aureus I tribuitur, notentur in singulis mensibus noviluniorum dies, atque eo anno e regione horum dierum scribatur character I. Quoniam autem, e. g. novilunia accidebant ianuarii 23, februarii 21, martii 23 cet.; e regione horum dierum in cycli lunaris columna scribitur unitas. Sequenti anno notatis noviluniis e regione dierum, quibus acciderunt, scribitur in numerorum aureorum columna character 2. Idem fit tertio anno, et ita deinceps, donec absolutus fuerit cyclus annorum 19. Iuliani calendarii constructionem explicauimus. Nunc calendarium gregorianum exponamus, et deinde calendarium utrumque diligentius expendemus.

III. Alia est calendarii gregoriani forma, tum quod ad litteras dominicales, tum etiam quod ad festa mobilia. Calendarii reformatio sub Gregorio XIII litterarum dominicalium sedem mutauit. Nam ineunte anno 1582 lit-

tera dominicalis fuit G, sed de multis diebus decem post quartam diem octobris, littera dominicalis pro reliquo anno fuit C. Etenim anno 1582 pro die 5 octobris diem 15 numerari decrevit summus Pontifex, ut nempe aequinoctium ad eam reuiceretur diem, in quam incidebat tempore concilii nicaeni. Iam vero eiusdem anni cyclus solaris fuit 23, ac proinde G fuit littera dominicalis (*ex dem.*). Quare septima dies octobris, in qua occurrit littera G, debuit esse dominica, ideoque dies 4 octobris, cui respondet littera D, fuit dies iouis, dies 15, cui respondet littera A, fuit dies veneris, ac proinde littera C, quae diei 15 respondet, dominicam diem indicabat. Quare littera dominicalis in calendario iuliano litterae dominicalis sedem in calendario gregoriano locorum quattuor intervallo praecedit; quum in primi calendarii forma littera A respondeat litterae D in calendario gregoriano. Praeterea in eodem calendario perpetuus non est litterarum dominicalium ordo. Nam quum annus 1600 fuerit bissextilis, communis autem fuerit annus 1700; litterarum dominicalium seriem anno 1700 turbari oportuit; idem ordo mutabitur quoque annis 1800, 1900, cet. in omnium denique saeculorum initio, si primus saeculi annus non sit bissextilis.

Inde autem facile colligitur, qua ratione in calendario gregoriano cycli solaris ta-

bula construi possit. In cyclo solari pro calendario iuliano loco litterae G substituitur littera C, quae nempe respondeat cyclo solari 23, atque ita facile comparabitur cycli solaris tabula in calendario gregoriano. At manifestum est, tabulam illam valere dumtaxat ab anno 1582 usque ad 1700. Etenim quum singulis quattuor centesimis annis unicus dumtaxat annus centesimus sit bissextilis in calendario gregoriano, bissextiles autem sint anni singuli centesimi in anno iuliano, patet, annos 1700, 1800, 1900 non esse bissextiles, quales esse debent in calendario iuliano, ac proinde pervertitur litterarum dominicalium ordo. Superfluum iudicamus haec describere cycli solaris tabulas, quae passim reperiuntur, satis fuit explicasse principia, ex quibus intelligi et construi possunt. Ceterum litterae dominicales sine cyclorum ope facile inveniuntur hoc modo. Invenienda proponatur littera dominicalis ann. 1755. Disponantur litterae dominicales hoc ordine B, A, G, F, E, D, C, addantur 55 numero 13, ob 13 annos bissextiles, qui ab anno 1701 usque ad 1755 interfluxere *exclusive*, hoc est, non numerato anno 1755, fiatque divisio per 7, residuum; exhibet litteram dominicalem E. Si autem annus sit bissextilis, iam litterae per residuum numerum datae iungenda est littera proxime sequens. Huius operationis ratio statim patet. Etenim

ann. 1701 littera dominicalis fuit B. Si anni singuli unicam haberent litteram, diviso per 7 annorum numero, qui ab anno 1700 elapsi sunt, quotus hanc litteram indicaret. Verum annus quilibet bissextilis facit, ut annus sequens litterae unius intervallo regrediatur. E. g. annus 1705 loco litterae dominicalis E habuit D. Igitur duo anni bissextiles efficiunt, ut annis duarum litterarum intervallo retrahatur, ideoque septem anni bissextiles efficiunt, ut toto septem litterarum intervallo regressus fiat; hoc est, litterarum ordo rursus incipit. En totam huius operationis rationem, ex qua etiam facile intelligitur, ultimam litteram C fore dominicalem, si divisione facta, nullum supersit residuum.

IV. In calendario gregoriano *epactarum* ope definiuntur novilunia et plenilunia, paschatis festum, et quae ex eo pendent festa mobilia. *Epactam* appellant chronologi mensis solaris et mensis lunaris synodici differentiam, vel etiam differentiam anni solaris et anni lunaris synodici, aut etiam plurium utcumque mensium aut annorum solarium itidemque lunarium numero aequalium differentiam. Igitur epactae vel sunt *annuae* vel *menstruae*, prout nempe sunt annorum vel mensium solarium et lunarium differentiae. Itaque quum annus iulianus sit 365 dies. 6 hor. annus autem lunaris sit 354 dies. 8 hor. 48'

38''; epacta annua est 10 dies. 21 hor. 11' 22'' hoc est, dierum circiter 11, ideoque duorum annorum epacta est dies. 22, annorum trium epacta est dies. 33 vel potius dierum 3, quam 30 dies constituent mensem *embolismicum* sive *intercalarem*. Simili ratione epacta annorum 4 erit dierum 14, et ita deinceps, ac proinde epacta anno quolibet decimonono erit 30 vel 0. Quare vicesima epacta erit 11, ac proinde epactarum cyclo cum numero aureo, seu epactarum cyclo annorum 19 desinit, et cum eodem rursus incipit.

Praeterea quum menses lunares post singulos 19 annos iidem redeant, hoc est, desinente hac periodo iisdem diebus recurrant, ita differentia inter annum solare et lunarem post annos 19 eadem redit. Quia vero anno lunari haec addenda est differentia, ut cum anno solari concilietur, sive ut anno solari aequalis fiat; differentiae illae, quae ad singulos cycli lunaris annos respective pertinent, *epactae annuae* vel simpliciter *epactae* appellantur. Quare epactae nomen in usu vulgari significat numerum anno lunari addendum, ut cum solari congruat. Ex hac mutua cycli lunaris et cycli epactarum connexionem pendet regula, quae ad inveniendam epactam dato cuiuslibet cycli lunaris anno convenientem adhiberi solet. Multiplicetur nempe datus cycli lunaris annus per numerum



11; si productum sit minus quam 30, pro epacta quaesita haberi debet; si autem maior sit, hoc dividatur per 30; facta divisione, quod residuum est, erit epacta quaesita. Porro ex his praeceptis evidens est, epactam inventam esse *iulianam*. Qua ratione inveniri possit epacta *gregoriana*, mox praescribemus. Interim patet, epactae ope pro quolibet anno dato inveniri posse novilunii dies. Anni dati epacta mensis numero addatur, sumto initio a mense martio *inclusive*. Si summa minor fuerit quam 30, haec ex 30 subtrahatur; si maior, haec auferatur ex 60, quod remanet, novilunii diem indicabit. Si pro mensibus ianuario et martio quaeratur novilunium, tunc epactae nihil addi debet in utroque casu. At si pro mensibus februario et aprili invenendum sit novilunium, unitas addenda est. E. g. si invenienda proponatur mensis decembris dies, in quam incidit novilunium ann. 1711, cuius epacta erat 22; dies quaesita erit 28 decembris. Nam  $22 + 10 = 32$ , et  $60 - 32 = 28$ . Totae operationis ratio manifesta est. Nam quum epacta sit 22, aetas lunae prima die martii erit dierum 22, prima autem die aprilis erit dierum circiter 23, prima die maii dierum 24 cet. Quum enim epacta dierum 11 intervallo annuatim crescat, fingi potest, eam unius diei intervallo circiter per menses crescere a mense martio usque ad decembrem. Itaque pri-

ma die decembris lunae aetas erit dierum 32, hoc est, novilunium iam duobus ante diebus contigit. Quare ut pro mense decembri habeatur novilunii dies, ex numero 30 auferatur 2, vel ex 60 subtrahatur 32. Inventa autem novilunii die, aetas lunae pro quolibet die dato statim colligitur.

V. Epacta iuliana a gregoriana distingui debet. In eo nempe sita est epactae utriusque differentia, quod annus iulianus dierum undecim intervallo tardius incipiat quam gregorianus. Quare inventa epacta iuliana, ab ea, si necesse sit, 30 diebus aucta subtrahatur numerus 11, habebitur epacta gregoriana. Ita anno 1712 epacta gregoriana est 22, et novilunia huius anni mense quolibet undecim diebus tardius quam in anno iuliano contingent, ut oportet. Felici autem casu accidit, ut numerus dierum in anno gregoriano differat ab anno iuliano eadem ipsa differentia, qua annus solaris superat annum lunarem. Ita autem fit, ut epacta gregoriana pro dato quolibet anno conveniat cum epacta iuliana anni praecedentis. Porro quia cyclus 19 annorum die una integra spatio annorum 312 novilunia antevertit, ita etiam epactarum cyclus idem non semper obtinet; nempe in hoc casu unitate mulctari debent epactae methodo praecedenti inventae. Igitur accurata non est epacta, quam calendarium exhibet; nempe si epacta calendarii

fuerit 22, adhiberi debet epacta 21, quum novilunium non in diem 22, sed 21 incidat. Quare elapso hoc temporis intervallo mutantur epactae, atque ita deinceps post singulos 312 annos. Praeter hanc variationis causam aliam quoque ob rationem in calendario gregoriano epactarum cyclum mutari necessum est. Nam ex quattuor annis *saecularibus* tres non sunt bissextiles ita, ut his annis novilunia non incidant in diem, quam calendarium indicat, sed in diem sequentem. Ita si 10 die martii e. g. contingere debeat novilunium, ponendo annum una die auctum, novilunium illud incidet dumtaxat in diem 11, si annus non augeatur. Hinc pro his casibus aliae duae fuerunt compositae epactarum tabulae, quae apud omnes calendarii scriptores reperiuntur. Tabularum rationem atque artificium exposuisse satis sit.

VI. Ex iis, quae hactenus de calendario iuliano et gregoriano explicavimus, intelligitur calendarii utriusque differentia. Calendarium gregorianum differt a iuliano tum quod ad ipsam anni formam, tum quod ad epactas numero aureo substitutas, quarum usus et dispositio in calendario gregoriano longe aliter se habent. Calendarium iulianum erroribus plurimis obnoxium esse patet. Et enim in hoc calendario aequinoctium vernale fixum ponitur diei 21 martii, atque cyclo 19 annorum, vel numeris aureis novilu-

nia et plenilunia constanter indicari fingitur. Vtrumque autem a vero longe aberrat, et in paschatis celebratione crassiores errores inducit. Quod ut demonstremus, hanc calendarii formam ad annum 1715 transferamus. Aequinoctium vernale in calendario iuliano, hoc est, *stilo veteri*, ut dicunt, in diem 10 martii incidebat, *stilo autem novo*, nempe in calendario gregoriano, in diem 21 eiusdem mensis cadebat. Plenilunium verum post aequinoctium cadebat in diem 7 aprilis, ac proinde trium dierum differentia tardius, pro ratione cycli lunaris vel numeri aurei, pro plenilunium paschale diei 10 aprilis consignabat. At quum dies 10 aprilis in diem dominicam incidat, paschatis festum secundum calendarii ecclesiastici leges ad diem 17 transferri debet. Quare pascha die 10 aprilis celebrandum, in diem 17 caderet. Hic error, qui in *postpositione* plenilunii positus est, ex cycli lunaris vitio originem habet. Successu temporis ita creverant calendarii errores, ut paschatis celebratio nullis iam certis legibus subici posset. Qua de causa factum est, ut anno 1582 (quod antea dictum est), Gregorius XIII ex mense octobri decem dies expunxerit, et aequinoctium proprio loco, diei scilicet 21 martii restituerit. Iussit summus Pontifex, novilunia et plenilunia non aureis numeris, sed epactarum ope definienda esse. Totam huius reformationis

artem explicavimus. Verum quamvis calendarium gregorianum iuliano longe sit anteponendum, non tamen ab omni errore immune est. Etenim non obstante gregoriana *intercalatione*, aequinoctium post vel ante 21 martii contingere potest: die 23 martii aliquando contingit: cadit aliquando in 19, atque in hoc casu plenilunium, quod die 20 martii accideret, est verum plenilunium paschale, nec tamen ut tale habetur in calendario gregoriano. Praeterea in eodem calendario tamquam luna *paschalis* habetur plenilunium, quod die 22 martii contingit. Illud tamen paschale non est, si ante aequinoctium contingat, ac proinde in utroque casu error committitur. Tandem ex epactarum constructione patet, fieri posse, ut novilunia, quae epactarum ope inveniuntur, novilunia vera horis quibusdam praecedant vel subsequantur. Ac proinde in hoc casu plenilunium paschale in diem sabbati potest incidere, quamvis diei dominicae in epactarum tabulis consignetur. Et vice versa plenilunium, quod in diem dominicam cadit, diei sabbati epacta consignaret. Quare in primo casu octo dierum intervallo tardius pascha celebratur; in casu autem altero celebratur in ipso plenilunii die cum ipsis iudaeis. Erroris exempla adferre non abs re erit. Anno 1724 plenilunium verum paschale contigit die sabbati 8 die aprilis, horis 4, mi-

nutis primis 21 post meridiem, atque aequinoctium die 20 martii contigerit. At inito per epactas calculo, plenilunium paschale invenitur die 9 aprilis, quae erat dies dominica. Quare ex calendarii lege festum paschatis in diem 16 aprilis incidit, die tamen 9 re vera celebrandum. Idem contigit an. 1744, quo paschatis festum 8 diebus, quam pro veritate astronomica, tardius celebratum est. Nam plenilunium paschale contingit die sabbati 28 martii, ac proinde die dominica sequenti celebrandum erat paschatis festum; quum tamen ex calculo epactarum die 29, quae erat dominica, plenilunium contigerit, ideoque paschatis celebratio ad diem 5 aprilis erat removenda. Idem continget annis 1778, 1798, aliisque deinde annis plurimis. Itaque licet novilunia et plenilunia epactarum ope in calendario gregoriano multo accuratius quam in iuliano definiantur; fieri tamen nequaquam potest, ut in eundem diem cum astronomicis pleniluniis et noviluniis accurate semper coincident.

VII. Haec data occasione paucis verbis observare non abs re erit, quid coniunctionis habeat legitima paschatis celebratio cum sacra theologia. In paschatis celebratione primis duobus ecclesiae saeculis diversa fuit disciplina. Asianae ecclesiae servantes traditionem, quam a S. Iohanne evangelista se hausisse praedicabant, pascha cum iudaeis cele-

brarunt luna 14. Aliae autem ecclesiae traditioni a S. Marco acceptae inhaerentes, paschatis celebrationem protraxerunt usque ad dominicam post lunam 14. Haec disciplinae varietas perduravit ad medium usque secundum saeculum, quo S. Pii papae auctoritate in eandem cum latinis disciplinam conuenerunt asiani. Haec celebrandi paschatis consuetudo a summo Pontifice praescripta conciliorum decretis, et praesertim concilii nicaeni definitione fuit confirmata, statutumque est: *pascha celebrandum esse prima dominica post lunam 14 primi mensis ita, ut tamen, luna 14 in diem dominicam incidente, paschatis celebratio ad dominicam proxime sequentem transferri debeat.* Ex concilii nicaeni decreto intelligitur, ad legitimam paschatis diem definiendam quattuor esse necessaria. I.° Nota sit oportet anni solaris dies, quo sol primum arietis gradum ingreditur. II.° Nota quoque esse debet dies novilunii, cuius luna 14 vel in diem aequinoctii vernalis incidat, vel proxime post ipsum aequinoctium vernum. III.° Cognita sit oportet luna illa 14. IV.° Tandem notum esse debet, in quam mensis diem incidat dominica, quae lunam 14 primi mensis proxime sequitur. Haec quidem omnia, quod ad usum ecclesiasticum, satis accurate praestat explicata calendarii doctrina; non tamen ea diligentia, quae concilii nicaeni decretis ad-

amussim respondere possit ita, ut nostri paschatis dies cum iudaeorum paschate numquam concurrat.

Immerito tamen ecclesiam quis reprehenderet, quasi in paschatis celebratione cum *quartodecimani* errare possit. Quod quidem obliuiscunt aliqui, nec quaestionis theologicae nec calendarii doctrinae satis periti. Qui summorum pontificum et concilii nicaeni decretis pertinaciter obstiterunt, tamquam haeretici damnati fuere, quibus ab haeresi sua haesit *quartodecimanorum* nomen. In hac celeberrima de paschatis celebratione controversia distingui debent partes duae, quarum una spectat ad disciplinam, altera vero ad dogma pertinet. Disciplina posita est in merito paschatis celebrandi ritu, qui quidem ritus libere usurpari potuit, antequam ecclesiae praeceptum accederet. Theologis notissimae sunt litterae, quibus S. Irenaeus Victorum summum pontificem hortatur, ut maiorum suorum exemplo asianorum consuetudini ac disciplinae indulgeat. Quaestionis pars alia cum dogmate coniuncta in eo consistit, quod *quartodecimani* non solum pascha celebrarent luna 14, sed etiam paschatis tali die celebrandi praeceptum atque necessitatem imposuerint, et ita ritus mosaicos revocare tenterint, quod haereticum omnino est. Ex his autem manifestum est, primam quaestionis partem, quae mera est consuetudo atque

disciplina, ex ecclesiae institutione pendere, ideoque nullius erroris reprehendi posse ecclesiam, etiamsi pascha cum iudaeis celebrari aliquando contigerit. Et re quidem ipsa talis astronomicus error nullo declinari potest calendario perpetuo, nisi ad astronomiae severitatem sit compositum, quod in usu vulgari non satis commodum foret atque expeditum. Quae quum ita sint, in paschatis festorumque omnium celebratione ecclesiae disciplina religiose tenenda est, *resurrectionis* Christi Domini memoria sancte recolenda, atque ita vivendum nobis est et moriendum, ut tandem in vitam aeternam resurgamus.

## APPENDIX.

*De quibusdam capituli praecedentis utilitatibus.*

**P**raecedentis doctrinae utilitatem in definienda aera christiana epocharum omnium longe nobilissima, primum demonstrabimus. Quamvis aerae christianae initium certo figere non audeant accuratiores chronologi; aerae tamen dionysianae seu vulgaris errorem facile ostendunt. Tota quaestionis huius difficultas ex triplici capite oritur. 1.º Ex morte Herodis, quo adhuc vivente Christus Dominus natus est: *in diebus Herodis regis*, Matth.

