



R 1-1



# INSTITUTIONES PHILOSOPHICÆ

AD STUDIA THEOLOGICA POTIS.  
SIMUM ACCOMMODATÆ.

A U C T O R E

FR. CO JACQUIER

EX MINIMORUM FAMILIA

Primariatum per Europam Academiarum  
Socio, in Lyceo Romano, & in Colle-  
gio Urbano de propaganda fide Profes-  
sore.

P H Y S I C E P A R S I



V E N E T I I S, MDCCXCI.

Apud Simonem Occhi.

Superiorum Permissu, ac Privilegio

PHOTOGRAPHIC

PRINTING & PUBLISHING

B. & W. MCGUIGAN

111-113 HIGH STREET, DUBLIN 1.

TELEGRAMS: "PHOTOGRAPHIC", DUBLIN 1.

PHOTOGRAPHIC STUDIO

A U C T O R   L E C T O R I .

**A**D eam tandem pervenimus Philosophia partem, quæ *Physica* seu *Scientia naturæ* appellatur, præstantissimam sane disciplinam. De hoc præclarissimo studio duas inveniæ omnino quidem injustas hominum opiniones. Alii huic studio unice addiciti, totique, ut ita dicam, mancipati, de aliis disciplinis haud supra vulgus sapiunt, hanc solam, quam profitentur & amant scientiam, summopere prædicant, cunctaque præterea doctrinæ genera fastidiose contemnunt. Alii physices studium tamquam incertum & inutile arrogantius & temere traducunt, immo velut prophanum proscribunt & Ecclesiasticis viris vix concedendum. Primum opinionem, quæ quidem error est pernicioſissimus, necesse non est ut fuisse refellam. Et certe nemo nescit ad tria capita generatim revocari omnes, quantum patent, humanas cognitiones; Dei enim & animæ nostræ contemplatione, atque corporum, sive naturæ observatione studia omnia nostra continentur. Quod Dei contemplationem spectat, sacram scilicet Theologiam, ecquis æquus rerum estimator divinam hanc scientiam

A 2                    scien-

scientiarum omnium reginam & magistrum, exteris omnibus disciplinis infinita laude non anteponet? Equis etiam nisi perditissimus homo in cælum non feret sanctiorum illam disciplinam, quæ circa nosmet ipsos versatur, quæ de moribus agit, quæ certiori castiorique doctrina præclaris virtutibus animum excolit, atque ad honestatis, ad officii, ad Religionis amorem traducit?

Hæc quidem duo sunt divina oinnino & omnium longe utilissima studia, quibus ad purissimum omnis veritatis scientiarumque omnium fontem D. O. M. & rerum maiestate & morum sanctitate proprius accedere docemur, quoad humani generis patitur imbecillitas.

Nec tamen sua dignitate & utilitate defraudari debet vera & solida Physicæ ratio, in qua non infinitæ de voculis atque nugis controversiaz disceptantur, sed, ut paucis inulta complectar, que cælo, terra, marisque geri atque administrari videmus, quantum pro ingenii nostri mediocritate licet, explicantur. Neque hæc nuda & simplici mentis contemplatione aut conjecturis innixa, sed accurata ratione & captis sapientis experimentis demonstrata. Fructuissimam esse accuratiorem hanc naturæ considerationem, eamque ad omnipotentis ac perfectissimi Auctoris cognitionem nos eveneri, & ad divinas laudes excitare si quis negat.

negaverit; is statim ex S. Scripturæ auctoritate reselletur, atque hanc Itaix reprobationem audire merebitur, cap. v, vers. 12. *Opus Domini non respicitis, nec opera manus ejus consideratis.* Verum qui in contemplandis divinis operibus nullum tempus, nullam attentionem collocat, is sane physicæ pretium omnino ignorat, divinorumque operum gloriam & majestatem obscurius intuetur; atque ea de causa sit ut aliqui rerum physicarum nihil aut patrum studiosi alias quidem Philosophiaæ partes commendent, physicam autem aspernentur, in quo quidem non mediocriter peccare videntur. Quam autem sinistra sit & temere concepta hæc opinio ex ipsa rerum explicandorum serie melius quam sermone ullo licebit intelligere: interim tamen singula harum Institutionum capita percurrere & doctrinæ utilitatem breviter & digito, ut ita dicam, monstrare non abs re erit.