*cap. II. II.º* Ex imperii Augusti initio, cuius imperii anno 42 Christus natus creditur: *anno autem 15 imperii Tiberii caesaris*, Luc. *cap. III. III.º* Tandem ex censu populi romani facta sub Cyrino praeside Syriae, *cap. II. Lucae*. De his tribus varia est chronologorum opinio. Nonnulli mortem Herodis consignant anno ab Vrbe condita 754, alii autem nonnullis ante annis. Aliqui regnum Augusti auspicantur a morte Caesaris; alii a primo illius consulatu. Aliqui initium imperii Tiberii sumunt a morte Augusti, alii bienio autem, quum tunc temporis collega Augusti iam fuerit. Denique quum plures sub hoc principe facti fuerint populi romani census, annum, quo contigit descriptio memorata a S. Luca, haud facile est definire. Quaestionis difficultatem augent adhibitae a SS. PP. epochae. Ii enim a Salvatoris nostri natali annos numerare non consueverant, sed primis ecclesiae temporibus aliae usurpabantur epochae, vel *aera actiaca*, *diocletiana*, *ab Vrbe condita*, *fastorum consularium*, et aliae etiam pro varia populorum, apud quos SS. PP. degebant, consuetudine. Sed quidquid sit de illa quaestione, cuius tractatio ad chronologos proprio iure pertinet; certum est, eam magna periodorum et cyclorum varietate esse implicatam, et ab iis tantum intelligi posse, qui harum rerum doctrina probe sunt imbuti. Diligenter autem obser-

Tom. V. Hh

vandum est, in chronologicis controversiis obscuritatem maximam persaepe oriri ex ipsa periodorum hypothesi non satis accurate definita. Ita si scriptor aliquis coëtaneus certo periodi iulianae vel alterius periodi anno factum aliquod consignaverit, eiusdem facti aetas definita habebitur; dummodo tamen probe cognita sit scriptoris huius de usurpata periodo hypothesis. Quum enim periodi ad alias epochas referantur, certo constare debet epocharum illarum initium, quale scilicet adhibetur a scriptoribus, quorum auctoritate utimur. Quamvis ergo utilissimus sit periodi iulianae usus; quia tamen periodus illa fixum non habet initium, si ad epocham orbis conditi vel aetam christianam referatur; hinc patet, periodi huius ope non satis certo alius facti tempus indicari, nisi auctor suam de periodi initio sententiam declaraverit, aut facto aliquo indubitato illustraverit. Rem praesentis quaestionis exemplo explicabimus. Refert Iosephus in *antiquitatibus iudaicis: vita defunctum esse Herodem post detrusum regno Antigonum anno 34, ex quo a romanis rex declaratus est, 37; regium autem fastigium adeptus est olympiade 184*. Porro quum ad Herodis mortem circiter referri possit christiana aerae initium, Iosephi auctoritate merito utuntur chronologi, dummodo tamen olympiadis annum certo definiant. Etenim anni

olympiadum ex orbis conditi epocha, atque ex aera christiana pendent, ac proinde chronologi ponunt, quod est in quaestione. Quarendum igitur est factum aliud, quo olympiadum annus certius determinetur, quod definito iam olympiadum epocha uti licebit tamquam puncto fixo, ad quod revocari poterunt facta alia a Iosepho narrata. In hunc usum adhiberi poterit eclipsis lunae, quam contigisse, refert Iosephus, eadem nocte, qua Herodis aegrotantis iussu Mathias populi seductor occisus est, et post quam Herodes brevem aegramque vitam traxisse legitur. Contigit autem eclipsis illa ex tabulis astronomicis anno iuliano 42, die 13 martii, tribus horis ante ortum solis. Si eclipsim hanc aliquo olympiadum anno notasset Iosephus, de anno, quo mortuus est Herodes, nullum iam foret dubium, ac proinde et certo figi posset aera christiana, quum ex chronologorum omnium consensu certissimum sit, Herodem paullo post Christum natum obiisse. Ceterum ex dictis probabilissimum et historica demonstratione fere indubitatum est, aeram christianam in anno iuliano 41 vel 42 collocandam esse. Quare aera vulgaris, quae nativitatem Christi consignat anno iuliano 45, tardior est annorum 3 vel 4 intervallo.

Alia est in rebus chronologicis frequentissima ambiguitatis causa ex diverso apud veteres scriptores anni initio repetenda. An-

ni initium sumebant aliqui a mense martio, alii a mense ianuario, nonnulli a mense decembri, et quidem etiam a variis eorundem mensium diebus: a paschatis festo annum aspiciabant plurimi. Ex hac varietate chronologicas lites plurimas oriri necessum est, nisi probe cognita fuerit anni forma. Sed aliae sunt multo graviores in annorum forma difficultates; anni nomine designari aliquando consuevit apud veteres planetae cuiuscumque in coelo revolutio, ut testantur Dioscorus siculus, Plinius, Plutarchus alique non pauci remotissimae antiquitatis scriptores. Teste Suida annus ex duobus, tribus, quattuor, sex, duodecim mensibus constabat, aliquando autem una die. Ex hac annorum varietate patet, contrahendam esse remotissimam, quam nonnulli populi iactant, antiquitatem. Et quidem scripturae sacrae repugnat omnino, quod de sua antiquitate fabulantur babyloniorum, aegyptiorum et sinensium annales. Ac proinde tamquam fabulosa haberi debent tempora illa, vel annorum contractione ad sacram chronologiam reducenda. Re quidem vera ipsa etiam sacrae scripturae chronologia non desunt varietates alique. Sed praeterquam quod demonstrari non potest, hanc, quod ad chronologiam, sacrorum textuum diversitatem nulla ratione conciliari posse; iactata quorundam populorum antiquitas a sacra chronologia longissime differt. Textus hebraeus

quater mille annos circiter a creatione mundi usque ad Christum numeras; textus samaritanus paullo maius temporis intervallum tribuit; sed versio 70 interpretum ad sex mille annos circiter idem intervallum protrahit. En totam textuum differentiam. At referunt chaldaeorum annales, iam a quadringentis mille et amplius annis chaldaeos astronomiae operam dedisse, dum Alexander in Asiam transiit. Eadem antiquitate gloriantur babyloniorum et sinensium fasti. Quae quidem enormis temporum varietas a scriptura sacra, ideoque a veritate immensum aberrat, nisi contracta annorum forma utamur. Hanc annorum reductionem exemplo aliquo tentabimus. Narrat Alexander Polyhistor ex fide Berosi, servata fuisse Babylone iam ab annis 150000 antiquissimorum temporum documenta. Crassioris anachronismi reus facile convincitur Berosus, si animadvertamus, a Nabonassaro, qui 410 vel 411 annis ante Alexandrum vixit, destructa fuisse historica omnia monumenta. At si annos illos 150000 in dies contrahamus, invenientur anni 410, menses 8, dies 3, quod quidem cum Nabonassari temporibus apprime convenit. Sed de his intricatissimis rebus disputare nostrum non est. Satis erit observare, adversus scripturae sacrae auctoritatem a perversissimis viris summa impietate obiici chronologiae sacrae varietatem. Chronologicae enim quaestiones

ad fidem et bonos mores non pertinent, atque in rebus levioris momenti amanuensium incuria errorem aliquem in scripturam sacram potuisse obrepere, consentiunt theologi omnes. Tandem, ut iam monuimus, demonstratum non est, iniri non posse concordiam inter variorum textuum chronologiam, licet hactenus ignotam fateamur ineundae huius concordie rationem. Hic autem data occasione silentio praetermittere non licet celebratissimum Newtoni systema chronologicum. Quingentis circiter annis mundum recentiorum esse quam a chronologis creditur, opinatus est Newtonus astronomica potissimum ratione innixus. Notum est ex astronomia, puncta aequinoctialia annorum 72 intervallo uniformi fere motu retrogado  $1^{\circ}$  incedere. Ex Sancto Clemente alexandrino, Chiron, qui unus fuit ex celebratissimis viatoribus *argonautis*, aequinoctium vernum gradui  $15^{\circ}$  arietis adligavis ac proinde solstitium aestivum in gradu cancri  $15^{\circ}$  contigit. Anno ante bellum peloponesiacum solstitium aestivum fixi Meto in gradu  $8^{\circ}$  cancri. Quare quum gradus unus annis 72 respondeat, septies septuaginta duo anni numerari debent ab argonautarum expeditione usque ad initium belli peloponesiaci, hoc est interfluxere anni 504 non autem 700, ut graeci scriptores referunt. Hinc concludit Newtonus, argonautarum expeditionem anno 909 ante Christum esse ad-

figendam, non autem anno 400: ut vulgo creditur, ac proinde annis circiter 500 mundus iunior foret. Huic astronomicae rationi aliam adiungit Newtonus ex generationum aestimatione deductam. Aegyptii a Menete usque ad Sethonen numerabant generationes 341, et tres generationes spatio annorum 00 aestimabant. Graeci autem generationes singulas ad annos 40 revocabant. Aegyptios graecosque erroris reprehendit Newtonus. Verum quidem est, tres generationes ad annos 120 vulgo reduci posse, sed generationes sunt principum imperio diuturniores. Evidens enim est, si rem generatim consideremus, homines vivere diutius, quam reges regnare. Quae quum ita sint, Newtonus regum imperia constituit annorum circiter 20, hancque iustam aestimationem comprobat descripta longa regum serie. Hoc duplex est, quod adhibet Newtonus probationis genus. Chronologiam hanc, licet excellentis ingenii virum demonstrat, impugnaverunt homines eruditissimi. De argumentorum vi et pondere nostrum non est iudicare, atque in obscurissima factorum temporumque senectute, in tanta opinionum varietate, in densissimis rerum antiquissimarum tenebris nullum inveniri potest chronologicum systema, quod non oppugnetur facilius, quam probetur.



## SECTIO IV.

*De geographia.*

**G**eographiae nomine intelligitur telluris descriptio, ex qua definitione statim nascuntur diversae geographiae partes. Primo enim considerandam sese offert terrestris globi superficies. Hanc autem contemplari possumus veluti divisam in varias regiones, quae regum imperia principumque ditiones constituunt atque determinant. Haec geographiae pars mere historica est, et ad physicam non pertinet; hanc tamen ignorare turpe est viro, cui vel mediocriter excultum est ingenium. Geographia physica, quam solam haec tractamus, diverso plane modo telluris superficiem considerat. Diversas nempe investigat terrestris superficiei adfectiones, quae ex solis positione pendent, et deinde praecipuas corporum species in ipsa telluris superficie positas expendit: ad telluris viscera descendens intestinos rimatur variorum corpusculorum motus, ex telluris gremio tandem supra superficiem alte adsurgens meteora observat, illorumque causam explicat. Temporis brevitate sollicitatus tantam rerum copiam duobus capitibus contraham. Quod autem dee-

rit, in aliis libris plurimis passim invenient, qui hanc faciliorem physices partem maiori studio persequi voluerint.

## CAPVT I.

*De superficie terrestri praecipuisque in ea considerandis corporum speciebus.*

## ARTICVLVS I.

*De superficiei terrestris divisione illiusque variis respectu solis adfectionibus.*

## I.

**V**niversam telluris superficiem per *climata* distinguunt geographi. *Clima* appellant superficiei terrestris portionem, vel *zonam* duobus circulis aequatori parallelis comprehensam. Talis autem adhiberi solet huius zonae latitudo, ut longior dies in parallelo, qui polo proximior est, data quadam quantitate, e. g. semihora longiorem diem excedat in parallelo, qui proximior est aequatori. Itaque climata numerantur ab aequatore ad polos, et inter se non differunt, nisi quod in climate proximo dies aestiva longior, semihorae unius tempore longior sit vel brevior quam in climate altero. Primi climatis intervallum statuitur  $8^{\circ} 30'$ , ultimum autem  $3'$  non excedit. Huius autem inaequa-

littatis ratio facile intelligetur, si varias explicaverim sphaerae terrestris positiones.

Triplex est sphaerae positio, *recta* scilicet, *obliqua* et *parallela*. Angulum, quem aequator et horizon comprehendunt, metitur arcus, qui est complementum latitudinis ad quadrantem (*ex dem. cap. I. astronom. art. I. num. IV.*) Quare si angulus ille rectus sit, latitudo erit nulla, et aequator per verticem incedet, omnesque aequatoris paralleli erunt ad horizontem recti, ideoque haec sphaerae positio *recta* dicitur, in qua paralleli omnes ab horizonte in partes aequales secantur. Itaque mora cuiusvis sideris supra horizontem aequalis est tempori, quo infra eundem deprimitur, et dies noctibus perpetuo sunt aequales. Si ab aequatore versus alterutrum polum recedamus, aequator quoque recedet a vertice, et ad horizontem accedet, cum illo faciens angulum obliquum. Quare illa sphaerae positio dicitur *obliqua*, polusque superior supra horizontem tantum attollitur, quanta est latitudo loci; alter autem polus tantumdem infra horizontem deprimitur. Hinc patet, aequatoris parallelos non secari bifariam ab horizonte; sed paralleli, qui sunt versus polum superiorem, maiorem habent partem supra horizontem, minorem vero infra; et quo propior est polo circulus quilibet, eo maior eius pars supra horizontem eminebit; circuli autem, qui mi-

nus a polo distant, quam est latitudo loci, supra horizontem toti attolluntur. Contrarium accidit in circulis parallelis versus polum inferiorem positis, quorum portiones maiores infra horizontem iacent, minores supra attolluntur. Si autem circuli sint polo propiores, quam sit latitudo loci; perpetuo una cum stellis, quae in iisdem circulis includuntur, sub horizonte latent, et numquam fiunt conspicui. Itaque quum sol parallelum aliquem quotidie percurrat; necesse est, ut ab aequinoctio verno ad solstitium aestivum dies continuo incremento noctes excedant, post solstitium decrescant ad aequinoctium autumnale, deinde ad solstitium hiemale dies noctibus continuo breviores fiant; deinde a solstitio hiberno ad aequinoctium vernum, dies adhuc sunt noctibus breviores, sed rursus continuo augentur, donec in ipso aequinoctio fiant tandem noctibus aequales. Si aequator nullum angulum cum horizonte efficiat, sed cum illo coincidat, in tali positione polus quoque cum zenith congruet, et aequatoris paralleli omnes erunt horizonti paralleli, atque ideo talis sphaerae positio *parallela* dicitur, in qua nullae fixae oriuntur aut occidunt; sed in circulis horizonti parallelis perpetuos gyros ducunt. Sol etiam quum ad aequinoctialem pervenerit, horizontem lambit: exinde versus polum superiorem digrediens nusquam occidit, sed diem facit

longissimum sex mensium. At ubi ab aequatore recesserit sol versus oppositum polum, e contrario numquam oritur, noxque illis fit per alios sex menses. Talem sphaerae positionem obtinent, qui sub polis degunt, si qui forte sint, qui has incolant regiones. Sphaera recta fruuntur, qui sunt sub aequatore. Tandem, qui terras inter polum et aequatorem incolunt, hi habent sphaeram obliquam. Haec omnia nihil continent difficultatis, et ex elementis astronomiae antea explicatis statim intelliguntur. Attamen diversas sphaerae positiones in vulgari globo terrestri tironum oculis demonstrare debet physices magister.

His de triplici sphaerae positione praemissis, iam climatum inaequalitatem licet intelligere. Haec scilicet inaequalitas pendet ex positione sphaerae. Concipiatur in sphaera recta, dimidium tropicum canceri, qui est supra horizontem, divisum esse in 48 partes aequales, quae singulae aequales sunt  $3^{\circ} 45'$ . Hae autem aequivalent horae unius quadrantis. Praeterea consideremus duas ex illis partibus horizonti proximiores, quarum una sit ad orientem posita, ad occidentem altera; duae autem simul sumtae intervallum semihorae efficiunt, et climatis unius intervallo respondent. His positis evidens est, climatum inaequalitatem pendere ex maiori vel minori sectionis tropici et horizontis obliquitate, pro

diversa scilicet poli altitudine; qua fit, ut horizonte minus oblique tropicum secante versus partes aequales  $3^{\circ} 45'$  ad orientem et occidentem prope horizontem positas, maior inde oriatur altitudinum poli differentia, quam ubi horizon magis oblique tropicum secat in iisdem punctis  $3^{\circ} 45'$ . Quare quum differentia illa altitudinis poli, quae dimidiae horae in primis climatibus respondet, maior sit versus aequatorem quam versus circulos polares, ubi posita sunt ultima climata; hinc oritur intervallorum inaequalitas, quae multo maiora sunt versus aequatorem, quam versus polos.

II. Quoniam climata ab aequatore initium sumunt, primum clima, ubi incipit, longiorem habet diem horarum 12; ubi autem desinit, longiorem habet diem hor. 12 cum dimidia, et ita deinceps per dimidias horas progrediuntur alia climata, usque ad circulum polarem, in quo desinunt *horarum climata*, incipiuntque *climata mensium*, ut vocant geographi. Quemadmodum climata horarum sunt spatia, duobus circulis aequatori parallelis comprehensa, in quibus longiorum dierum differentia est dimidiae horae, ita etiam climata mensium dicuntur spatia duobus circulis polari circulo parallelis comprehensa ultra hunc circulum posita, et in quibus longior dies versus initium integro mense superat diem longiorem versus finem.

Quamvis autem diversa utcumque climata fingere liceat, universam tamen telluris superficiem in quinque zonas distribuunt geographi. Nempe quattuor circuli minores in superficie telluris, qui coelestibus eiusdem nominis circulis respondent, duo scilicet tropici, et totidem polares terram dividunt in quinque portiones seu zonas, quarum una utroque tropico comprehensa vocatur *torrida*, inhabitabilis a veteribus credita ob nimium caloris aestum; regiones tamen, quae in hac zona continentur, nunc longe feracissimas esse, vitae commodis incolisque abundare compertum est. Duae sunt zonae frigidae sub utroque mundi polo arctico et antartico circulis polaribus inclusae, et ob gelu perpetuum vix habitabiles. Totidem sunt zonae temperatae inter frigidas et *torridam* comprehensae. Zonarum illarum incolae ratione meridianorum et parallelorum comparati dicuntur *periaeci*, qui sub eodem parallelo, at oppositis eiusdem meridiani semicirculis degunt; hi quidem tempestates anni easdem experiuntur, accedente sole eodem tempore utriusque loci verticem, et exinde recedente; meridiei et mediae noctis vices alternas subeunt. Alii incolae dicuntur *antaei* sub eodem meridiano semicirculo, at oppositis parallelis habitantes; his meridies, et media nox simul contingunt, sed tempestates anni mutantur. Alii enim dicuntur *antipodes*, qui

sub oppositis meridianis aequae ac parallelis versantes adversis e diametro pedibus incedunt, ideoque vicissitudines aestatis atque hiemis, nec non meridiei et mediae noctis ortus et occasus siderum omnino adversos sentiunt. Praeter haec omnia, qui in zona torrida degunt, dicuntur *amphiscii*, eo quod eorum umbra meridiana versus utrumque polum diversis anni temporibus proiciatur; at dum sol ipsorum verticibus incumbit, fiunt *ascii*, quia nullam proiciunt umbram meridianam. Qui zonas temperatas incolunt, dicuntur *hetroscii*, quorum umbra meridiana versus alterutrum dumtaxat mundi polum proicitur. Qui in zonis frigidis sunt incolae, *periscii* vocantur, eo quod sole non occidente, umbra illis in orbem circumagatur.