Ab extensione & impenetrabilitate Physices generalis initium facete solent plerique hujus disciplinæ magistri. Ego autem ab hac vulgari consuetudine aliquantulum deflectens, universales corporum vires, seu potius effectus primum explicabo, & vocabulorum quibus nulla vjs, nulla notio persæpe subjecta est, ambiguitatem omnem clara nitidaque definitio amoveri curabo diligenter. Itaque

vim inservit, vites centripetas & centrifugas, gravitatem, & attractionem accurate considerabo, ut illis unum sane argumentum quo cuncta prorsus natura effecta continentur. Hinc doctrinæ ordo postularat ut effectus ipsos inde oriundos, æquilibrii scilicet, variorumque motuum leges contempnentur. Ex his tandem veluti gradibus deducimus ad universales corporum proprietates, quæ physice generalis meta sunt ac terminus. Maxima sane voluptate afficiuntur adolescentium animi, quum tot admiranda acutissimorum hominum inventa cognoscent, quibus Physica maximum expit incrementum, & quamplurima ad usus vitæ excoigitata. Hæc autem tot tantaque commoda tuis declarare supervacaneum est; singulis enim expiis ita adjungitur appendix, in qua uno veluti intuitu observare licebit non quidem utilitates omnes, sunt enim innumerabiles, sed aliquas tantum, atque etiam in rebus Theologicis, quem quidem usum vix suspicantur aliqui. Hanc vero tradendæ Physicæ rationem nemo, ut puto, improbabit; cum præclarissimi studii amore in studiosæ juventuti instillare possit, quantum unicuique pro vivendi instituto & ratione licet, sua enim sunt diversis vita conditionibus officia, quibus deesse necesse.

Universalibus corporum proprietatibus in Physica generali explicatis, iam pro-

gre-

grediendum est ad Physicam particularem, in qua varia specierum individua observantur, varieque species considerantur. Latissime quidem patet Physicae particularis amplitudo, naturanique omnem amplectitur; sed tot tantaque scire datum non est mortaliibus; in tamen inuincita rerum varietate Physicis pauca, ut ita dicam, delibare licet. A corporum fluiditate Physices particularis sumam exordium; corporum fluidorum pressionem, motum, resistentiam explicabo. Ad fluida elasticu deinde progressum, faciam, aerisque proprietates considerabo. Jam rectus docendi ordo exigere videtur ut luminis doctrinam variasque affectiones statim subjungam. Ex his autem ad corpora caelestia a surgani, doctrinamque astronomicam & varias illius partes sedulo explanare conshor: neque prætermittam quæ cum astronomia necessario vinculo conjuncta sunt Chronologie & Kalendarii elementa, variasque Cyclorum & Periodorum rationes accurate demonstrabo. Ita autem tellus nostra cum cælo colligata est, ut de Geographia sine Astronomia sublido vix quidquam statui possit; itaque ex Astronomia ad Geographiam, &, ut ita dicam, e cælo in terram pedem referam. Igitur cum Astronomia stricte connecti debent Chronologia & Geographia, quas astronomiz filias merito appellant aliqui. Explicata Geographia, suadet ipsa

rerum naturaeque series, ut corpora illa, quæ in telluris superficie oculis nostris obversantur, primum consideremus; deinde vero ad ea quæ in terræ gremio latenter, descendamus. Quare de animalibus, arboribus, plantis, metallis, fossilibus, aliisque id genus plurimis distincte sermo habebitur. Tandem quia ex ipsis terræ visceribus perpetuo avolant plurima, magna quidem varietate, effuvia, quæ in aerem sublata, varias constituant phenomenorum species; ea denique contemplabimur quæ in aeris regione aguntur, imbre, scilicet, grandinem, nivem, ventum, tonitrum, aliasque meteora, & Physice particulari, Deo juvante, finem imponeimus. Singulorum capitum utilitatem tua loco opportune adjungemus, ut factum est in Physica generali; interea tamen, ut alia plura omittamus, hujos doctrinæ emolumenta, quæ omnibus obvia sunt, unum huc attingere satis erit, quod nostris auditoribus Theologiae studiosis maxime convenit. Astronomiae & Chronologiae doctrinam cum historia sacra & prophana consociandam esse, si quis in dubium vocaverit, excellentes de his rebus evolvat libros; suam in gravissimis etiam magnique momenti controversiis imperitiam, si ingenuus fuerit, fateri non dubitabit. Cæterum ex iis, quæ hactenus breviter attigi satis intelligitur, quos mihi lectors velim: eos scilicet Arithmeticæ & Geometriæ elementis probe imbuitos esse oport-

oportet. Ut autem præ manibus ea omnia  
habeant, quæ ad nostras Institutiones sunt  
necessaria, Arithmeticam & Geometriam  
tali studio adornavi, ut nihil nimis & ni-  
hil minus quam necesse sit contineant. U-  
num aliud a studiosis adolescentibus maxi-  
me exoptarem, ut Arithmeticam, & Geo-  
metriam, Logicæ etiam studio præmitte-  
rent; etenim Arithmeticæ & Geometriæ  
principia, ob firmam & perpetuam verita-  
tis possessionem, aptissima sunt ad mentis  
aciem expoliendam, Logicam naturalem  
perficiendam, rectaque methodum conci-  
liandam.

Nec me reprehendat aliquis, quod hac  
nostra ætate, his cultioris sublimiorisque  
physices temporibus, minus difficiles In-  
stitutiones tradere & proponere audeam.  
De me quidem modeste, ut par est, sen-  
tio, non tamen nimis demisse, quod qui-  
dem fieri & affectatae, quam abhorreo,  
foret humilitatis. At in reconditioni physi-  
ca me omnino peregrinum & hospitem non  
esse, demonstratum confido & iis, quæ  
jam edidi operibus; & aliis quæ apud  
me premo possem confirmare. Verum do-  
ctos quidem se probant illi physicae magi-  
stri, qui intricatissima physices Theorematu  
Tyronibus explicare laborant; mea tamen  
sententia, rem faciunt non valde utilem,  
præsertim si frequentior sit auditorum nu-  
merus, & adolescentum mentes doctrinæ

difficultate magis obtuete, quam erudire videntur.

Sed quidquid sit de nostrarum Institutionum successu, meam saltem propensissimam voluntatem benigne excipient studiofi adolescentes, quorum utilitati hunc meum qualemcumque laborem sincere & ex animo consecravi. Porro ab iis hunc unum solumque experendum vehementer exopto opera meæ fructum, ut neinpe utilissimum studium alacriter suscipiant, non quidem ad gloriam & doctrinæ ostentationem, sed ad tuendam insinuandamque Religionem. Neque tamen respuenda est doctrinæ fama, dummodo inde possit gloriæ, honorum, & lucri cupiditas. Persæpe enim feliciter contingit ut vulgaris etiam nec admodum sublimis rerum physicarum cognitio apud gentes minus cultas, nominis splendorem atque auctoritatem conciliet. Hac fortunatissima oblata occasione urendum est, & de religione sermones miscendi. haec quidem honestæ sunt & omnino licite artes; sed tamen præcedat morum virtutæ exemplar, atque enixe imploretur divinitat. Gratiae auxilium; nam, ut ait S. August. in epistola ad Sextum: Restat ut ipsam fidem, unde omnis justitia sumit initium, non humano tribuamus arbitrio, nec ullis præcedentibus meritis . . . sed gratuitum Dei donum esse fateamur.

Antequam ex hoc sermone ad Physicam.

cam transitum faciam, monendum superest, pro majori commoditate, modo telluris motum, modo quietem a me adhiberi. Ceterum me obediens profiteor S. Rom. Eccl., quæ sapientissime omnino prohibuit ne hypothesis Copernicana tamquam Thesis & velut propositio demonstrata propugnaretur.