III. In unaquaque harum zonarum calor et frigus certas et constantes habet vicissitudines, quae a motu solis in declinationem, aut quod eodem redit, ex diversa solis altitudine supra horizontem trahunt originem. Nam frigus nunc mitescit in zona aliqua, quando sol ad zonam illam accedit. Contra calor paullatim minuitur, prout sol ab ea recedit versus plagam oppositam. Inde fit, ut dum zona una calorem experitur, opposita frigus sentiat; et vicissim dum una frigore premitur, opposita calorem experiatur. Ad has vicissitudines explicandas tres potis-

simae considerari debent causae, nempe maior vel minor radiorum solarium obliquitas: maior vel minor radiorum quantitas ab atmosphaerae particulis intercepta: tandem maior vel minor dierum longitudo.

IV. Vt a prima causa ordiamur, in memoriam revocandum est, quod de fluidorum percussione iam antea demonstravimus. Idem enim valere potest ad aestimandam radiorum solarium actionem in superficie telluris. Itaque quum fluidorum percussio crescat vel decrescat, ut crescit vel decrescit quadratum sinus anguli incidentiae; hinc colligitur, virtutem radiorum solarium cum quadam obliquitate in terram incidentium esse ad virtutem radiorum incidentium cum alia obliquitate, ut quadratum sinus prioris inclinationis ad quadratum sinus inclinationis posterioris. Iam vero quum altitudines solis meridianae in solstitiis aestivo et hiberno sint, ut 3 ad 1 proxime, erit calor hac causa productus in utroque casu, ceteris paribus, ut 9 ad 1. Hinc etiam pro diversa solis altitudine supra horizontem, caloris gradum ex hac causa oriundum aestimare licet. At sole supra horizontem nascente, calor vix sentitur ob sinus incidentiae nullum. Inde tamen immerito totam caloris summam ad calculum revocare conati sunt aliqui, totum scilicet tempus, quo sol radiis suis terram calefacit, addibent tamquam basim, ad

quam perpendiculares fingunt ordinatas, quae sint ut quadrata sinuum inclinationis: per aream curvae ordinatis illis comprehensae caloris summam dato quolibet tempore exhiberi aiunt. At fictitia omnino est talis curva. Etenim huius calculi auctores fingunt, permanentes caloris gradus sibi perpetuo addi et eosdem conservari, ac proinde die desinente, vehementior ferret calor, quod est contra experientiam. Et quidem notum est, calorem corpori alicui impressum per aliquod tempus tantum servari. Ita fervente etiam aestate calor labente sole languescit et sub vesperam maxime debilitatur. At ignotum omnino est, a quibus legibus calor crescat atque decrescat, ac proinde talis curvae natura nulla lege definiri potest. Alia est maioris vel minoris caloris causa, maior nempe vel minor quantitas radiorum, quos atmosphaera interceptit. Ille autem radiorum interceptorum numerus pendet maxime ex ipsa radiorum obliquitate. Ita radii solis tempore hiberno atmosphaeram nostram magis oblique traiciunt, quam tempore aestivo, ideoque in aëre nostro crassiori maius occupant spatium. Hinc fit, ut radiorum illorum pars maior interceptiatur, in solidas atmosphaerae particulas maiori numero incurrens, pars alia diversis refractionibus torqueatur ac debilitetur.

Tertia tandem superest causa, quae est maior vel minor dierum noctiumque longitu-

do. Quo longior enim est dies et brevior nox, calor is actio maior sit oportet. Vicissim quo brevior est dies et nox longior, frigus erit maius ut patet. Quum enim calor oriatur ex virtute radiorum solarium, qui agunt incessanter, atque singulis, ut ita dicam; temporis articulis aliquid caloris addunt, quo dies longior est et nox brevior, aestus eo maior erit, et contra. Et certe corpus durum atque compactum eo maiorem concipit caloris gradum, quo vehementiori atque diuturniori ignis actioni subiicitur. Quare quum tellus nostra tempore aestivo per 16 horas circiter radiis solaribus incalescat, tempore autem hiberno per octo horas dumtaxat sol luceat; hinc patet, potentissimam esse tertiam hanc caloris causam. Huic eidem causae tribuendum est, quod elapso post solstitium aestivum mense uno circiter, maior sentiatur caloris vis, quam in ipso solstitio. Et enim quamvis in die solstitii aestivi, ubi longior est solis mora supra horizontem, caloris gradus aequae intensi non maneant, terram tamen nostram quasi perpetuo calefaciunt. Quamvis ergo pars aliqua caloris evanescat, si tamen decrescat minus, quam crescat calor per vices additus, id tandem fieri debet, ut calor per gradus augeatur satis diu post solstitium aestivum.

V. Praeter adductas caloris causas, tot sunt aliae variabiles causae, ut caloris et fri-

goris temperies ullis legibus vix subici possint. Pendet enim maxime caloris gradus ex ipsa locorum conditione, nempe ex montium proximitate, ex soli natura, ex ventorum qualitate. Montes suam concavitatem soli obvertentes, speculi caustici instar, radios solares excipiunt et vi maxima in planitiem reflectunt. Quod spectat ad soli naturam, si lapidibus, saxis, arena, creta abundaverit, radios magna copia in aërem reflectit. At si pingue fuerit solum et nigricans, magnam radiorum partem absorbet, paucioresque reflectit. Ea de causa fit, ut per sola quaedam ambulantes, calorem maximum vrentibus quasi pedibus sentiamus, temperatum autem vultu calorem experiamur; contra autem in aliis arenosis solis, vix calent pedes, dum vultum reflexorum radiorum vis vehementius incalescit. Tandem ad caloris frigorisque temperiem maxime confer ventorum natura. In montium verticibus perpetuo fere spirant venti, qui in planities deinde reflectuntur ita, ut ex longiori montium serie in certis regionibus pendeat aliquando aestatis hiemisque ratio. Vnum tandem superest observandum, quod maxime mirari solet imperitum vulgus, minorem esse solis a terra distantiam tempore hiberno quam tempore aestivo, ut constat ex systemate planetario, atque etiam compertum est ex diametro solis apparenti, quae maior hieme quam aestate observatur. Itaque

patet, maiorem caloris gradum non ex maiori terrae solisque proximitate repetendum esse, quod persuasum habent plerique rerum physicarum rudes. Attamen in caloris effectu aestimando negligi omnino non debet solis a terra distantia. Quum enim calor proficiscatur a radiis solaribus, sique ita devergant, ut in duplicata ratione distantiarum a sole fiant rariores [*ex antea demonstratis*]; evidens est, caloris gradum, ceteris paribus, esse in ratione reciproca duplicata distantiarum a sole. At caloris incrementum ex hac causa oriundum longe minus est, quam quod ex minori radiorum obliquitate oritur. Has generalis caloris aestivi hibernique frigoris causas attigisse satis sit.

VI. Dierum inaequalitas diversaque solis altitudo supra horizontem varias constituunt anni tempestates. Dum sol versatur in tropico, qui polo opponitur, parum attollitur supra horizontem, et brevi tempore moratur. Quare solares radii sub maiori obliquitate tellurem feriunt et brevi temporis spatio, ideoque minorem adferunt caloris gradum, atque hinc *hiems*. Contra autem ubi sol versatur in tropico, qui ad poli partes positus est, sol maximam habet altitudinem: radios suos fere perpendiculariter emittit, et diutius supra horizontem moratur. Hinc potentior est, maioremque creat calorem, atque hinc *aestas*. Tandem in punctis aequinoctialibus medium

veluti statum sol obtinet, ideoque mediocres sunt actionis solaris effectus. Atque hinc aliae duae tempestates, *ver* et *autumnus*. Haec omnia et universa geographia ex demonstratis in astronomia facile patent. Quare nihil aliud superest, nisi ut de globo illiusque usu pauca addamus.

Locorum positionem in globo terrestri determinant geographi hoc artificio. AEquatorem dividunt in  $360^\circ$ , atque per singula divisionum puncta, et per utrumque polum ducunt meridianos. Vnam vero ex illis divisionibus prae ceteris adhibent, a qua divisiones alias omnes numerare placet. Meridianum autem, qui per hanc divisionem traducitur, *primum meridianum* vocant. Huius autem meridiani honos ex geographorum arbitrio pendet\*. Porro si meridianus aliquis versus orientem gradu non distat a primo meridiano, loca in hoc meridiano posita dicuntur habere *gradum unum longitudinis*, et ita deinceps de aliis meridianis. Iam divisio primo meridiano vel alio quolibet in  $90^\circ$  ab aequatore ad polos, per singula divisionum puncta geographi traducunt circu-

\* Inter geographos fere convenit hunc honorem deferre meridiano transeunti per insulam Ferri inter canarias alteram, ex praescripto Ludovici XIII galliarum regis, ann. 1634.

los aequatori parallelos; singula vero puncta in circulo, qui aequatori proximior est, *gradum unum latitudinis* habere dicuntur, quae latitudo *borealis* est vel *australis*. Simili modo puncta in circulo proxime sequenti posita duos habent gradus latitudinis, et ita deinceps. Itaque *longitudo geographica* loci alicuius est arcus aequatoris ab occidente in orientem numeratus inter primum meridianum et meridianum loci dati; *latitudo autem geographica* eiusdem loci est arcus circuli maximi inter aequatorem et parallelum loci dati comprehensus. Data latitudine seu altitudine poli ad datum locum ita accommodari potest globus coelestis vel terrestris, ut astronomica et geographica problemata respectu huius loci facile demonstraret. Ad datam poli altitudinem attollatur globus coelestis, deinde lineae meridianae vel pixidis magneticae ope ita disponatur, ut ligneus vel metallicus circulus immobilis, qui meridianum in globo exhibet, cum meridiano loci congruat. Dato loco solis in ecliptica, locus ille transferatur sub meridianum, globus in hoc situ statum coeli repraesentabit pro loco dato in ipso meridiei puncto; vertatur globus atque pro singulis quattuor gradibus aequatori transcurrentibus per meridianum, numerentur minuta quattuor, pro alia qualibet hora data repraesentabitur coeli status. Res commodius praestari solet ope circuli polo adnexi, et in

horas 24 divisi. Index horarius simul cum globo revolvens aequatoris gradus praeterlapsos, ac proinde et horas indicabit. Simili ratione patet, innotescere longitudinem diei ac noctis, si loco solis constituto sub meridiano observetur index horarius; habebitur tempus quo sol attingit horizontem, ac proinde et tempus a meridie ad ortum vel occasum solis, cuius temporis duplum erit longitudo diei, qua subtracta ab horis 24 habebitur longitudo noctis. Hinc etiam habebitur *amplitudo ortiva* vel *occidua* solis, punctum scilicet horizontis in quo sol oritur vel occidit. Ex his patet, facili manu solvi problemata omnia, quae pendent ex motu solis. Nec difficilius dignosci natarique poterunt stellarum et planetarum loca. Disponatur enim globus eo, quem diximus, modo: deinde observetur in coelo stella aliqua probe cognita, e. g. stella in media *cauda ursae maioris*: cum hac stella comparentur stellae aliae in globo depictae: simili modo cum stellis proximis comparari poterunt planetae. Quod spectat ad problemata geographica, datis longitudine et latitudine loci, facile in globo terrestri notatur idem locus. Invenitur in aequatore gradus longitudinis datus, qui transferatur ad meridianum: deinde in meridiano computentur gradus latitudinis vel borealis vel australis: ubi numerandi finem facies, hic erit locus quaesitus. Qua ratione



inueniatur longitudinum differentia ex dictis patet. Statim vero innotescit locorum distantia, si circino capiatur locorum intervallum, et deinde in aequatorem transferatur, gradus aequatoris in milliaria et gradus reducti ipsam locorum distantiam exhibebunt. Verum accurata graduum mensura pendent ex iis, quae de figura telluris antea disputavimus; nunc satis sit iuxta recentiores observationes gradum aequatoris constituere hexapedarum 5675r. Atque hinc posita telluris figura quam proxime sphaerica, facile inuenietur telluris magnitudo.

## ARTICVLVS II.

*De praecipuis corporum speciebus in telluris superficie considerandis.*

## I.

Telluris superficiem admiranda varietate vestiunt atque exornant innumera plantarum genera. Varias plantarum classes recensere rectoque ordine distribuere ad plantarum scientiam *botanicen*, praeclarissimam historiae naturalis partem, pertinet. Pauca generatim exponere satis erit. Et primo quidem praetermissis de *vegetativa* plantarum anima inanissimis quaestionibus, *vegetationis* nomine nihil aliud intelligimus, nisi perpetuum succi nutritii circuitum, quo fit, ut plantae na-

scantur, adolescant, crescant, nutriantur, vivant: quo deficiente nutritionem nullam accipiunt, et *mori* dicuntur. Vt autem haec omnia plantarum vitae phaenomena intelligantur, brevem plantarum structuram sive *anatomem* praemitti oportet.

Plantarum partes in *solidas* ac *fluidas* primum distinguuntur. Fluida plantarum pars est humor ille vel succus, qui in plantis ipsis praesertim contusis vel resectis conspicitur. Sic e. g. ex incisio papaverum capitibus *opium* colligitur, ex resecta vite lacrimarum instar stillant *gemmae*. Infinita propemodum est varietas, quae in hoc humore vel succo observatur, sive colorem sive saporem sive qualitates alias consideres. Atque hinc oritur diversissima plantarum indoles. Solidae partes, quae plantarum substantiam componunt, plurimae numerantur, praesertim *radix*, *truncus*, *cortex*, *rami*, *folia*, *flores*, *fructus*. Has partes singulas suo ordine persequemur. *Radix* est illa pars infima plantae, quae solo adhaerens, atque per terrae poros veluti serpens, humorem nutritiumque succum depascitur. Hinc innumeris illa poris est per-  
via, per quos ingressae puriores subtilioresque succi particulae sensim ascendunt, nutriendaeque plantae per ramos distribuuntur. Vnde etiam ex varia figura, quae in variis plantarum generibus radicum poros praeditos esse concipimus, ex varia quoque particula-

rum vi attractiva, varium succum variis plantis nutriendis ingredi oportet. Altera plantae pars, quae radicem telluri infixam proxime sequitur, et supra tellurem adsurgit, vulgo dicitur *truncus* in arboribus, *caudex* vel *stipes* in herbis et leguminibus, *caulis* vel *scapus*, *calamus* aut *culmus* in tritico vocatur. Porro truncus aut caudex veluti plantae substantia censi potest, ex qua rami, fructus et folia sustineantur. Hinc in arboribus plerumque durior atque rigidior conspicitur, et in fructibus, qui vel altius adsurgunt, vel graviores fructus emittunt iisdemque sustinendis impares foret, ut *hedera*, *vitis*; tenues radículas truncus propagat, quibus alteri plantae, muro, vel palo adhaereant arctissimeque devinciantur. Plantarum plurimae in medio trunco veluti centro *medulam* habent, quae sive fungosa est, ut in *sambuco*, sive carnosa ut in *vite*, sive durior ut in *pinu*, sive nullo fere discrimine a reliqua trunci substantia distincta, ut in *ebeno*, *quercu*, aliisque pluribus. Reliqua demum plantae substantia, quae corticem inter atque medullam reperitur, vulgo *lignum*, *corpus lignosum* vocatur, a Plinio dicitur *caro*, quae in arboribus quidem solida, in herbis vero ac fructibus flexibilis, sed instar ligni in longum fissilis reperitur. Haec plantae caro plurimis subtilissimisque fibris componitur. Eiusmodi vero fibrarum ordo vel

series duplex a Malpighio describitur. Plurimae nimirum fibrae in varios fasciculos collectae in longum extenduntur, unde ligni fissilitas oritur. Aliae deinde fibrae horizontaliter, sive transversum ductae priores intersectant, iisque inseruntur, unde *insertiones* a Graevio, *utriculi* vero vel *bullae* a Malpighio vocantur, quod tuborum instar inanes sint. Praeter haec duo fibrarum genera *tracheas* insuper sive *spiralia vasa* describit Malpighius, quae laminulis in spiram contortis facillimeque flexibilibus composita sunt, ac proinde et ipsa contrahi diducique possunt. Plantarum caro vel lignum *cortice* ambitur. Est autem *cortex* veluti membrana quaedam aut cutis, quae rotundae ligni substantiae convolvitur. Tribus partibus illa componitur, exteriori nempe, quae instar cuticulae interiorem crassioremque circumdat; crassiori deinde, in qua fibrae, utriculi, nervique conspiciuntur, illis propemodum similes qui in ipsa trunci substantia reperiuntur; intima denique et subtiliori, quae ligno proxime adhaeret. Ex ipsa trunci substantia rami erumpunt, qui plerumque ramos alios frondesque emittunt. Qui prope ramorum extremitatem exsectis praesertim illorum verticibus enascuntur, *genima*, vel *oculi* plantae vocantur. Ex ramis insuper surculisque *folia* oriuntur, quae non modo plantis ornatum et pulchritudinem largiuntur, sed tegendis et-

iam conservandisque fructibus conferunt, praesertim vero succo nutritio purius adhuc percolando perficiendoque; unde detractis foliis sterilescent solent plantae, vel saltem quidpiam patiuntur. Denique folia ramis, e quibus erumpunt, plerumque pediculo coniunguntur; aliquando ex uno pediculo folium unicum pender, aliquando plura, unde *triphylla*, *pentaphylla*, *eptaphylla*, nempe *trifolia*, *quinquefolia*, *septifolia* nominantur. Ceteras plantarum partes admirabili varietate superant flores. Quattuor in ipsis partes distinguuntur solent, *calix* exterius scilicet floris involucrum, *foliola* seu *petali*, ut a plantae foliis distinguantur; *filamenta*, quae e medio flore ut plurimum surgunt. Haec autem *stamina* appellantur, si capsulam pulvisculo turgidam in vertice deferant. Hae singulae partes in rosa vel lilio nitidius distinguuntur. Si florum texturam consideres, ipsi quoque tenerioribus mollioribusque veluti fibris componuntur, in quibus aliae duriusculae nervorum instar reperiuntur. Alii similiter pediculum habent, alii ipso carent, alii expansa folia, alii recurva sive contorta gerunt. Postremo denique loco superest fructus, cui producendo ab Optimo Sapientissimoque rerum Opifice destinata est admirabilis illa partium varietas fibrarumque textura, quam plantis inesse diximus.

II. Plantarum semen, quantum patuit pla-

rium anatomicae, earundem plantarum rudimenta complectitur veluti conglomerata, quae deinde succo nutritio inflatae paulatim explicantur, et in plantae speciem adsurgunt. Vbi semen in terram iniectum est, succus terrestris calore solis agitatus sensim subit poros, quibus seminis involucta sunt pertusa, ibique cum seminali succo, qui in ipso semine est, fermentescit. Quod dum fit, primum radices erumpunt, tum duo foliola aperta cum adnexo corpusculo in acumen desinente, in quo exiguam esse plantam truncato radice et foliis duobus constantem, credibile est. Huius autem seminalis plantae procreatio adhuc latet inter arcana naturae; quae nulla arte cognosci possunt. Sed probabilissimum est, in semine plantulam cum aliis seminibus contineri, quae alias seminales plantulas cum omnibus suis partibus aliaque semina complectuntur; atque sic deinceps in infinitum ita, ut primis seminibus a Deo procreatis omnia plantarum seminumque rudimenta delituerint. Systema illud quod *involutionis* appellant, suis quidem non caret difficultatibus. Illud tamen confirmare videntur observationes microscopicae, atque eiusdem plantae multiplicatio et fere in infinitum continuata propagatio.

Neque ad superiores solum plantae partes succus nutritius ascendit singulosque per ramos diffunditur, sed a supremis etiam

extremisque partibus iterum ad radices descendit, perennique circuitu per plantae *utriculos* veluti venas excurrit. Et certe nisi attractus humor ad inferiores partes deinde resflueret, inferioribus ipsis plantarum partibus nutriendis impar foret. Succus enim, qui proxime a terra adscendens per plantae radices truncumque excurrit, crassior minusque tenuis atque digestus conspicitur, ideoque vel ipsi trunco vel tenerioribus certe ramusculis, qui ex trunco erumpunt, nutriendis aptus esse non posset. At si humor ille adsidue adscendens atque descendens iterum percoletur, purior longeque subtilior ad inferiores plantae partes perveniet. Et quidem perennis ille humoris circuitus in plantis quibusdam manifeste conspicitur. Si enim arctiori vinculo, ut ferreo circulo, transverse constringantur, illorum truncus supra vinculum turgere observatur, quod certe fieri non potest, nisi collecto humore, qui a superioribus ad inferiores partes descendit. Neque humor illae solum resfluere, sed inferiores etiam plantae partes alere atque augere deprehenditur. Si enim plantae cortex duobus circulis transverse vel horizontaliter ductis secetur, corticisque pars circulis intercepta avellatur, ut superior ab inferiore cortice disiungatur; inferior quidem cortex minime augetur aut versus superiorem adsurgit, superior vero sensim nutritur ac versus inferio-

rem extenditur; succo nimirum per corticem resfluente, novas partes acquirit, ut accuratissime observavit Malpighius.

Itaque quum hoc adsiduo circuitu succus nutritus rarior semper atque subtilior evadat, atque secundum verum fibrarum, quas penetrat, ordinem atque figuram, varia ratione percoletur, digeratur ac veluti concoquatur, tenues partes illas, quae subinde a planta avolaverint, reficere ac restaurare poterit, ut planta pristinam molem vel etiam novam acquirat. Eiusmodi vero circuitus nutritii succi, ideoque plantarum nutritio eo facilius peragitur, quo plures fuerint *insertiones*, quibus plantarum fibrae inter se communicant. Ita nimirum succus ex una fibra in vicinas propagatur, et singulis plantarum fibris aliae fibrae adiunguntur. Hinc si quaedam corticis pars avulsa fuerit, laterales, quae supersunt, corticis partes ac veluti vulneris margines sensim dilatantur, sibi quoque mutuo proximiores fiunt, donec integrum vulnus obducant. Denique hoc perenni humoris circuitu, ex fibris in utriculis in fibras alias propagatione fieri conspicitur, ut interior corticis pars ligno adhaerens in lignum convertatur ita, ut truncus ipse ex variis veluti corticibus in lignum consertis sibi quoque concentricis aliquando componatur, quod id quercu praesertim observatur. Hinc intelligitur generatim tota nutritionis ratio,

Quia vero serie vel ductu perennis ille succi circuitus peragatur, definiiri vix potest. Probabilissimum tamen est, maximam succi nutritii copiam adscendere per ligneam arboris partem, non vero per corticem aut partem illam, quae corticem inter et lignum sita est. Etenim ut succi nutritii motus subtilius deprehendi posset, expertissimi quidam physici mensibus martio et aprili secuerunt corticem arborum in trunco et ramis ita, ut cortex in arborem esset detractus, semperque observatum est, corticem superiorem una cum ligno, quod tegebat, aliquamdiu crescere, dum interim inferiores partes nullum prorsus caperent incrementum. Porro si per ligneam arboris partem non adscenderet succus nutritius, sed per corticem aut partem illam corticem inter et lignum positam, pars arboris, quae infra sectionem est, maxime cresceret; superior autem pars in eodem statu maneret, aut prorsus interiret. Praeter haec, quae enumeravimus, vegetationis instrumenta, adiungi etiam maxime debet *tuborum capillariorum* vis attractiva, qua fit, ut capillares plantarum tubuli non solum attrahunt succum nutritium, sed eum qui sibi magis conuenit, usurpent, alium vero nutritioni minus idoneum respuant. Haec autem conferantur cum explicata tuborum capillariorum doctrina

III. Quamvis inter ignota plurima et fe-

re omnia naturae arcana numerari debeat admirandum vegetationis opus, ex dictis tamen patet, nullum plantae genus sine semine produci. Quod autem plantae plurimae in iis locis oriri credantur ubi nulla sunt semina, ut in tectis, saxis dirutisque aedificiorum parietibus, vulgi error est. Licet enim in iis locis nulla deprehendantur semina, inesse tamen certissima ratione ostendi potest. Et certe plantas illas quae sine semine oriri putantur, ex semine per aërem plerumque translato nasci probat Malpighius hoc experimento. Si terra e profundiori telluris parte eruta in vase collocetur, idemque vas tenui velo obtegatur, atque supra velum ipsum deponantur subtilissima herbarum semina, numquam terra virescere vel germinare videbitur, contra vero si aëri libero excipiendisque seminibus idoneo terra exponatur, statim virescere deprehendetur. Et re quidem ipsa in plantis plurimis, quae semine carere credebantur, et vi, ut dicebant, terrae *plastica* produci, semen deinde obseruauit diligentiores physici. Quare ex toto vegetationis progressu atque ex analogia naturae concludendum est, in iis etiam plantis, quae nulla demonstrant seminis indicia, semen latere subtilioribus observationibus fortasse aliquando detegendum.

In plantarum seminibus ope microscopii haec obseruantur partes praecipuae, seu inuo-

lucra quattuor, quorum primum dicitur *capsula*, cuius diversa omnino est in diversis seminibus figura; alia duo proximiora involucria vocantur seminis *cuticulae*. Vltimum tandem involucrium dicitur *placentula*, atque in plantis idem fere est illius usus, ad quem destinatae sunt in animalibus membranae, quae *foetum* involvant. Has autem partes singulas aliasque plurimas observare potissimum licet in faba recens exclusa. Admiranda omnino est seminum varietas. Si plantae certum quoddam propriumque solum postulent, illarum semina tali donantur pondere et subtilitate, ut recta terram petant, et sine alio auxilio sese solo inserant. Si autem plantarum semina tantam habeant levitatem, ut aëris flatu avehi facile possint, unico vel etiam pluribus quasi uncinulis muniri solent, quibus retineantur. Contra autem alia semina plumulis et veluti alis sustententur, quibus ad magnam distantiam levi vento dispergi et a se invicem removeri possint. Tandem semina alia longius proiciuntur vi cuticulae rendinosae et elasticae; haec nempe cuticula exsiccata disrumpitur, semenque, ut ita dicam, explodit. Et quis autem non mirabitur omnipotentissimam Creatoris manum, quae semina quaedam in capsulis elasticis inclusit, quarum elasticitate ad convenientem distantiam seminis particulae proiciuntur? Aliis autem seminibus alas veluti indidit qui-

bus sublevantur et a vento dissipantur. Tandem semina alia leviora hamulis, ut ita dicam, armavit, quibus ventorum vi resistent.

Ex plantarum nutritione intelligitur quoque mortis ratio. Vivit planta, quamdiu nutritur. Nempe *vita* plantae ille est status, in quo succus nutritivus concoquitur, et ad singulas partes libere defertur. Si ergo cessat nutritio, plantae substantia aerescit et *mortua* dicitur. Quae igitur motum succi nutritivi destruunt, plantam enecant. Quare moriuntur plantae, structura organica casu quodam vitata, vel succi nutritivi penuria. Itaque ad perficiendam nutritionis rationem, soli natura variis experimentis tentari debet. Neque enim *omnis fert omnia tellus*. Praeterea quum talis sit plantarum structura, ut convenientem sibi succum nutritivum admittant, inutilem vero reiciant; agris ubertas conciliabitur, si eidem solo nova per vices committantur plantarum semina. Etiam si enim per longum tempus absunta fuerit succi nutritivi copia, idem tamen solum altero abundare poterit succo alteri plantarum speciei idoneo. Tandem felici successu promovetur aliquando *vegetatio*, adhibita vulgatissima operatione, quam *insitionem* appellant. Et quidem *insitionis* ope fit, ut succus nutritivus per diversos et multiplices tubulorum amfractus percoletur magis, atque perficiatur. Hinc aliquando non solum perficitur

planta, sed novam persaepe speciem mentitur. Verum ut feliciter succedat operatio, necessum est, inter utramque plantam intercedere analogiam quamdam ita, ut succus ex plantae unius tubulis in plantam aliam transire libere possit, atque pluribus viarum zmbagibus feliciter percolari, alioqui non solum nihil emolumenti inde posset obtineri, sed plantae ipsi crearetur mors.

IV. Quamvis incondum aequae ac utile physicis spectaculum praebet stupenda plantarum varietas, sua tamen utilitate principem locum sibi facile vindicat illa physicae pars, quae incredibilem fere animalium varietatem contemplantur. Animalium in varias species divisionem, atque specierum illarum descriptionem persequi ad eos pertinet, qui historiam naturalem data opera tractandam agrediuntur. Nobis corporis nostri *oeconomiam* considerare satis erit. Et primum quidem, ne breviores quam par est, haec videamur, monendum est, nos non medicos, sed physicos agere atque etiam de generali corporis anatome, de sensibus aliisque plurimis ad *oeconomiam* *animalem* pertinentibus nos iam dixisse in metaphysica et physica generali. Quare pauca adiungemus. Quo admirabili arcano nasci atque vivere incipiamus, variis hypothesis explicare frustra laborant physici. A coniecturis illis exponendis religiose abstinemus; auditoribus enim nostris nobis-

que ipsis *maxima* hac in re *debetur reverentia*. Vitae nostrae progressum atque interitum breviter dumtaxat, quantum ad rem nostram attinet, prosequemur. Cibus *incisoriis* dentibus dissecatur, *molaribus* atteritur, et *saliva* adfluente permixtus comminuitur, atque prima *digestionis* operatio, *masticatio* scilicet, absolvitur. Cibus *masticatus* ope linguae ad aesophagi fauces musculorum actione dilatatos devolvitur, aesophago ingestus descendit in ventriculum, agentibus fibris spiritalibus per musculosam aesophagi tunicam dispersis, et adiuvente tunica glandulosa interiori superficiem irrigante. Cibus in ventriculum delatus commiscetur cum liquore *gastrico*, quem per *crustam villosam* fundunt glandulae; calore digestus cibus motibusque ventriculi conquassatus solvitur; fibris autem *tunicae musculosae* constrictis per *pylorum* elicitur in *intestinum duodenum*, ubi *succus pancreaticus* cum *felle* effunditur ulterioris digestionis gratia. Digestus autem cibus promovetur actione continua fibrarum, quae musculosam intestinorum tunicam vestiunt, pars crassior in *faeces* abit; subtilior autem exprimitur in venas lacteas, quae radices suas per *ductum intestinale* infinito propemodo numero spargunt. *Chylus* et itidem *lymphae*, quam glandulae copiose effundunt, dilutus in *cisternam* deducitur, commune chyli atque lymphae receptaculum,

ibique magis attenuatus per *ductum thoracicum* in venam *subclaviam* defertur. Sanguini permixtus mox per *venam cavam dextero* cordis *ventriculo* illabitur, unde in *arteriam pulmonalem* exprimitur. Redit sanguis ex pulmone ad cor per venam pulmonalem, et *sinistro* cordis *ventriculo* infusus motu cordis in *arteriam magnam* pellitur, per cuius ramos ad omnes corporis partes defertur, unde per ramos venarum redit in venam cavam dextero cordis ventriculo iterum adfundendus. Perpetuus iste motus *circulatio sanguinis* appellatur. Admirandum circulationis artificium ex venarum articularumque structura atque systemate et ex illarum cum corde connexionem intelligitur. In dexterum cordis ventriculum hiant vena cava et arteria pulmonalis, in sinistrum vero vena pulmonalis et arteria magna. Venae cavae et arteriae magnae rami distribuuntur per totum corpus, rami autem venae pulmonalis et arteriae eiusdem nominis per pulmonum lobos disperguntur. Venae et arteriae per totum corpus invicem communicant per tubos capillares inflexos, quorum pars una arteriae, altera pars venae vices subit. Movetur autem sanguis in arteriis a corde versus extremas corporis partes, in venis e contrario versus cor. Ne autem in actione cordis sanguis ex ventriculo redeat in venam unde venerat, valvulis impeditur quibus etiam regressus in

cor coërcetur. Sanguinis quantitatem illiusque velocitatem calculo aestimare conati sunt multi et quidem doctrinae fama percelebres viri, sed irrito prorsus labore, ut iam antea observavimus.

V. Ut intelligatur nutritionis ratio totum *chylificationis* opus breviter resumamus. Chylus in ore praeparatur, atteritur, in aesophago et ventriculo attenuatur, in intestinis elaboratur, in venis lacteis secernitur, in mesenterii glandulis diluitur, magis ac magis in ductu thoracico diluendus, sanguini in venis miscetur, ibi autem rursus solvitur, attenuatur, intimis miscetur, in lateralia pulmonum vasa pellitur, fluidarum particularum formam induit, suam fluiditatem ob perpetuum sanguinis circuitum conservat. Continua pulmonis, viscerum aliorumque vasorum actione sanguis *chylosus* varias mutationes subit, atque ex eo glandularum ope secernitur, ac veluti exsugitur liquor *serum sanguinis*, quod in massam *gelatinosam* abit, et singulis corporum partibus nutriendis destinatur. Quia vero subtilior seri pars iterato circuitu perpetuo consumitur, hinc chyli detrimentum moderato alimentorum usu reparandum. Quibus autem incrementis augeatur corpus, iam in physica generali explicavimus, ubi sermo fuit de transpiratione. Nunc cordis actionem, quae vitae fons est atque principium, ipsamque respirationem



breviter contemlemur. Cor illiusque auricularum, sunt veri musculi, spirales scilicet fibrae, quae ex descripta cordis anotome a basi versus mucronem adscendentes iterum versus basim reflectuntur: musculorum vi agunt: dum fibrae omnes simul breviores factae longitudinem cordis minuunt, latitudinem augent, ventriculorum cavitatem coarctant, tendinosa arteriarum orificia dilatant, venarum ostia restringunt: hinc sanguis magna vi in arterias exprimitur, atque haec est *systole*. Sanguine per systolem toto fere expulso ex cavis cordis, fibrae flaccescunt, arteriis iam dilatatis cordisque nervos comprimuntibus: hinc distantia inter basim et apicem augetur, sanguis expulsus in venas transit, atque haec est *diastole*. Praeter muscularium fibrarum actionem alias quoque vires plurimas ad motum cordis conferre certum omnino est, quamvis singulas vires illas nec calculo aestimare, neque etiam recensere noverint diligentiores anatomici. Sed quidquid sit, indubitatum est ad cordis contractionem sive systolem non parum conducere musculos intercostales et diaphragma; quorum ope fit, ut sanguini in pulmones pateat ingressus, quo negato actioni cordis insuperabile daretur obstaculum.

Itaque haec omnia cum pulmonum actione et respiratione coniuncta sunt. Duplici motu absolvitur respiratio, *dilatatione* nempe

et *constrictione* pectoris, quarum una alteram sequitur. Dum pectus dilatatur, aërem in pulmonem haurimus, eo constricto pulmones evacuantur. Vt intelligatur, quomodo hoc fiat, ex brevi anatome iam in metaphysicis institutionibus explicata repetendum est, pectoris cavitatem duodecim costis, arcuum instar, hinc et inde positis constare. Inter eas mediant musculi *intercostales*, qui superiores costas cum inferioribus connectunt. Inferioribus costis valde adhaeret diaphragma, quod in transversum expansum inter pectus et abdomen modo complanatur et viscera abdominis comprimit; modo versus pectus attollitur, et fornicis instar adsurgit. His animadversis, dum intercostales musculi contrahuntur, costae elevantur, diaphragma complanatur, abdominis viscera extrorsum protruduntur, pectoris cavitas dilatatur, aër ambiens per os et nares, atque hinc per tracheam ad pulmones ruit: aër autem *annulos cartilagineos* impellit, *tracheae bronchia* dirimit atque separat, varios arteriae pulmonalis et venae eiusdem nominis ramos auget, et earundem capacitatem amplificat. Hinc illarum continua et alterna actio ad cor transfertur, a quo originem habuit. Paulo post costae, musculorum, pectoris viribus, pondere suo adiuvante, concidunt: diaphragma a resilientibus visceribus sursum adigitur: bronchiorum annuli cartil-

laginei breviores fiunt, illorumque dimensio contrahitur, atque pari modo contrahuntur tunicarum muscularium vi et arteria pulmonalis et vena. Vnde pectoris cavitas contracta susceptum aërem eicit ex pulmonibus. Vtrum vero aliquid aëris, facto per pulmones aditu cum sanguine misceatur, quaestio est apud *physico-medicos* agitata, quam breviter attingimus, ubi aëris proprietates explicavimus.

Explicata circulationis et respirationis actio mechanica foetui in utero materno convenire non potest. *Septum* utramque cordis auriculam dirimens *foramine ovali* pertusum est. Arteriae pulmonalis truncus vix e corde egressus canalem quemdam communicantem in *aortem descendentem* dimittit. Nato et excluso foetu foramen ovale sensim clauditur et canalis communicans arescit. At foetu incluso in utero materno, pulmones intumescere atque detumescere non possunt, pro ut faciunt ingresso aëre. Quare flaccidi ferè manent et sine ullo motu, ac proinde sanguini per eos circulationem copiosam et facilem non permittunt. Hinc admirabili structura factum fuit foramen ovale, ut sanguis e vena cava in dexteram auriculam admissus, in auriculam sinistram influeret, atque in foetu cordis vitam et actionem fovèret non secus, ac si per pulmones transiret.

VI. De musculorum actione saepe men-

tionem inieciimus. Motus instrumentum sunt musculi, quibus dissectis, membrum, cui movendo destinantur, moveri amplius non potest. Venter musculis constat ex fibris carneis secundum longitudinem excurrentibus, qui breviores fiunt, ut pars corporis, cui cauda adfixa verus caput adducantur. Nervis ligatis vel resectis, quod in *phrenico* praesertim ad diaphragma tendente experiri licet, nulla in fibris *moiricibus* fieri potest contractio. Hinc colligitur, per nervos aliquid ad musculos deferri, quo illorum actio determinatur. Quare non sine ratione admittitur fluidum aliquod subtile, quod in substantia *corticali* cerebri utpote glandulosa secretum influit in nervos, qui ex substantia medullari ortum ducunt.