**R E I M P R I M A T U R,**  
**Si videbitur Reverendissimo Patri Magistro**  
**Sac. Palatii Apostolici.**  
**F. A. Marzucci Episc. Montis Altis Vicep[ro]p[ter]**

---

**A P P R O B A T I O.**

---

**R**Everendissimo Patri Thomæ Augustina Ricchinio Ordinis Prædicatorum, S. P. Apostolici Magistro satisfacturus legi uti studiose, sic etiam libenter egregium Opus, cuius hæc est inscriptio: *Institutiones Physice &c.* In eo autem nihil me testor comprehendisse, quod christianæ, orthodoxæque Religionis decretis, recteque morum institutioni minus esse consonum videtur. Immo vero si non omnia ordine, accurate, graviter, dilucide denique, quod & Aucto-ri peculiare, in eo tradita me vidisse dicere, certe mentitur. Id Opus igitur, quod cum ob seriem rerum, quas continet, universam, tum maxime ob corollaria, quæ in extremo quoque capite leguntur, non studiosis adolescentibus modo, sed etiam eorum Magistris utile in primis prospicio futurum, dignum esse ajo, quod in lucem quamprimum prodeat.

*Dabam ex Monasterio S. Marie Nove de Urbe D. ALOTSIUS STAMPA Abbas Olivetanus Promovendorum ad Episcopatum Examinator, & in Collegio de Propaganda Fide Studiorum Praefectus.*

---

**R E I M P R I M A T U R.**

---

**Fr. Th. Aug. Ricchinius Ord. Prædicat. Sac.**  
**Palatii Apost. Magister.**

J N.

INSTITUTIONES  
PHYSICÆ.

IN UNIVERSAM PHYSICAM

PROEMIUM.

CAPUT PRIMUM.

*De natura & divisione physices.*

I. **P**hysica dicitur illa philosophiae pars, quæ corporis naturalis proprietates expendit. In hac autem definitione probe notari debet verba corporis naturalis, quæ quidem apposite omnino addita fuere, ut questiones plurimæ, quæ in sacra Theologia opportunius tractantur, ad hanc divinam scientiam referantur. Itaque quidquid in corporibus præter consuetum naturæ ordinem & per miraculum contingit, Physicorum contemplationi & dilputationi subjacere non debet. Hinc physica definiri etiam solet *philosophia naturalis, vel scientia naturæ.*

II. Duplicis generis proprietates in corporibus generatim distinguuntur. Aliæ sunt proprietates omnibus corporibus communes, quæ

que nempe deprehenduntur in omnibus corporibus, que nolitis experimentis vel observationibus subjici possunt, atque ideo proprietates illae dicuntur *universalis*: aliae autem proprietates in certis duntaxat corporum speciebus, obseruantur. Rursus autem proprietates universales vel eadem in corporibus perpetuo manent, vel per gradus crescunt atque decrescent, hoc est, ut loquuntur Scholastici, *Suscipient magis, vel minus.* Ad priam proprietatum universalium classem pertinent *extensio, impenetrabilitas, vis inertia, mobilitas, quietis & figure possibilitas,* sive, ut vulgo dicitur, *quiescibilitas, & figurabilitas.* Ad secundam classem referuntur, *vis gravitatis, & vis attractionis,* has enim vires juxta certam legem decrescere demonstrabimus. Quod spectat proprietates speciales, eas scilicet que certis duntaxat corporibus convenient, has enumerate non licet; tot enim sunt, quot diversæ Corporum species. Ad proprietatum illarum ordinem pertinent *fluiditas, elasticitas, pelluciditas &c.* Has autem proprietates sive universales, sive particulares hinc nominasse satis sit, eas deinde suis locis definire convenientius erit. Hic autem cavedendum est, ne proprietates universales cum *essentialibus* contundantur; fieri enim potest ut in corporibus certas perpetuo observemus qualitates, que tamen ad ipsam corporum essentialiam non pertineant. Itaque monendi sunt studiosi adolescentes ut corporum proprietates illorumque effectus accurate contemplentur, quæstiones autem scholasticas que de proprietatibus *essentialibus agitati* solent

*Proemium Cap. I.*

15

solent non multum carent, ex his enim nihil vel parum utilitatis sperandum est; hujus moniti rationem explicavimus in Logica.