Motus, quo carnea musculorum fibrae contrahuntur, nondum satis patet. Mittimus igitur coniecturas, etsi utiles; viam enim ad ultiores disquisitiones parant, dummodo tamen fiant a viris rerum anatomicarum expertissimis. Hoc autem certo nobis statuendum videtur, ad musculorum actionem concurrere et fluidum subtilissimum per nervos decurrens, quaecumque sit huius fluidi natura, simulque sanguinem ex arteriis adflentem. Quemadmodum enim ligato nervo motus omnis in musculo impeditur, ita quoque si musculi arteria constringatur, novique sanguinis in musculum influxus impediatur, nul-

lus in musculo motus haberi potest. Sed de his iam sermonem habuimus in metaphysica. Heic autem dumtaxat subiungemus, musculos fere omnes suos habere *antagonistas*, qui nempe *contraria* habeant officia. Tales sunt musculi *extensores* et *flexores*, quorum primi extendunt, postremi autem inflectunt. Hinc patet, contractionem esse naturalem musculis omnibus statum; nisi enim musculus a suo antagonista superetur, statim contrahitur, neque ullo voluntatis imperio potest dilatari. Ita si partis alicuius flexor musculus resecetur, iam extensores contraria musculorum antagonistarum actione haud amplius superantur. Hinc partem illam statim extendi necessum est, et contra eandem partem flecti oportet, resectis musculis extensoribus. Aliqui tamen musculi, inter quos *cor*, suis carent antagonistis. Ex his omnibus intelligitur, vitae fontem et veluti fundamentum esse cordis motum, quo sanguis per uniuersum corpus impellitur. Mors autem est *aeconomiae* animalis dissolutio, per quam cessant et motus cordis et respiratio. Plurima alia ad hanc ipsam rem spectantia repeti debent ex metaphysica atque ex physica generali. Id enim cavemus diligenter, ne in aliquo loco iterum dicamus, quod iam dictum prius. Nonnullas alias corporum species in sequenti capite considerabimus.

## APPENDIX.

## De quibusdam capituli praecedentis utilitatibus.

Varia telluris climata in hoc capite enumeravimus. Ex diversa autem coeli temperie, ac proinde ex ipsa climatum varietate suboriri in oeconomia animali variationes plurimas negari non potest, atque experientia comprobatum est. Climatum varietas plurimum confert ad generalem corporis constitutionem, staturam, robur, calorem, morborum naturam, senectutem. At fatendum est, generalem climatum rationem cum aliis particularibus causis, quales sunt aëris, aquae, soli, alimentorum condiciones, tam confuse complicatam esse, ut difficile omnino sit eas discernere varietates, quae climati propriae sunt. Quia vere inter corpus et animam arctissimum est commercium, certum quoque est idque observatione constat, incolarum indolem, nisi voluntatis imperio regatur, ex ipsa climatis natura aliquo modo pendere. Ita climata quaedam robur et fortitudinem excitant, alia vim imaginandi aciemque ingenii acuunt, alia autem quasi hebetare videntur. Tandem snum cuique nationi fere proprium est ingenium, sed rem invidiae plenam fusius persequi nostrum non est. Id tan-

tum caute monendum est, virtutum vitiorumque rationem non ex climatum conditione et natura, sed ex divina atque immutabili lege pendere. Leges ergo in variis regionibus non mutabili climatum varietati, sed perpetuae et invariabili iustitiae attemperari debent. Tandem licet climatum temperies ad excitandam adfectuum varietatem conferre aliquid possit, gubernari tamen possunt et debent voluntatis arbitrio, et ad divinae legis normam moderari, atque, si pravi sint, extirpari omnino. Sed haec ad ethicam proprio iure pertinent.

Itaque his praetermissis fuseque tractandis in ethica, ubi sancta morum dogmata vindicabimus, iam ad geographiam redeamus, et de illius studio pauca adiungamus. Triplex, ut ita dicam, geographiae aetas considerari debet. Geographia antiqua, geographiae aetas media, et geographia recentior. Primus geographiae status ea est terrae descriptio, quam veteres scriptores usque ad imperii romani occasum reliquere. Geographiae mediae aetatis ille est geographiae status, qui ad imperii romani occasum usque ad litterarum restorationem obtinuit. Geographia recens est terrae descriptio a restauratis litteris ad praesens usque tempus. Quod spectat ad geographiam antiquam, ea quidem magnam postulat veterum scriptorum supellectilem, sed recentioris etiam geographiae auxilio indiget.

Veteres scilicet scriptores cum recentioribus et cum accuratissimis mensuris comparandi atque etiam emendandi sunt. Si hac comparatione destituamur, ignotae omnino erunt itinerariae veterum mensurae, ac proinde et ignotus erit veteris geographiae status. Haec prima geographiae species ad sacrae scripturae intelligentiam plurimum prodest. Quod attinet ad mediae geographiae statum, is densioribus involvitur tenebris, multaque ad hanc cognitionem necessaria nobis eripuit temporum barbaries. Attamen ex veteribus *chronicis, cartulis*, quibus *archiva* abundant, aliquid lucis tantae rerum geographicarum obscuritati adfulgere potest. Tandem quod spectat ad recentiore[m] geographiam, astronomorum laboribus ad summum perfectionis gradum ita perducta est, ut ignotus esse non possit in globo terrestri locus, in quo astronomus pedem figere possit. Ita viro geographiae studioso probe cogniti esse debent globi coelestis atque terrestris circuli, haecque est geographia *astronomica*. Praeterea dividitur geographia in *naturalem*, qua scilicet considerantur illae, quas natura constituit, globi nostri divisiones, ope marium, montium, fluminum cet. Dividitur etiam in *historicam* vel *politicam*, eaque considerat varias regionum vicissitudines, tum in ipsa principum mutatione, variisque regionum in bello et pace fortunis, tum in ipso regimine

*civili aut politico.* Tandem geographia alia est *sacra ecclesiastica*, quae nempe eas percurrit regiones, de quibus mentio fit in sacra scriptura, et in historia ecclesiastica. Haec autem geographiae pars varias pro commoditate divisiones admittit. Ita geographia ecclesiastica ratione iurisdictionis dividi potest in *patriarchatus, primatus, dioeceses* cet. Ex his manifestum est, cultiori cuilibet hominum conditioni utilissimam esse geographiam, immo geographiam *nescire turpe magis est, quam scire gloriosum.*

## CAPVT II.

*De corporibus aliis in terrae gremio potissimum considerandis.*

Corpora in terrae gremio conclusa generali *fossilium* nomine appellantur. Alia fossilia in terrae visceribus generantur atque formantur; haec *nativa* dicuntur. Ad hanc classem pertinent *terrae, lapides, metalla* cet. Alia autem fossilia terrae propria non sunt, et *extranea* vocantur, qualia sunt *piscium, quadrupedum ossa, ligna, plantarum corpora* terrae visceribus ignoto casu sepulta. In terrae gremio recluduntur innumerabiles succorum species, aliaque plurima infinito pene numero corpora. Ex corporum illorum concursu oriuntur aliquando intestini, vehemen-

tissimique motus, atque hinc nascuntur persaepe subterranea, atque etiam meteora phaenomena. In tanta rerum copia, quae universam fere historiam naturalem continet, pauca dumtaxat corpora considerabimus, quae physicorum contemplationi proprie subiacent. Quare hoc ultimum physices caput in duos dividemus articulos. 1. Erit de ferro et magnete, illorumque mutua attractione, ubi etiam de vi electrica. In 2. articulo alia contemplabimur corpora, quae ad subterranea meteora phaenomena videntur pertinere.

## ARTICVLVS I.

*De ferro et magnete illorumque vi attractiva, ubi etiam de electricitate.*

I.  
Ferri et magnetis quaedam sunt proprietates admirandae potius quam haecenus explicandae. Primo autem adnotandum est, magnetem haberi posse veluti lapidis speciem, quae ex ferro, oleo et sale coalescit. In hoc lapide quattuor effectus praecipuos considerabimus, scilicet *vim attrahentem* aut *repellentem*, *vim communicativam*, *vim directivam*, ac tandem *vim inclinatricem*, de quibus ordine dicendum est. Atque ut a vi attrahente initium ducamus, sciendum est, magnetem trahere ad se multa corpora, sed

*civili aut politico.* Tandem geographia alia est *sacra ecclesiastica*, quae nempe eas percurrit regiones, de quibus mentio fit in sacra scriptura, et in historia ecclesiastica. Haec autem geographiae pars varias pro commoditate divisiones admittit. Ita geographia ecclesiastica ratione iurisdictionis dividi potest in *patriarchatus, primatus, dioeceses* cet. Ex his manifestum est, cultiori cuilibet hominum conditioni utilissimam esse geographiam, immo geographiam *nescire turpe magis est, quam scire gloriosum.*

## CAPVT II.

*De corporibus aliis in terrae gremio potissimum considerandis.*

Corpora in terrae gremio conclusa generali *fossilium* nomine appellantur. Alia fossilia in terrae visceribus generantur atque formantur; haec *nativa* dicuntur. Ad hanc classem pertinent *terrae, lapides, metalla* cet. Alia autem fossilia terrae propria non sunt, et *extranea* vocantur, qualia sunt *piscium, quadrupedum ossa, ligna, plantarum corpora* terrae visceribus ignoto casu sepulta. In terrae gremio recluduntur innumerabiles succorum species, aliaque plurima infinito pene numero corpora. Ex corporum illorum concursu oriuntur aliquando intestini, vehemen-

tissimique motus, atque hinc nascuntur persaepe subterranea, atque etiam meteora phaenomena. In tanta rerum copia, quae universam fere historiam naturalem continet, pauca dumtaxat corpora considerabimus, quae physicorum contemplationi proprie subiacent. Quare hoc ultimum physices caput in duos dividemus articulos. 1. Erit de ferro et magnete, illorumque mutua attractione, ubi etiam de vi electrica. In 2. articulo alia contemplabimur corpora, quae ad subterranea meteora phaenomena videntur pertinere.

## ARTICVLVS I.

*De ferro et magnete illorumque vi attractiva, ubi etiam de electricitate.*

I.  
Ferri et magnetis quaedam sunt proprietates admirandae potius quam haecenus explicandae. Primo autem adnotandum est, magnetem haberi posse veluti lapidis speciem, quae ex ferro, oleo et sale coalescit. In hoc lapide quattuor effectus praecipuos considerabimus, scilicet *vim attrahentem* aut *repellentem*, *vim communicativam*, *vim directivam*, ac tandem *vim inclinatricem*, de quibus ordine dicendum est. Atque ut a vi attrahente initium ducamus, sciendum est, magnetem trahere ad se multa corpora, sed

potissimum magnetem alium, ferrum et arenam illam lucidam, qua ad exsicandos recens scriptos characteres uti solemus. Si magnes ad corpora ista admoveatur, statim videbuntur ea sponte moveri versus magnetem, et quidem maiori vel minori cum velocitate pro maiori vel minori eorum pondere. Velocius enim ruunt corpora ista versus magnetem, si minorem habeant molem; immo si magnitudinem paullo maiorem habeant, manebunt etiam immota, neque magnes tantam habebit vim, qua ea ad se rapiat. Attractio autem ista mutua est. Non minus enim magnes trahit ad se magnetem alium vel ferrum, quam trahitur ab illis, quod demonstravimus in physica generali, ubi de actione et reactione. Ceterum magnes nec trahit omni ex parte, nec aequaliter in omnibus sui partibus virtutem habere deprehenditur. Donatus est enim magnes plerumque polo duplici, quorum alter trahit ad se, alter vicissim repellit; si scilicet magnes magneti opponatur, non vero si ferrum magneti. Ferrum enim semper et omni ex parte trahitur, quamquam non aequae vehementer omni ex parte. Id vero intelligendum est de ferro, quod magneticam vim non adhuc sibi comparavit. Nam ferrum postquam magneticam vim adeptum est, a magnete repellitur non minus ac magnes alius. Quoniam vero in polis virtus trahendi maxi-

ma est, ii deteguntur ope scobis ferrae vel etiam arenae, quae ita circa magnetem sese componit, ut semitas quasdam veluti sulcos efficiat; ut ibi autem sulci ibi convergunt, ibi reperiuntur poli. Linea utrumque polum coniungens dicitur *axis magnetis*, a *quator* autem dicitur planum ad axem perpendicularare, ipsumque axem bifariam et aequaliter dividens. Magneticis polis idem impositum fuit nomen, quod globi nostri polis, unus nempe *septentrionalis* sive *borealis*, alter *meridionalis* sive *australis* dicitur. Etenim si magnetem ex filo libere suspendas, sponte sua in hunc se disponit situm, ut polus septentrionalis septentrionem, australis austrum respiciat, etsi non accurate nec aequaliter ubivis locorum. *Meridianus magneticus* appellatur planum ad magnetem perpendicularare secundum longitudinem axis; ac proinde transit per polos. Sunt autem poli magnetis puncta mutabilia. Si magnes per medium axem leni manu secetur, quaelibet pars duos acquirit polos. Partes quae erant sub aequatore contiguae ante sectionem, et quae poli non erant, polorum vim habent; immo pars quaelibet polus borealis vel australis fieri posset, sectione facta maioris magnetis polo australi vel boreali propius. Idem contingeret parti cuilibet dimidiae, si eodem modo mediae secarentur. At si magnes non secetur per medium axem, sed secundum longitu-

dinem, habebuntur quoque poli quattuor, quorum duo *eiusdem nominis* in ea manebunt parte, in qua positi erant ante sectionem, et in qualibet parte formabitur novus axis priori parallelus. Phaenomenon autem plane singulare prebent magnetis poli. Nempe duorum magnetum poli, si fuerint diversi nominis, sese mutuo attrahunt; secus autem, si eiusdem nominis fuerint, nimirum polus septentrionalis trahit australem, sed non vicissim duo septentrionales vel australes sese mutuo attrahunt; immo sese fugiunt, sive repellunt. Quare poli diversi nominis dicuntur *amici*; poli autem eiusdem nominis *inimici* appellantur.

II. Magnes donatur virtute alia, quae *communicatrix* dicitur; eo quod magnes vim suam attrahentem ferro aut calybi facile impertiatur. Si super polo cuiusvis magnetis, vel prope eum lenta manu ducatur ferrum secundum sui ipsius longitudinem, et eadem servata directione, magnes huic ferro virtutem suam ita communicabit, ut ferrum ipsum, ad vim attrahentem quod attinet, nihil prorsus a magnete differat. Nec tamen magnes de viribus suis deperdit quidquam, et i centena ferramenta vi sua impraeghaverit. Non desunt tamen, qui adhaerent, magnetes imbecilliores evadere. At illud certum est, ferrum ductum circa magnetem binos polos sibi comparare, qui iisdem donati sunt

proprietatibus, quibus pollent ipsius magnetis poli. Neque magnes tantum vim suam ferro communicat, sed etiam ferrum acceptam virtutem magneticam ferro tribuit, atque etiam alteri magneti. Diversis artificiiis comparantur magnetes *artefacti*, illud vero praecipuum est atque optimum.

Adhibeantur lamellae calybeae eximiae laevigatae, summaque industria temperatae, quae singulae eandem habeant longitudinem, latitudinem et crassitiem, sintque circiter sex pollicibus longae, quinque lineas latae, unam vero lineam crassae. Si autem illarum longitudo augeatur, in eadem ratione auferi debent dimensiones singulae. Rebus ita comparatis, cuilibet lamellae seorsum vis magnetica communicetur, potenti magnete adhibito. Deinde lamellae illae inter duas laminas ferreas vel calybeas ita constituentur, ut suis polis oppositis eas contingant, quae quidem praeparatio *armatura* vocatur, atque ita habebitur magnes *artefactus*. Non solum magnetis ope, sed etiam sine magnete ullo parari potest vis magnetica. Laminulae calybeae probe laevigatae incudi etiam eximie perpolitae imponantur, eaque secundum longitudinem, eandemque directionem atterantur ferro verticali satis magno, cuius extremitas inferior sit in rotundum conformata, et bene expolita. Si operatio illa per singulas lamellae calybeae facies, quantum satis



est, iteretur, eximiam virtutem magneticam adquiret lamella calybea, non secus ac si exquisito magnete tacta fuisset. Id autem notandum est, ad septentrionem dirigi illam magnetis extremitatem, a qua factum fuit attritus initium, contra autem ad meridiem convertitur extremitas altera, in qua attritus desinit.

Sine ulla magnetis ope egregiam vim magneticam natura aliquando suppeditat. Ferrum oblongum in loco sublimi positum, et in situ verticali satis diu detentum, mutatur in praestantissimum magnetem. Potentissimam vim magneticam persaepe demonstrarunt virgae ferreae in aedium tectis, templorumque fastigiis erectae. Insignem vim magneticam adquisivisse aliquando feruntur coelesti fulmine percussa ferramenta. Traditur, cubiculum aliquod fulmine tactum fuisse, in quo cultri aliaque id genus ferra plurima continebantur: id autem contigit omnino singulare: ferramentorum pars fulminis vi soluta fuit et liquefacta; pars autem alia insignem adquisivit virtutem magneticam, qua clavos annulosque ferreos ad se rapiebat. Plurimis modis sive natura, sive arte generatur vis magnetica, sed hos recensere longius foret.

III. Virtute alia donatur magnes, ob quam fit, ut magnes polos suos praeter propter ad mundi polos convertat. Magnes enim cymbae lignae ita impositus, ut axem habeat horizon-

tis plano parallelum, si in amplo vase, quod aqua plenum sit, innatet, paulatim sic convertet se, ut determinatas semper coeli plagas suis polis respiciat, quarum quidem coeli plagarum una est utcumque *borealis*, altera autem utcumque *australis*. Huic magnetis virtuti referendum est praestantissimum *nauticae acus* inventum, quod in arte nautica magnam praestat utilitatem. Acus calybea oblongior vi magnetica imbuitur, acutaeque pinae medio sui imponitur, ut libere verti possit. Ad mundi fere polos ipsa suos polos dirigit. Apex, qui respicit *boream* dicitur *polus boreus* et *septentrionalis*; qui vero *austrum* respicit, *polus australis* aut *meridionalis* vocatur. Acus nautica, ne ab aëris motu vexetur, capsula ad custodiam coercetur. Quare tale instrumentum *pixis nautica* appellatum est. At dolendum est, quod ad maiorem nauticae artis utilitatem acus magnetica ad mundi polos sese non componat accurate, variationibusque plurimis sit obnoxia. Si *pixis magnetica* ita constituatur, ut acus terrestri meridiano respondeat, idque fiat in plurimis terrae locis; observabimus, directionem acus magneticae a directione ipsius meridiani deflectere, nec quidem in omnibus locis aequaliter, sed magis vel minus pro vario locorum situ. Talis aberratio acus magneticae a meridiano appellatur *declinatio*. Praeterea in ipsa declinatio

ne mutatio fere perpetua deprehenditur etiam in eodem loco non solum diversis annis, sed etiam diversis diebus, et per varias eiusdem diei horas. Sic Parisiis anno 1550 magnetes ad orientem declinabat gradibus octo, anno 1580 gradibus undecim, anno 1566 polos accurate respiciebat, anno 1700 gradibus octo declinabat versus occidentem. Quod autem Lutetiae accidit, idem quoque in singulis terrae locis observatum est, sed diversa plane mutationis lege, immo potius nulla, quae subtilissimis etiam observationibus haecenus innotuisse potuerit. Praeter hanc universalem declinationis variationem, ex certis quibusdam specialibus circumstantiis et conditionibus alias quoque mutationes plurimas interdum subit acus magnetica. Ferrum acui magneticae proximam illius declinationem plurimum turbat; aliquando etiam meteora in acus declinatione insignem variationem inducunt. Anno 1724 in latitudine boreali  $41^{\circ} 10'$  et in longitudine  $28^{\circ}$  die 2 septembris, perturbatis motibus, ita agitata est acus magnetica, ut ad dirigendum iter nullius potuerit esse usus. Eandem agitationem patiebantur acus aliae plurimae vi magnetica recens imbutae, ille autem vehementior inordinatusque motus horae integrae spatio perduravit, quo deinde cessante pristinam directionem acus magneticae recuperarunt. Eandem vim directivam aliquando suspensam pe-

ritissimus navium praefectus D. Ellis. Saeviente acutissimo frigore, navique magno gelu circumdata, semel deprehendit vi sua directiva fere destitutas fuisse acus singulas; aliae autem ad plagas oppositas sese aliquando dirigebant. His tamen non obstantibus, quae minus frequentes sunt, acus magneticae variationibus, maximae tamen utilitatis est pixis magnetica. Declinatio enim satis accuratis observationibus ut plurimum nota est.