III. Pro duplii proprietatum genere duplex est physice pars. Alia est physica *generalis*, quæ universales corporum proprietates considerat, alia autem est physica *particularis*, quæ certas duntaxat corporum species & expendit. Ex hac divisione patet amplissimum esse physice campum & ad omnes fere scientias naturales extendi. Quia vero tam multa scire datum non est mortalibus, pro temporis brevitate & humani ingenii limitatione, vassillimum illud argumentum intra justos limites coercere solent cultiores physici. Itaque in physica generali explicabimur universales corporum proprietates; deinde ad physicam particularem gradum facientes eas primum considerabimus præcipuas corporum species, quæ per experimenta nobis innotescunt, & tandem ad remotiora corpora assurgemus, quæ observationibus quidem, non autem experimentis subjici possunt. Sed hæc generatim dicta sint de physics divisione; singula enim hujus divisionis capita suo ordine deinde rursus dividemus & explicabimus.

IV. Physica sive generalis sive particularis vel est *experimentalis* vel *theoretica*. Physica experimentalis ea est, quæ corporum proprietates & effectus, experimentorum atque observationum ope ostendit. Physica autem theoretica ea dicitur, quæ non solum experimenta & observationes adhibet, sed iis etiam ad inveniendos vel explicandos.

de naturæ effectus ratiocinando uitur. Proba autem distinguat debent observationes & experimenta; nō semper quidquid attentionis speculatur, quod natura nulla vi attita coacta demonstrat, ille speculandi actus non experimentum sed *obscuratio* appellatur; conga autem physicum experimentum attentionem, quo astutis industria atque operis exploratur & ob oculū ponitur aliquæ naturæ actio quæ ante latae & latet postea, nisi eadem a natura velut invita per artem exprimetur: E. G. Cœloiu obducatur nubibus, nulla noua opera interveniente. Si ergo nubes praudentes attente inuenimus, cœlum nubibus obductum *observare* dicimus: at si aere antizepneumatica ex globo metallico cavo aer educatur, ut deinde globus ad flateram appensus examinetur, *experimentum facere* dicitur. Quia vero *phænomenum* appellatur id omne quo tenib[us] conspicuum est; patet experientia & observationibus commune esse phænomeni nomen.

V. Ex his intelligitur quid inter physicam pure experimentalē & physicam theoreticā intercedat: experimentum *ratiō* non est sed *factualm*, & vi experientiae tantummodo cognoscitur effectum aliquem ita te habere; at per physicam theoreticā non solum effectus causa explicatur, sed etiam veritates universales colliguntur, & iure aliqua data iu quolibet sunili casu conclusiones statuuntur. Itaque physica experimentalis est physica *factorum*, physica autem theoretica est *factorum explicatio*. Hoc ut sua ious unicuique juste tribuatur,  
phy-

physica mere experimentalis commendari quidem debet, sed manus magis quam ingenii dexteritatem postulat, atque optandum maxime foret ut qui manuum industria pollent, solam experientiam tractarent: alii vero qui meliori nobilitiore sagacitate, ingenii scilicet, prædicti sunt, partem theoreticam sibi assumerent; & ita coniunctis viribus ad physicas progressum conferrent.

VI. Quamvis physica theoretica in effectibus explicandis occupata sit, cavere tamen maxime debent Physici ne effectuum causas temerario proferant; rigitur ut totus physices scopus intelligatur, quid *causæ physice* vocabulo significari velim clare expnam. Deus est prima & unica rerum omnium causa; verum antequam ad primam alicujus effectus causam perveniamus, plurimæ aliquando percurrentæ sunt intermediae causa; ita ut effectus alicujus causa non tam causa dici debeat, quam effectus aliis qui suam quoque habet causam, donec tandem perveniamus ad effectum qui nullam agnoscat causam præter Deum, vel ipsam corporum naturam; rem exemplo illustrabimus. Gravium descendentium legem accurate demonstrant physici; hujus descensus causa est *gravitas*, quam velut effectum ex alia causa oriundum considerant plurimi physici. Itaque licet corporum descensus proxima causa nota sit, gravitas nempe, ignota tamen est causa remota, sive causa gravitatis; quare ut plurimum sistendum est in causis proximis, nec remotiores causæ afferri debent, nisi fuerint perspicue

specie cognitx; inde autem ht ut in rebus physicis multa confusio persæpe oriatur. Quæ cum ita sint, iam evidens est in physica theoretica confidenter ostendendas non esse causas ultimas, sed satis esse proximas, vel remotas quæ clare innote-  
fcere possunt: & quidem ulterior cognitio exigua admodum esset utilitatis. Si enim detcentus leges demonstraverit physicus, si effectus gravitatis astinare & ad calculum revocare noverit, eadem in humanaim lo-  
cietatem redundat utilitas, etiam si gra-  
vitatis causa nos lateat. Itaque probe te-  
nendum est eum esse debere melioris phy-  
sicæ scopum, ut nempe varij effectus pro-  
be observentur, accurate testimontur, &  
ad nostram utilitatem transferantur. Ut  
autem hunc scopum pro mea tenuitate at-  
tingam, singulis physices capitibus in va-  
rios articulos juxta methodi regulas oppor-  
tune dividendis appendicem adjungam de  
uniuersiusque capititis utilitate, vel in arti-  
bus vel in alijs etiam disciplinis.

## C A P U T I I.

*De regulis philosophandi.*

**Q**uartuor primariis regulis comprehendendi solet universa philosophandi ratio,  
quæ quidem regulas utpote in rebus phy-  
sicis, utilissimas fuisse, explicabimus.

## REGULA PRIMA.

*Efectum naturalium cause non plures sunt admissenda quam que & vera sunt. Et effectibus explicandis sufficiunt.*

**H**ÆC regula multas complectitur partes. **1.** Ieorsim declarandas ; & i quidem oportet causam esse veram, ideoque excludi debent non solum causa commentitiae, quas existere repugnat, sed etiam causæ nre possibles; itaque satis non est ut causa aliqua possit existere, sed etiam oportet ut revera existat. Licet igitur philosophiarum hypotheleon absurditatem & repugnantiam demonstrare non possumus, si ramen nulla ratiocinatione, nullis experimentis aut observationibus probari possint, eas e physicæ finibus longe exulare juhemus. Ceterum hanc primam regniz partem ex aliis sequentibus regulis clarius licet intelligere. **2.** Oportet ut causa sufficiat, hoc est singulis effectus explicandi partibus & circumstantiis debet satisfacere; alioquin tota non haberetur effectus causa. **3.** Tandem non plures admittendæ sunt causæ quam quæ satis sunt: etenim receptum est in omnibus disciplinis principium: *Entia non sine necessitate esse multiplicanda, nec fieri debere per plura quod potest fieri per pauciora.* Ceterum evidens est huic regulæ præmittendam esse certissimam effectus cognitionem, nec aggrediendam esse, quod tamen persepe fit, effectus alienius explicationem, nisi effectum ipsum existere certo constituerit.

R E-

## REGULA SECUNDA.

*Eadem num naturalium ejusdem generis  
exdem sunt cause.*



**H**ec secunda regula quæ analogia naturæ solet appellari ex prima facile derivatur. Etenim per primam regulam, natura simpliciter est & semper consona, neque superfluis causis redundat. Porro effectus ejusdem generis hinc omnino similes, diversis causis tribui naturæ simplicitate omnino repugnat. Ita gravium descensus in Europa & America eidem cause tribuendus est. Pari ratione cum in omnibus hominibus eadem respirationis instrumenta demonstrent observationes anatomicæ, eandem esse in singulis respirandi causam meritio concludimus. Nulli exceptioni obnoxia esse potest hac regula: quod autem incertos philosophos in errorem aliquando inducat, id sit ex ipsis regulæ abusu; præcipiti nempe judicio persæpe credimus similes esse effectus, qui tamen sunt inter se diversissimi. E. G. Venti præseserunt analogiam quamdam, ventosque singulos tanquam effectus ejusdem generis facile sibi persuaderet, qui singulas circumstantias variisque conditiones accurate non consideraret. Cavendum ergo est diligenter ne ex characteribus mere externis de perfecta effectuum similitudine audacter pronuntiemus. Ita plantæ quedam lethales externam planitarum salubrium speciem imitantur, sed principio quodam interno & non facile conspicuo