IV. Superest tandem consideranda magnetis virtus *inclinatrix*. Parata acu calybea, magnetica vi nondum imbuta, inventoque gravitatis centro, ita ut ipsum gravitatis centrum apici styli immineat, acus aequilibrata manebit, situmque horizonti parallelum obtinebit, neutra extremitate se vel attolente vel deprimente. At si huiusmodi acus concipiat vim magneticam, et stylo eadem ratione imponatur, cuspidis eius borealis in his nostris regionibus borealibus deprimet sese aliquantulum, oppositus autem australis vicissim sese extollit. Nec depressio cuspidis unius, et elevatio alterius aequalis est in omnibus terrae locis. Eo enim minor observatur, quo minor est locorum distantia ab aequatore; et contra eo maior, quo loca sunt polis propiora, ac proinde acus magneticae *inclinatio* ex ipsa locorum latitudine pendere videtur. Haec phaenomena deprehenduntur in hemisphaerio nostro boreali. At trans-

lata acu ad oppositum heinisphaerium australe, tunc vicissim cuspidis australis deprimet sese, borealis autem sese attollet, et eo magis, quo propior fuerit locus polo australi. Hinc consequens videtur, acum manere aequilibratam in aequatore, in polis autem eo usque inclinari, ut perpendiculariter insistat ad terram. Haec autem acus magneticae inclinatio maiores, quam ipsa declinatio, variationes patitur, non solum in diversis terrae locis, sed etiam in eodem loco, et per diversas diei horas. Verum huius variationis partem aliquam referenda esse, observatum est, ad resistantiam, quam ex mutuo axis attritu patitur acus magnetica, antequam ad aequilibrii situm perveniat. Et quidem diligenter observata acus magneticae inclinatione, ea variabilis omnino deprehendebatur, iisdem licet manentibus experimenti circumstantiis. Paratae fuerunt diversae acus magneticae quod ad omnes conditiones simillimae: vix unquam eandem inclinationem ostenderunt acus duae, immo differentia 10 vel 12 gradus aliquando superabat. Ex illa inclinationis inconstantia factum fuit, ut hanc variationis partem arte aliqua corrigendam proposuerit academia parisiensis, adnexo de more praemio, quod reportavit Doctissimus Daniel Bernoullius, qui subtilissima acus magneticae structura huius erroris, vel differentiae partem aliquam sustulit.

V. Quod spectat ad effectuum magneticorum causam, fatendum est, nihil esse in physica obscurius. Quare ne varias quidem referre volumus physicorum hypothesese, quibus explicatis non sumus doctiores. Generatim observare satis erit, attractionem magneticam ex ferri magnetisque particulis atque illarum textura pendere. Et quidem mutata particularum dispositione generatur vel destruitur vis magnetica, frequentius intenditur, vel remittitur, quod iam variis exemplis ostendimus. Ita si ferrum magnetica vi imbutum valide percutiatur, si igni subiciatur, si violenta manu torqueatur, vi magnetica destituitur. Si vires attractivae fuerint ex una parte maiores, quam ex altera, poli ex una parte erunt *attractivi*, ex altera *repulsivi*. *Communicatio* virtutis in eo sita esse potest, quod ferri particulae sine ullo ordinatae dispositae ob magnetis vicini actionem mutuam positionem mutent, tumque se prodet magnetica vis in ferro quoque. Eadem de causa filum ferreum, quod magneti adfrictum virtutem contraxit, poterit virtutem amittere, si motu contrario ducatur ita, ut conveniens partium positio turberetur. *Directio* acus ad certas terrae plagas polo proximas hinc oriri potest, quod per universam quidem telurem ingentes lateant sub ipsa superficie massae ferri, et magnetis, sed multo plures, quam alibi, versus polos. Hac enim de cau-

sa fieri poterit, ut acus magnetica non dirigatur accurate versus polum, sed hinc inde aberret. Si eiusmodi fodinae minores per universam terram nullo certo ordine dispersae sint, inde intelligetur, in magnetis declinatione nullum esse certum ordinem. Huius rei imaginem quamdam habere possumus, si maiorem aliquam eximiae virtutis magnetem ad mensae caput colloceamus, tum alios minores magnetes dispergamus sine ordine, acus se ad magnum magnetem potissimum diriget, minorum tamen magnetum actionibus nonnihil turbabitur directio. Eadem quoque erit *inclinatio* causa. Videmus enim, acum magneticam inclinari statim, si ferri fodinis proxima fuerit. Iam vero si haec sit effectuum magneticorum generalis causa; quidni fieri poterit, ut quotidie parum admodum et fere nihil mutetur directio, quae mutatio temporis progressu crescat, et tandem post ingentes terrae motus statim vel maxime augetur, vel etiam minuatur? Nimirum fodinae perpetuas subeunt mutationes, novae alibi generantur augenturque, alibi minuuntur et pereunt. Itaque perpetua est mutatio, exiguo tempore exigua, tempore longiori maior irregularis omnino si mutatio ipsa in fodinis irregularis fuerit. Quae quum ita sint, non repugnat ad generalem attractionis legem referri posse effectus magneticos, qui proinde ex particularum figura, textura, mutua

positione pendent. Quae quidem omnia nos latent, et utinam fortasse non semper lateant. Quare generatim rem difficilem explicavimus parum solliciti de subtilissimis effluviis, quae tenuitate sua acutissimos oculos effugiunt, remotasque massas vi maxima connectunt.

VI. Cum vi magnetica aliquid adfinitatis habere videtur vis *electric*a. Antiquis etiam philosophiae temporibus notum fuit, *succinum*, quod etiam *electrum* dicitur, eam vim habere, qua paleolas levique corpuscula attrahat, atque ideo virtuti huic attractivae factum est *electricitatis* nomen. Progressu temporis haec eadem vis in *sulphure*, *cera obsignatoria*, corporibusque aliis *bituminosis* et *resinosis* observata fuit. Virtutem electricam in *vitro*, *gemmis*, *bombice*, *lana*, *capillis* experti sunt deinde physici. Dura enim siccaeque manu perfrictis corporibus illis, leviuscula quaeque corpora ad se rapiunt. Idem tentatum fuit in aliis plurimis corporum speciebus, nullumque inventum fuit corpus, quod sua natura non foret electricum, vel electricitatem non posset accipere. Quod ut intelligatur, duplex distingui debet corporum electricorum genus. Alia dicuntur corpora *per naturam electrica*, quae nempe perfricta electricitatem demonstrant. Alia autem per longum etiam tempus attrita nullum electricitatis indicium praebent, electricitatem tamen ex corporum electricorum vicinia

haurire possunt atque accipere, et ideo vocantur *electrica per communicationem*. Ita quamvis metalla et fluida nullam ex attritu electricitatem possint concipere, iis tamen electricitas variis artificiis conciliari potest. Si ferram aliquod tubis duobus vitreis horizontaliter sustineatur, vel funiculis sericis suspendatur, vel etiam resinosa massae incumbat, ferrum illud admoto vitreo tubo debite perfricto, vim electricam admittet. Eodem artificio electricitatem accipient fluida atque corpora non electrica. Porro in electricitatis phaenomenis non solum consideranda est attractio, sed etiam repulsio, quae ut plurimum attractioni succedit. Ita si auri foliolum a tubo electrico attrahatur, rursus ab eo repellitur, atque per vices varios itus et reditus seu subsultus edit. Vix conspicua est repulsio, si debilior sit electricitas; at si valida sit, corpusculum attractum statim repellitur. Tandem si potentissima sit electricitas, nullum inter tubum et corpusculum observatur contractus; sed corpusculum repellitur, ubi ad duorum vel trium pollicum a vitro distantiam pervenit. Eandem attrahendi et repellendi vim acquirit metallum, si vi electrica *per communicationem* imbutum fuerit, idemque succedit in corporibus omnibus non electricis. At aliae multae attractionis et repulsionis conditiones summa attentione considerari debent.

VII. Ex attractionis repulsionisque phaenomenis aliqua colligunt physici, et quidem merito ut nobis videtur. I.<sup>o</sup> Leviora corpuscula a corporibus electricis attrahuntur, donec eandem cum attrahentibus electricitatem adquirant, illorumque atmosphaerae ad eandem redigantur densitatem. II.<sup>o</sup> Hac densitate acquisita, desinit attractio incipitque repulsio. III.<sup>o</sup> Haec repulsio viget tantum inter corpora, quae ad eundem electricitatis gradum pervenerunt. IV.<sup>o</sup> Tandiu viget haec repulsio, quamdiu manet eadem atmosphaerarum densitas, qua perturbata, fit iterum attractio, donec aequalis densitas restituatur, rursusque nova excitatur repulsio. V.<sup>o</sup> Vigere potest repulsio inter corpora duo, quae nullum umquam dedere attractionis signum, dummodo eandem servant atmosphaerae densitatem. VI.<sup>o</sup> Eo validior est repulsio, quo maior est electricitas; ac proinde ex spatiis vi repulsiva descriptis vires electricas aestimare licet. Recensitos effectus experientia confirmat. Etenim si electricitas sit validior, inter auri foliolum tubumque vitreum nullam contactus deprehenditur, sed in duorum vel trium pollicum a vitro distantiam aurum repellitur, acquisita scilicet aequali atmosphaerae densitate: deinde supra tubum manet aurum veluti suspensum, donec vim electricam acquisitam amiserit, sive eam sensim et per gradus amittat, vim suam eom-

municando vaporibus per aërem dispersis, siue amittat statim ex alterius corporis non electrici contactu. Facta electricitatis iactura, iam cessat repulsio, foliolumque attrahitur, iterum post reparatam electricitatem repellendum. Hoc artificio auri foliolum per cubiculum transferri poterit, illud scilicet repellendo ope tubi eximie electrici, digitumque pro singulis repulsionibus admovendo; immo foliolum auri inmotum sustineri poterit inter ferrum vi electrica imbutum et digitum ipsum, si subtus ipsum auri foliolum ita admoveatur digitus, ut in singulis repulsionibus aurum tangatur, ac arte velut suspensum cohiberi poterit foliolum inter ferrum et digitum. Porro admodum verisimile est foliolum in hoc statu manere eo, quod tantam vim electricam digito communicet, quantam ipsum a ferro accepit, ea tamen quantitate demta, quae ad superandam gravitatem necessaria est. Sed haec pauca dicta sint, longiorem enim tractatum res postuleret. Legatur opus egregium, quod magna sagacitate parique experimentorum subtilitate conscripsit *Taurini* Doctissimus. P. Beccarias qui Franklino doctrinam non solum explicavit, sed et mirifice perfecit. Tota doctrina huc reducitur: esse quoddam fluidum electricum, quod interna corporum quorundam viscera illorumque superficiem possit pervadere, in aliis autem corporibus nullum ha-

beat motum, licet tamen corporum illorum aliqua contineant huiusmodi fluidi copiam sibi firmissime adhaerentem, nec sine frictione intestinoque motu effundendam. Prioris speciei corpora dicuntur electrica *per communicationem*; alia autem corpora vocantur electrica *per naturam*. Priora corpora fluidum electricum statim ad aequalitatem in alia corpora diffundunt, licet alia maiorem, alia minorem huius fluidi copiam postulent ad quamdam sibi *connaturalem*, ut aiunt, *saturitatem*. Quare e duobus eiusmodi corporibus, quae eundem natura sua non habent saturitatis gradum, aliud respectu alterius electricum est *per excessum*, aliud autem *per defectum*. Vbi nempe corpora illa ad eam admoventur distantiam, in qua particulae circa eadem corpora atmosphaerarum instar diffusae, aliae in alias possint agere, e corpore electrico per excessum fuit illico eiusmodi fluidum in corpus electricum per defectum, donec fluidum ad *respectivam* aequalitatem in utroque corpore perveniat. Porro fieri potest in hoc continuo effluxu, ut corpora, quae fluidum dant et recipiunt, ad se invicem accedant, si leviora sint, vel libere pendeant. Immo si materiae coacervatae motus vehementior fuerit, explosiones excitari poterunt, scintillae, tonitrua fulminaque ipsa.

VIII. Hinc aliqua ratione intelligi potest  
Tom. V. Mm

experimentum *batanicum*, quod est huiusmodi. Phiala vitrea mediocri crassitie, dimidia circiter parte aquam continet. Haec autem manu sustinetur, filo metallico in aqua interim pendente; illud vero filum adligatur lamellae metallicae aut corpori *per communicationem* electrico, quod ideo *conductor* vel *deferens* solet appellari, eo quod illius ope materia electrica propagetur, et veluti ducatur atque deferatur. Si machinae hoc modo comparatae imponatur globus vitreus, qui circa axem velocissime convertatur, sicca manu interim perfrictus, hic eximiam vim electricam concipiet, quae in corpora per communicationem electrica transibit. Iam excitata in globo vi electrica, si *conductor* extremitas digiti admoveatur, non solum scintillam elicies, sed te quoque vehementiori ictu percussum senties, atque eam ob causam experimentum istud *fulmen electricum* vocatur. Porro ad magnam distantiam propagatur fluidum electricum, et tanta est distantia illa, ut physicorum experimenta et diligentiam fugiat, si longissimum quoque filum ferreum filis sericis sustineatur, et in eo excitetur vis electrica, ad alterum fili ferrei extremum propagatur fluidum electricum tanta velocitate, quae nullam mensuram admittat. Si filum illud ferreum extremo digito tangatur, infinita propemodum velocitate extunditur fluidum electricum; quo

autem longius est filum ferreum, eo vehementior sentitur ictus cum scintilla coniunctus. Si plures homines massis resinosis insistant pedibus, et cum metallis in superficie satis magnam extensis communicent, quae tamen metalla filis sericis suspendantur, in hac etiam longissima hominum serie si vel unus ferrum vi electrica imbutum manu contineat, singuli electricitatem adquirent, leuiuscula corpuscula attrahent, atque ex iis vividissimae elicientur scintillae. Si resinosae massae sint subtiliores, electricitatis effectus debiliores fiunt, et nulli omnino, si inter pedes terramque ipsam nullum medium sit corpus natura sua electricum. Hinc certum videtur, fluidam esse materiam electricam, eamque per vitrum, resinam, bombycem transire facilius, si corpora illa minus crassa fuerint, facillime autem pervadere metallorum, animaliumque corpora, quibus intermediis ad terram propagatur, nisi corpore aliquo natura sua electrico cohibeatur. Scintillae e corporibus electricis excussae cum fulgure et fulmine tantam adfinitatem habere videntur, ut physici plurimi persuasum habeant, tonitrus boatum nihil aliud esse quam vehementiorem scintillae electricae explosionem. Et re quidem ipsa dum coelum tonat, ferramenta masis resinosis imposita tantam electricitatis vim concipiunt, ut scintillas multo splendidiore reddant, quam quae

machinarum vi extundi possunt. Sed de his agemus in proximo articulo. Ceterum quamvis de recentiori electricorum phaenomenorum invento non pauci doctissimi viri praeclara nobis reliquerint, quae heic fusius exponere non licet; satendum tamen est, immaturum, ut ita dicam, adhuc esse argumentum illud, longa fortase annorum atque experimentorum serie perficiendum. Quod vero ad generalem primamque attractionis et repulsionis electricae causam spectat, valde probabile est, eam ad universum mundi systema pertinere, ac proinde nostros auditores hortamur, ut in difficilioribus id genus quaestionibus nihil audacius proferant, vanissimasque explicationum umbras et inanes verborum sonos non amplectantur.

## ARTICVLVS II.

*De subterraneis quibusdam meteoris atque phaenomenis.*

## I.

Neminem latet, in terrae gremio contineri diversissimas magna copia corporum species, quae simul permixtae intestinis motibus agitantur, vehementissimamque fermentationem concipiunt. Sulphure, bitumine, nitro, particulisque metallicis abundant terrae

viscera. Porro notissimum est physicis, mixturas quasdam fieri ex nitro intermixto sulphuri, bitumini et calci vivae, quae humido aliquo adpersae accenduntur. Quidni ergo similes commixtiones sub terra fieri valeant, quae humore aqueo inbutae ignem excitent? Si limatura ferri et sulphur contritum misceantur, atque aqua abluantur, ita ut ex iis componatur massa quaedam mollis, haec in vase aliquo condita, et sub terra defossa magnum calorem primo excitabit, tum ignis et flamma emicabit, quae terram ipsam submovere poterit. Hac ratione claris. Lamerius *vesuvianos* ignes imitatus est. Nec abhorret a vero, hanc aut consimilem rationem naturam adhibere ad magna vesuvii incendia excitanda, ciendosque terrae motus. Et quidem causam hanc confirmat soli natura. In iis siquidem locis, quae tristissimis id genus phaenomenis frequentius agitantur, terra praedictis materiis ad fermentationem ignemque idoneis referta observatur. Nulla autem dubitandi ratio esse videtur, quin ad terrae motus conferat plurimum vis electrica, idque mox ostendemus, ubi fulminis causam explicare conabimur. Interim monere satis sit, sine eximia vi electrica intelligi vix posse, quod narrant scriptores aliqui, ad incredibilem fere distantiam propagatos fuisse terrae motus. At si ponamus, quod quidem probabilissimum est, ex vehementissimo



partium attritu generari potentissimam vim electricam, multo facilius explicantur subterranea phaenomena ad tantam distantiam propagata, et facto, quod scriptum reliquerunt aliqui, fides conciliabitur, ingentem scilicet terrae concussionem, e vesuvii monte ad Constantinopolim usque fuisse transmissam. Et re quidem ipsa vehementiores terrae motus, quos memoriae tradiderunt antiquissimi scriptores, fulgure, igne, tonitru horruisse leguntur. Idem quoque his nostris temporibus anno 1756 *Vilissipone 1748 Montesia in nostro valentino regno contigisse fide publica certum est.* De plerisque vesuvii montis eruptionibus id etiam narratur. Si autem ignis hic subterraneus, illiusque, ut ita dicam, *focus* subtus mare delituerit, iam ipsas maris aquas sublevare poterit, variisque in locis exundationes creare. Quod quidem annis 1755, 1756 accidisse, infaustis nuntiis accepimus.