cuo inter se maxime differunt. Sæpe etiam mirainur improvisum alicujus causæ effectum alium plane diversissimum expectantes. Hæc autem effectum diversitas procul dubio tribui debet causarum varietati & subtilissimæ conditioni nobis imperviz. Itaque id suum opere curandum est, ut nempe cerio compertas habeamus omnes effectuum partes, conditionesque singulas; si autem eo pervenire liceat, jam regula extra omnem dubitationem polita est. Immerito igitur hujus regulæ vim enervate conantur aliqui philosophi. Re quidem vera si de effectuum perfecta similitudine vel minimum superficet dubium, errori obnoxia esse potest analogiz regula, atque in hoc casu certissima veritatis norma haberi non debet. Quamvis autem analogia demonstrationis vim non semper obtineat, tamen tantum conciliat probabilitatem, ut non solum in rebus physicis, sed etiam in tota fere vivendi agendique ratione sine flustritia rejici non possit: ita si dominus hodie sit firmissima, crastina die sine ullo timore eandem domum ingredi possum, si nullum apparet ruinæ indicium, quamvis tamen fieri possit ut ob causam aliquam latentem præceps ruat edificium. Huic regulæ inituntur plerisque hominum actiones; etenim actiones suas secundum experientiam moderantur sapientes homines, in gravissimis negotiis experientia magistra utuntur, & quid agendum sit in casu singulari judicant ex eo quod factum fuit in alio casu præterito, cui præsens similis est vel apparet. Manifestum autem est hanc agendi rationem nihil aliud esse nisi perpetuum hujus regulæ usum.

R E

## REGULA TERTIA.

*Qualitates que in omnibus corporibus, in quibus experimenta sumere licet, sine ulla erumdem qualitatum incremento vel decremente obseruantur, pro universalibus corporum qualitatibus haberi debent.*

**H**E C regula, qua univeſa physica tabu-  
quain fundamento innititur, ex ana-  
logia naturæ evidens est, at non sine ma-  
xima diligentia adhiberi debet. Et i qui-  
deni tatis non est experimenta in paucis  
corporibus haberi, sed in maximo corpo-  
rum numero institui debent. Præterea e-  
tiam requiritur ut qualitates illæ incerta  
lege non augeantur neque minuantur, qua  
enam ratione decrescerent, possent quoque  
minui in infinitum atque tandem omnino  
evanescere. At si qualitates certa lege cre-  
scant & decrescant, quales sunt gravitas  
& attractio, iam qualitates illæ in omni-  
bus corporibus observatae pro universalibus  
corporum qualitatibus haberi debent, cer-  
tis tamen grauibus crecentes & decrescen-  
tes. Hinc patet quodnam sit discrimen in-  
ter qualitates que sine ulla lege augentur  
atque minuantur, & qualitates alias que  
certa lege crescunt atque decrescunt. E.  
G. Calor incertis gradibus crecit atque  
decrevit, verum gravitas & attractio cer-  
tam servant distantiarum legem, quain  
deinde considerabimus . . . . 2 Inter pro-  
prietates universales, alie distinguendæ  
int quæ non solum per experimenta in-  
note-