II. Materiae electricae proculdubio referendi videntur ignes illi, qui *fatui* seu *erratici* et *ambulones* vocantur. Frequentes sunt in locis pinguibus, uliginosis et paludosis, in coementeriis non raro visuntur, et timidae plebi terrorem incutiunt. Nonnumquam subito evanescent: mox in alio loco resplendent: plerumque ad altitudinem sex pedum errant huc illuc: interdum altius haerent. Ex his ignibus aliqui lucentes sunt dumtaxat, alii autem lucentes sunt simul et in-

cendiarii ita, ut palearia, recta straminea et aedes incendere valeant. Dum ignes illi manu capiuntur, constare observantur ex materia viscosa et lubrica, non calida. Eiusdem naturae est ignis, qui *lambens* dicitur, hominum capillis, equorumque iubis aliquando adhaerens, praecipue dum pectine atteruntur. Ex dictis de igne electrico manifestum est, ignes illos nihil aliud esse, quam materiam electricam ex putrefactis plantis, cadaveribus, capillis, aliisque id genus corporibus motu atque attritu exoussam. Eodem referendae sunt exiguae flammulae, quae *castor* et *pollux* a nautis appellantur, et saeviente tempestate ad aplustria, ad funes, partesque navis volitare persaepe observantur. Ignem hunc esse electricum, satis iam demonstrat memoratum in praecedenti articulo experimentum, quo nempe ferramenta, coelo tonante, eximiam vim electricam concipiunt, magnamque scintillarum copiam emittunt. Ad hunc ipsum locum pertinet phaenomenon plane singulare, cuius ergo memini. In fastigio templi cuiusdam apud alvernos in Gallia posita erat de more crux ferrea. Tonante coelo e tribus crucis cuspidibus copiosae emanabant scintillae, tantaque lux aliquando splendebat, quae ingruente etiam pluvia praefocari non posset. Sed crux e loco dimota loci incolis terrorem, physicis autem phaenomenon eripuit. Iisdem cau-

sis tribuendi sunt globi ignei aliquando in aëre excitati, quorum aliqui longiorem caudam, ut plurimum trahunt. Sunt autem eiusmodi globi saepe ingentes, lunari magnitudine apparuerunt plurimi: maiores nonnulli. Ingentem huiusmodi globum Bononiae observabit Montanarius anno 1676. Visum est illud ipsum lumen super mare adriaticum, tamquam ex Dalmatia venisse, ac per universam Italiam transivisse. In iis autem locis, quibus verticale fuit, auditum, scribit laudatus auctor, crepitantem fragorem, qualis edi solet a curribus citato cursu super strata lapidea delatis. Addit, hoc lumen velocissime motum fuisse. Nam inter horae scrupulum unum 160 milliaria italica pergrasse comperit. Aliqui autem ex his globis in eodem ocelli parte suspensi, et fere immoti videntur. Ex odore sulphuris, quem globi illi spargere solent, intelligere pronum est, hoc meteorum ex sulphureis potissimum exhalationibus constatum esse. Et re quidem ipsa talem esse globorum illorum naturam, demonstrant perniciosissimi huius materiae effectus, dum in terram non sine fragore maximo dissiliunt. Per longum tractum dispersi arbores disiiciunt, evellunt, firmiora etiam aedificia solo coaequant, vehementissimos ventos excitant. Valde autem probabile est, aëris elasticitatem magna sulphuris copia debilitari, quocumque tandem modo id

fiat. Hinc aërem longius remotum magna vi irruere necessum est: validiorem ventum excitare, et ad aedificiorum ruinam conferre. Porro certissimum est, huius meteori ignem materiae electricae simillimum esse, ac proinde vi electricae referendam esse maximam praedictorum effectuum partem. Hoc ipso anno 1761 nuntiis publicis accepimus, Londini visum fuisse ingentem huiusmodi globum, qui aedificia plurima subvertit non sine magna animalium strage. Interim vero coelum flammis, fulgure, tonitruque saeviebat. Quod autem meteora illa globi figuram, ut plurimum, aliasque etiam figuras interdum referant; id tribuendum videtur partim flantibus ventis, partim materiae electricae attrahenti. Sed singulos talis materiae motus, innumeris causis variatos, atque turbatos nulla adsequi potest physicorum industria ulvae explicatio.

III. Hinc fulminis naturam atque genesis aliqua ratione licet intelligere. Fulmen differt a tonitru et fulgure. *Fulminis* nomine appellatur rapidissima flamma ex nubibus ad terram usque maximo cum impetu delata, et obvia omnia prosternens. *Tonitrus* autem nihil aliud est, quam fragor in summo aëre subita exhalationum aut materiae electricae inflammatione ortus. *Fulgur* vero est ipsa materiae accensio. Itaque patet, eandem esse fulminis, tonitrus, fulgura-

risque materiam, et ratione effectuum dumtaxat distingui. Iam meteori causam secundum recentiores cultioresque physicos explicabimus. Calore solis, aut ventis, aliisque aëris mutationibus saltem tanquam a causa primaria, procellosas nubes non excitari, certum omnino videtur. Etenim autumnali hibernoque tempore heic Romae et in aliis regionibus plurimis haud rara sunt tonitrua et fulgura. Praeterea tranquillo penitus aëre suboriatur procellosae nubes, et ipsa atmosphaerae tranquillitas imminenti procellae indicium esse solet. Haec igitur non est, ut vulgo credebatur, saltem generalis procellarum origo. In terrae sinu illiusque superficie, atque in liberis atmosphaerae regionibus, materiae electricae magnam copiam latere ex praecedentibus experimentis manifestum est. Porro huius materiae aequilibrium plurimis de causis tum in terrae gremio, tum ipso aëre turbari posse evidens est. Hinc excitari poterunt plurimi, et infinitis fere modis variari huius materiae motus. Hinc nubes, quae ex aqueis partibus *per communicationem* electricis coalescunt, aliquando materia electrica imbuntur magis, aliquando autem minus. Rem ita se habere demonstrat motuum vicissitudo in nubibus procellosis, materiae electricae variatis motibus simillima. Nubes, quae aquam deferunt, lente et tranquille admodum progrediuntur atque uniformi qua-

si motu expanduntur. Nubes aliae, quae grandines, turbines, fulguraque devehunt, ex improvise veluti apparent, impingunt, versus se invicem post contactum resiliunt, frequentissimis reflexionibus iactantur, donec simul coniungantur, et unum veluti corpus electricum componant. Iam vero si ponamus, variabilem aliquam ob causam alicubi accumulari materiam electricam, alicubi autem deficere, et vapores plures, aut nubes, aut corpora quaevis *per communicationem* electrica utrique loco esse interiecta; intelligimus a loco ad locum redundantem electricitatis materiam vehementissime vibrari: interposita corpora tralicere: infinitis prope modum motibus serpere: atque mirabiles omnino effectus edere. Experimento rem illustrabimus. Supra massam ex cera vel resina conflata collocentur metallici plures globuli ita, ut linea omnium centra coniungens per varios serpat gyros; deinde quo tempore primus globulus catenae propius admovetur, ultimus globulus digito tangatur; scintilla per globulos singulos ad digitum usque excurret. Porro experimentum illud varias fulguris ambages satis feliciter explicat. Nec mirum amplius videbitur, quod fulminis materiae quaedam corpora pervadat; aliis propioribus relictis, ensem diluat vagina intacta: oculos feriat inoffenso corpore. Alia plurima sunt fulminis scintillaeque

electricae simillima phaenomena. Scintilla electrica inflammat corpora, quae flammam concipere possunt. Ita etiam fulmen eiusdem naturae *inflammabilis* corpora invadit, illaque in fumum ac cineres resolvit. Scintilla electrica corporum evaporationem auget: gravem odorem spargit: tenuissimas fundit auri metallorumque particulas; ita etiam fulmen liquores in vase contentos dissipat: odorem pro locorum varietate varium effundit, et quae pervadit metalla, solvit, dissipat, absumit. Scintilla electrica enecantur volucres, et fulmine intereunt homines, atque in omnibus fulmine tactis eadem deprehenduntur signa, quae in volucris scintilla electrica percussis observantur. Quae quum ita sint, fulmen considerari poterit tamquam scintilla ex nubibus electrica materia gravidis exclusa. Si electricorum ignium vires voluminibus proportionales esse fingamus; globi ignei, qui diametrum lunarem referunt, vim longe maiorem habebunt; quam quae ad disiliendas aedes, evellendas arbores, propellendos lapides satis sit; quum scintilla, cuius diameter apparens sit lineae unius, vitreum tubum facile frangat. Ex angulis catenae vi electrica imbutae micant coni valde lucidi et satis ampli. Ita etiam ex nubibus aliquando ea poterit lux effundi, quae ad plures gradus extendatur, totumque coelum videatur occupare. Praeterea vis, qua

in se invicem impingunt nubes, et fragor ex conflictu oriundus, enormiter excedet scintillae electricae strepitum pro maiori nubium incurritum amplitudine, et vaporum, ex quibus coalescunt, elasticitate.

Materiam electricam per universa corpora diffusam esse iam demonstratum est, ac proinde nullum dubium est, quin fulmina alia e terrae gremio in aërem adsurgant, alia autem ex aëre in terram recidunt. Ex hoc materiae electricae terram inter et atmosphaeram commercio sagacissimis quibusdam philosophis in mentem venit a fulminis ictu aedificia fortasse liberari posse. Et quidem observandum est, materiam electricam ad metalla potissimum dirigi, eaque esse materiae electricae, ac proinde et fulmineae *conductores* sive *deferentes*. Igitur fulminis materia, ceteris paribus, corpora metallica praesertim imbuet, atque ex iis deinde emergens alia corpora pervadet. Itaque si *deferentes* metallici ad terram usque pertingant, hi fulminis materiam in terrae gremio deponent, atque amovebitur fulminis periculum. Ita aedium aliquarum tecta metallicis canalibus circumdata sunt ad excipiendas demittendasque aquas; si autem in aedium illarum fastigio erigantur duae vel tres metallicae cuspides fili ferrei ope cum iisdem canalibus communicantes, periculum declinari posse sibi persuadent aliqui, et quidem non

omni destituuntur fundamento, ut ex doctrina hactenus explicata colligitur. Et certe audiuimus, praesentissimum periculum expertos fuisse quosdam physicos, qui procellosa tempestate, nulla praevia diligentia, tentare ausi sunt experimenta electrica. Immo si narrationi fides esse debeat, eorum aliquos fulmine tactos fuisse didicimus. Laudanda quidem est physicorum humanitas, qui avertendis periculis humanique generis securitati invigilant; sed Dei flagella timere, melioresque fieri debemus.

IV. In omnibus meteoris partes aliquas habere videtur vis electrica. Si aquae guttula *per communicationem* facta sit electrica; ea sal tritum attrahit, atque inde firmitatem aliquam adipiscitur, seu in massam compingitur. Pari ratione, si in nubibus procellosis idem maiori copia fieri ponamus, nubium particulae maximam salium nitrorumque per atmosphaeram effusorum copiam trahent, et in *nivem* atque *grandinem* cogent. Si ex virga ferrea electricitate imbuta pendeat aquae guttula, quae pollicis circiter intervallo distet a vase inferiori aquae pleno, gutta superior pendens oblongatur, excutitur scintilla crepitusque auditur. En *columnae* seu *tubae marinae* et *typhonis* simillimam imaginem. Aliquando enim aqua circularem motum inchoare a nautis observatur, et paulatim ad altitudinem satis magnam adsurge-

re. Vortex ille si mari immineat *tuba marina* appellatur; *typho* autem dicitur, si aëreus sit vortex terraeque subiectus. Periculosi admodum sunt huiusmodi turbines, et raro incumbunt terris sine maxima clade. Ceterum quamvis ad meteora aënea plurimum conferat materia electrica, aliae tamen causae quae vulgo adferri solent, non debent omnino excludi. Nempe calorem ipsius terrae et calore solis sublevantur vapores, et ad altiorem atmosphaerae regionem adsurgunt, ibique ob minorem specificam gravitatem suspensi manere possunt. Si vero frigore condensentur, maioremque adquirant gravitatem specificam, proprio pondere relabuntur, vel pluviae vel nivis vel grandinis instar. Haec est vulgaris explicatio, quam quidem omnino de medio tollere immerito quis tentaret. Quamvis enim in meteoris aëneis partem maximam agere possit materia electrica, quae corpora longe graviora per aërem suspendere valeat; certum tamen est, alias quoque causas ad meteora aënea conferre, aliquando omnes simul, interdum aliquas tantum.

Antequam hunc articulum ultimamque physices partem absolvamus, praetermittendum non est phaenomenum, quod variatis vividissimisque lucis iactibus phaenomena electrica imitari solet. Fulgentissimum illud spectaculum plagam septentrionalem, ut plurimum illustrat, et *aurora borealis* appella-

tur. Arcus instar apparet, atque ex illo vibrantur radii celeriter adscendentes, iique admodum lati, instar columnarum verticalium nunc maiori nunc minori copia, et tandem coelum flammis hinc inde serpentibus totum resplendet. Huius phaenomeni sedem in atmosphaera nostra collocant physici omnes, ut quidem ut alias praetermittam rationes plurimas, observationibus compertum est, easdem auroras boreales in duobus locis licet parum distantibus non eodem tempore visas fuisse, quod quidem certissimo est argumento tales auroras non multum sublimes fuisse, et in atmosphaera nostra sedem habuisse. Huius phaenomeni altitudinem ex illius parallaxi investigarunt celeberrimi mathematici. At fatendum est, non satis tutam esse hanc methodum. Et quidem non constat, auroram borealem e diversis locis observatam, esse eandem ipsam lucem: quae in eodem coeli loco fixa haerebat; quod tamen fieri oportet ad definiendam phaenomeni parallaxim ac proinde et illius altitudinem. Vir doctissimus D. de Mairam summo ingenii acumine parique doctrinae apparatu huius phaenomeni causam quaesivit in atmosphaera solari, quae ad terrestrem usque atmosphaeram aliquando pertingens, aurorae borealis spectaculum praebet. Praeclarissima sane sunt opera, quae hac de re edidit Vir clarissimus. Opinionem hanc ad-

gressus est celeberrimus Vir Eulerus, qui auroram borealem ex subtilioribus atmosphaerae nostrae particulis radiorum solarium vi impulsis conflatam esse existimavit. Sed litem hanc inter duos magnos viros componere in argumento coniecturis pleno non licet. Alii tandem ex materia electrica totum phaenomenum repetunt hoc fere modo. Quum materia electrica sit ubique diffusa, alte etiam supra terrestrem superficiem evehitur materia haec. Iam vero aër, et quae aëri immiscentur heterogeneae particulae, in terram, solem ac lunam graves sunt, circa terram diurno motu revolventes fluunt ac refluant perpetuo, iisque in locis quibus ad perpendicularum insistent luminaria, attollantur primum, tum luminaribus progredientibus fluunt ab aequatore ad polos, atque in novum aërem particulasque alias impingunt. Hinc fieri potest, ut particulae illae in locis admodum diversis diversa imbuantur materia electrica, diversumque electricitatis gradum adquirant, atque tandem eadem particulae in se incurrentes electricitatis gradu dissimiles omnia exhibere poterunt electricitatis spectacula. Ratiocinationem hanc confirmant ex mutuae gravitatis legibus et maris nostri analogia, atque tandem accuratissima adferunt experimenta, quae in *cervis*, ut vocant, *volantibus* institui solent. His enim subtilissimis experimentis compertum est, cervos, ad di-

versas altitudines diversisque temporibus per aërem sublatos, diversum electricitatis gradum concipere. His ita constitutis, iam consequuntur omnia electricitatis phaenomena; ex particularum in se impingentium varietate nascetur miranda motuum varietas: hinc igneae columnae surgere statim poterunt et subsidere, lucidae succedunt coronae ignesque alii sine ordine per coelum dispersi. Quia vero aër hiberno tempore in regionibus borealibus fit densior, excitandisque electricitatis phaenomenis aptior; hinc aurora borealis frequentior conspicietur hiberno tempore et terra in perihelio constituta; quod demonstrant observationes *meteorologicae*. Hae sunt variae hypothèses, quae quidem singulae suum habent probabilitatis gradum haud facile definiendum. Ceterum in iis, quae pertinent ad vim electricam, haud satis commendari debent clar. Beccariae opera. Hic enim aliis omnibus, qui hactenus de eodem argumento scripserunt, palmam longe praeripuit. Vobis vero, quibus iniuncta est brevitatis, haec pauca satis sint; data autem praesenti occasione, nostram erga amicum venerationem libenter testatam volumus.

## APPENDIX.

## De quibusdam capituli praecedentis utilitatibus.

In hoc capite mentionem fecimus de *fossilibus extraneis*, quorum in terrae gremio magna latet copia, nec minor in ipsa telluris superficie apparet. Historiae naturalis amatores maxima admiratione percellit tanta *conchyliorum marinorum* et *piscium* varietas, quibus abundare aliquando observantur altiores montes, profundioresque valles in magna etiam a mari distantia. Tot et tanta conchyliorum fossilium strata horizonti fere parallela semper deprehenduntur, aliquando autem strata plurima intermediis, ut ita dicam, lectis vel terreis, vel arenosis separantur; neque casu quodam in nostras regiones translata credi possunt. Ita autem praesaepe accumulata sunt conchyliorum strata, ut animalia, quae conchyliorum illorum incolae fuerunt, quasi eandem familiam, atque societatem constituisse videantur. Id autem mirandum est maxime, quod corpora illa marina ad maria nostra minime pertineant, sed e remotissimis plagis ad nos advecta fuisse credantur a peritissimis historiae naturalis scriptoribus. Haec antiquissima monumenta velut tristissimas diluvii universalis

reliquias venerari non dubitant aliqui physici, quorum sententiam confirmare videntur inventa in montibus a mare longe disitis instrumentorum nauticorum fragmenta. Haec quidem universalis diluuii documenta, et ut, alii appellant, *numismata*, pie ac religiose vindicantur. Sed his argumentis, quae suis non carent difficultatibus, minime indiget, nulli difficultati, nulli errori obnoxia sacrae scripturae divina auctoritas. Quod clarius his Dei comminantis verbis *cap. vi. Genesae delebo hominem, quem creavi, a facie terrae finis universae carnis venit coram me; ecce ego adducam aquas diluuii super terram, ut interficiam omnem carnem: uniuersa, quae in terra sunt, consumentur.* Quod autem minas eventus fuerit subsequutus, aperte constat *cap. vii. : consumtaque est omnis caro, quae movebatur super terram: aquae praevaluerunt nimis super terram, opertique sunt omnes montes excelsi sub universo coelo.* Et certe si in habitatas dumtaxat terrae partes diluuium saevierit, ad quid Noe, Deo iubente, arcam sibi fabricasset? cur in eam animantia introduxisset? quum a diluvianis aquis in aliis regionibus facile tutus esse potuisset. Sed de his fusius disserere ad sacrae scripturae interpretes pertinet. Superest, ut refellamus obiectiones duas, quae physicorum iuris esse videntur. Intelligi nequaquam posse, aiunt

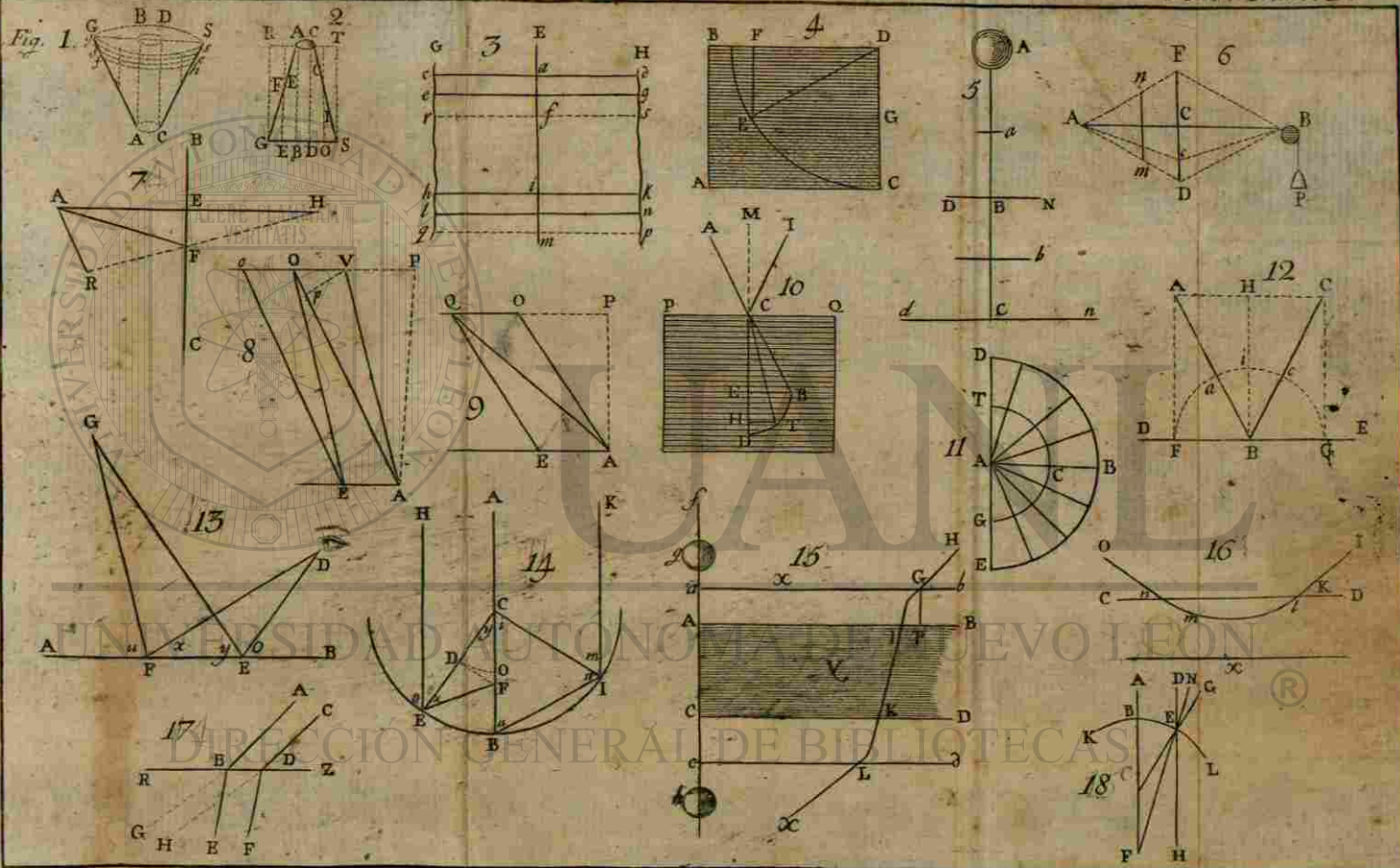
aliqui, qua in via in Americam penetrare potuerint fera animalia. In omnes *continentis* nostrae partes facile quidem migrare potuerunt domestica animalia simul cum hominibus earumdem terrarum incolis: fera quoque animalia temporis successu viam sibi quaerere potuerunt. At omni caret verisimilitudine, leones, tigres, aliaque hominibus perniciosissima animalia in alterius continentis regiones fuisse translata. Haec quidem est ineptissima obiectio, quae adversariis proponentibus solvenda etiam manet. Et quidem quum Deus cunctas animalium species in paradysio terrestri constituerit, *easque adduxerit ad Adam*, etiamsi nullum fuisset diluuium, quaestio pari iure fieri posset, quommodo ferocissima animalia in Americam pervenire potuerint. Varie autem huic quaestioni responsiones esse possunt. Et primum quidem verisimillimum est, Americam reliquis terrae partibus coniunctam esse; vel angusto *isthmo* animalibus facile pervio a *continente* nostro dirimi. Et re quidem ipsa anno proxime elapso rarissimam ego vidi tabulam geographicam *Petropoli* eleganter incisam, in qua delineabatur transitus a viatoribus russis per exiguum fretum in Americam his nuperrimis annis institutus. Tandem si in nostras regiones plurima id genus animalia etiam num hodie longius arcesantur; quidni etiam fieri potuit, eadem animalia in Americam fuis-

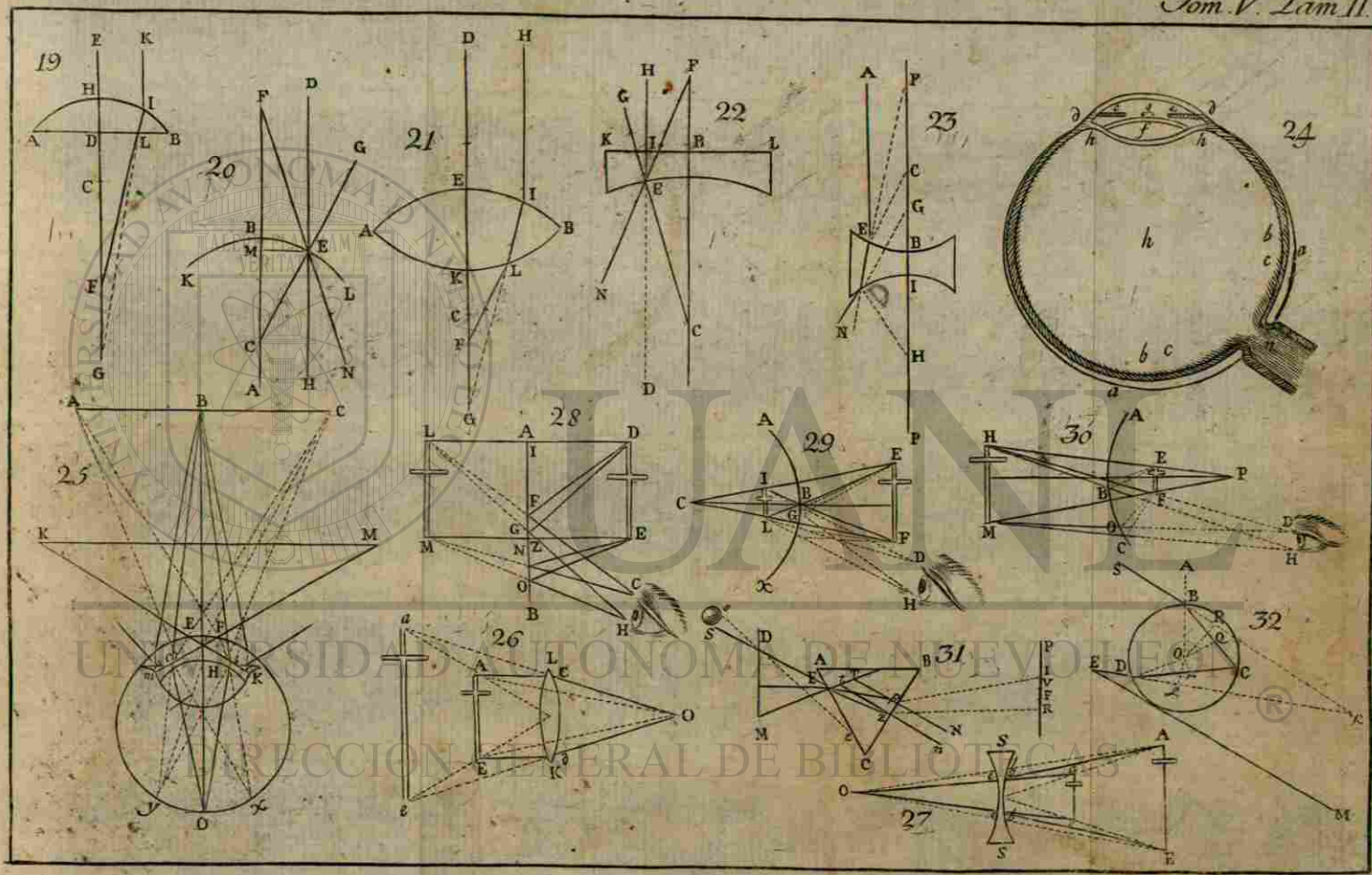


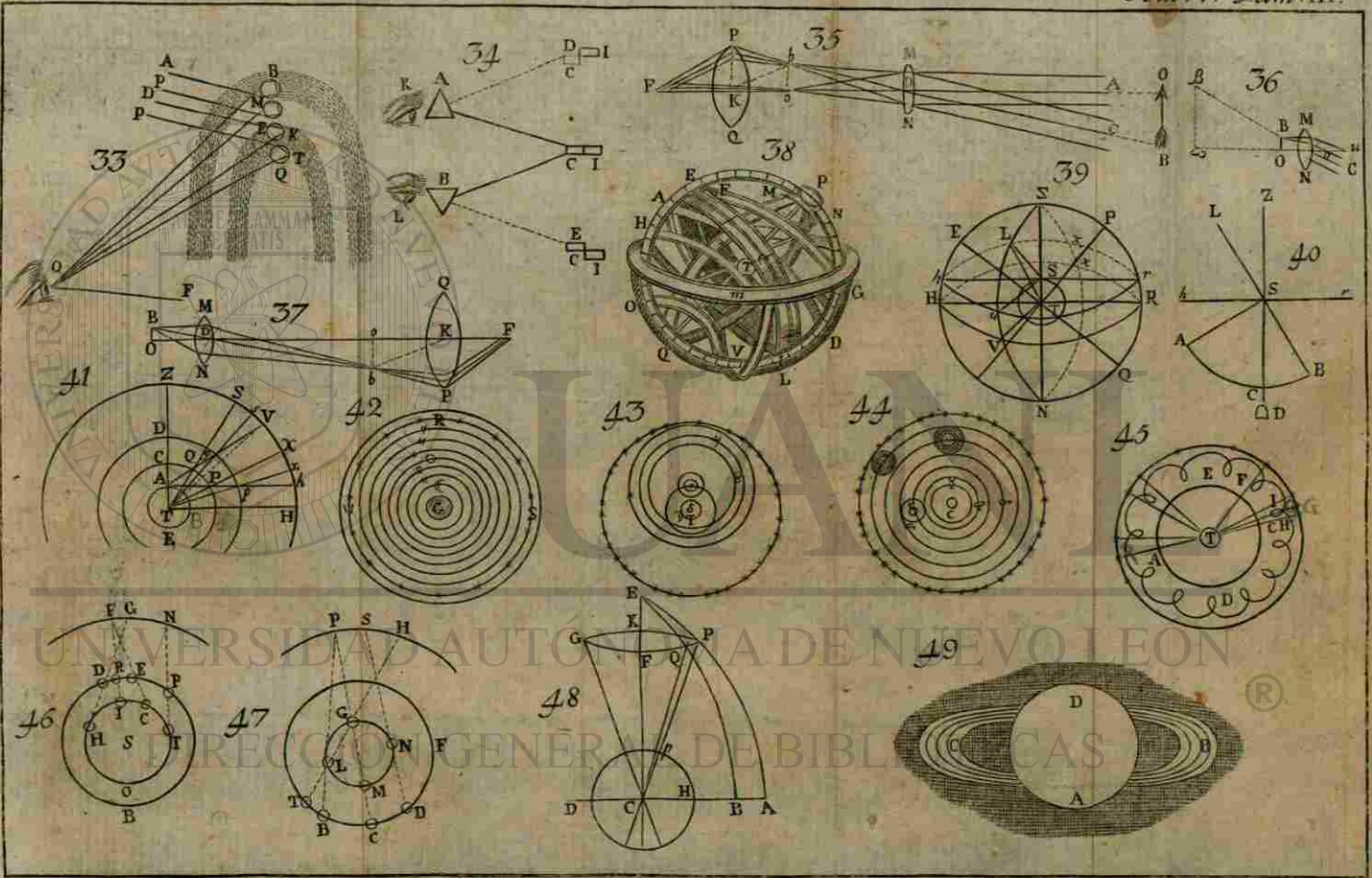
seeducta? Huic ineptissimae obiectioni aliam adiungunt impietatis plenam: divinam omnipotentiam calculis arithmeticeis metiri praesumunt, et fieri non posse aiunt, ut atmosphaera universa in imbres etiam copiosissimos resoluta altiores montes attingat. Nihil certe audacius, quam supremo aquarum rerumque omnium Creatori limites praescribere, et diluvii universalis facultatem adimere; *rupti sunt omnes fontes abyssi, cataractae coeli apertae sunt, et facta est pluvia super terram 40 diebus et 40 noctibus. Genes. cap. VII.* Verum quamvis divinae vindictae arcana scrutari non liceat; postquam physicorum quorundam impietatem redarguimus, non abs re erit illorum quoque in rebus physicis imperitiam ostendere. Et quidem amplissimas regiones copiosissimis aquis per ipsas quoque rupium et montium fauces exundantibus devastatas fuisse, certa fide traditum est. Tantam aquarum copiam comitabantur horrendi tonitrus et fulmina. Atque hinc reddi potest effectuum illorum ratio, si nempe meminimus, tempestatum illarum causam ex atmosphaerica subterraneaque materia electrica probabilissime repetendam esse. Si nempe inter ignem electricum in terrae gremio latentem et per universalem quoque atmosphaeram dispersum maxime turbetur aequilibrium; non caret verisimilitudine, ipsa rum-

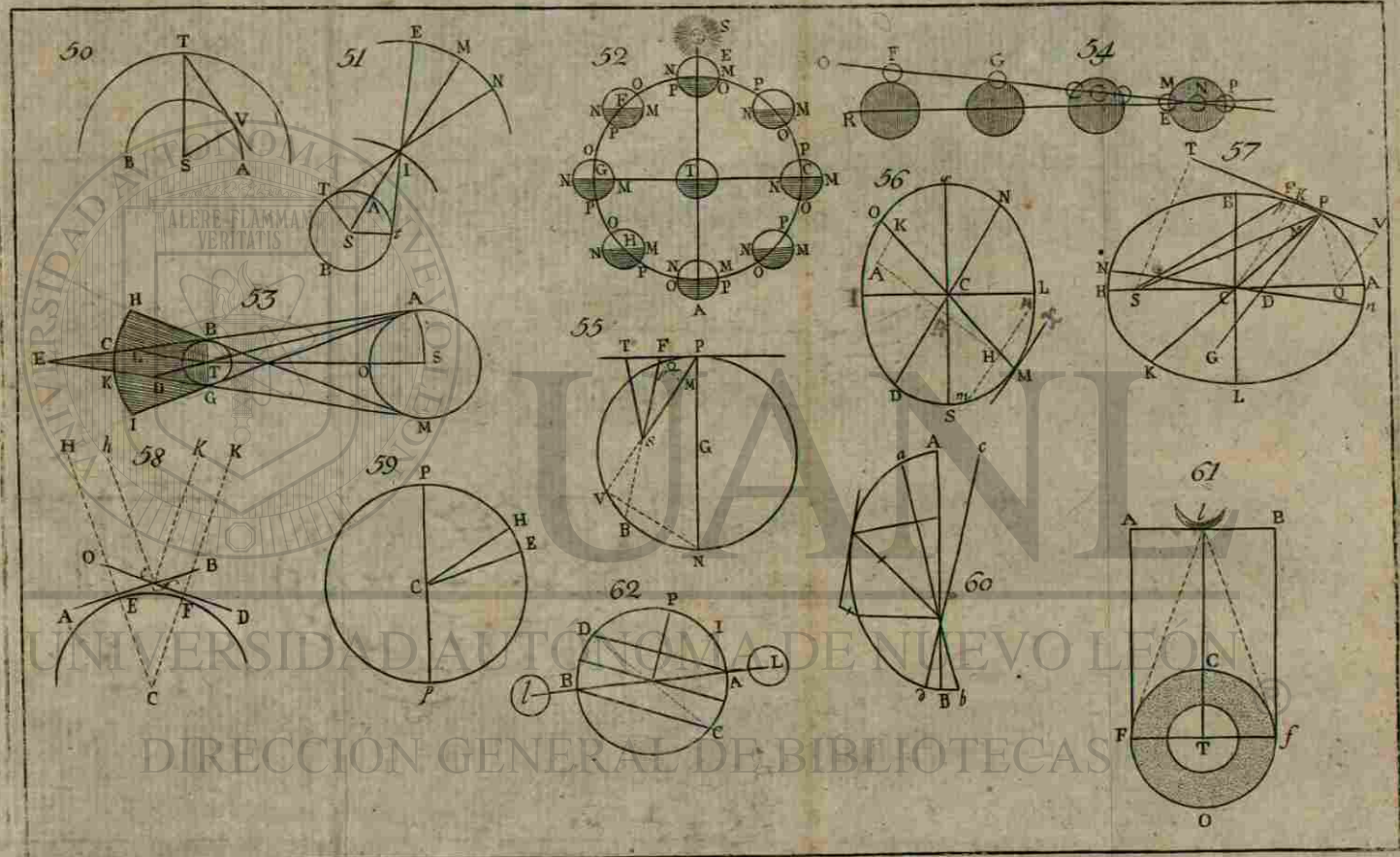
pi montium latera, magnoque impetu aquas eructare, quod aliquando contigisse certum est. Haec breviter dicta sint, ut reprimatur physicorum illorum superbia, qui subterraneas aquas velut commenticias derident. Ceterum divina supplicia timemus, adoramus, sed explicare non praesumimus.

FINIS.





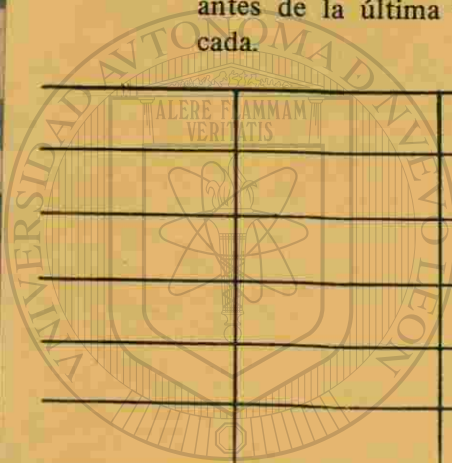




UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

CAPILLA ALFONSINA  
U. A. N. L.

Esta publicación deberá ser devu-  
ta antes de la última fecha abajo  
cada.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

B69  
J3  
v. 5

FABP

53371

AUTOR

JACQUIER, Francisco

U A N L

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



UNIVERSITY OF  
NEW  
MEXICO  
BOTANICAL GARDEN  
HERBARIUM