notescunt, sed etiam ex ipsa corporis notione colliguntur; aliae autem per sensus tantum atque experimenta acquiruntur. Quod spectat primi generis qualitates, evidens est illas competere singulis corporibus, iis etiam quae sensuum potestatem & vim omnem fugiunt. Quod autem attinet qualitates alias per sensus tantum acquisitas, haud pari jure ad corpora quilibet transferri possunt; quod quicem monitem volui ut altercationes omnes philosophicas effugerem; in nostris enim Institutionibus physicis nihil affirmare volo, nisi quod omnino negari non potest ab iis qui rem probe tenent atque intelligunt. Ita cum non desint philosophi, qui simplicissima admittunt materiz poneta, indivisibilia, inextensa, quae omni carent figura, licet qualitates illas in omnibus obseruemus corporibus, quae sub sensus cadere possunt, minus tamen accurate easdem proprietates transferre liceret ad puncta materiz, quae sensuum nostrorum limites excedunt; nisi aliunde qualitates illae ex ipsa corporis notione colligantur metaphysicisque argumentis comprobentur. Sed hac de re fuisus diletere ad praesentem locum non pertinet; interim monere satis sit, praesentem regulam eo quem dixi modo explicatam in dubium vocari non posse; qua enim ratione affirmamus extensa, gravia &c. esse corpora, quae in terrae gremio alte delitescunt, nostrisque experimentis subjici non possunt nisi vi hujus regulae? Et certe non sine summa insipientia aliquis negaret universales corporum proprietates, nisi eas in cor.

24 *Institutiones Physice.*  
corporibus singulis manibus tractasset, sull-  
que experimentis comprobasset.

#### REGULA QUARTA.

*In philosophia experimentali propositiones ex  
phænomenis per inductionem collectæ, non  
obstantibus contrariis hypothesibus, pro-  
veris aut accurate, aut quamproxime ha-  
beri debent, donec alia occurant phæno-  
mena, per quæ aut accuriores reddun-  
tur, aut exceptionibus obnoxiae.*

**H**AC ultima philosophandi regula statui-  
tur hypothesibus quibuscumque ante-  
ponendas esse propositiones ex observatio-  
nibus & experimentis collectas. Et qui-  
dem cum hypotheses mera sint ingenii  
figmenta, evidens est propositiones, quæ  
aliqua observationum vel experimentorum  
auctoritate nituntur præferendas esse puris  
hypothesibus, quæ nullam habent nisi ip-  
sius ingenii fингентis auctoritatem. Ex hac  
ratiocinatione manifestum etiam est induc-  
tionibus, quæ ex phænomenis derivan-  
tur, justam probabilitatem tribuendam es-  
se; eo scilicet accurior censi debet in-  
ductio, quo plura sunt phænomena quibus  
satisfacit; si consentiat cum plurimis, ha-  
benda est quamproxime vera; si cum om-  
nibus, vera est accurate; si autem contra  
ria occurrant phænomena, restringi debet  
inductionis veritas. Ad hanc regulam te-  
feruntur ea omnia, quæ de opinionum pro-  
babilitate & hypotheseon usu explicavi-  
mus in Logica; quare non est quod hujus  
regulæ explicationi diutius immoremur.

PARS

# PARS PRIMA

PHYSICES

SEU

PHYSICA GENERALIS.

SECTIO PRIMA.

*De universalibus corporum viribus.*

**A**B extensione & impenetrabilitate physices initium sumere solent plerique philosophi. At cum virium doctrina ad universales alias corporum proprietates detegendas atque explicandas brevorem tutioremque viam aperire videatur, a vulgari physice tradendae methodo mihi deflectendum esse existimavi. Hic autem de viribus rursus monendum est quod de causis jam diximus; nempe *vis* nomine nibil aliud intelligimus nisi effectum aliquem dato aliquo tempore productum; nec leviter omninem attringere volumus inanissimas questiones de virium natura, an sint entitates aliquæ corporibus inharentes, an quodlibet aliud. Itaque ne profligatas veterum Scholasticorum qualitates occultas in scenam revocare videamus, hæc definitio noniusque probe tenenda est. Et quidem unusquisque facile experitur sibi nullam esse virium no-

*Jacq. Physice Pars I.*

SECTIO

tionem, nisi effectum aliquem sibi repræsentat. Porro quamvis haec sectio de corporum viribus inscribatur, sepe tamen, data occasione, per alias corporum proprietates extremas, si nempe secundum perspicuitas & doctrinæ ordo id postulaverint.

## C A P U T P R I M U M.

*De vi inertie plurimisque inde colligendo physices principiis.*

### A R T I C U L U S I.

*De vera notione & existentia vis inertie.*

I. **V**IS inertie dicitur illa proprietas, qua corpora statum suum vel motus vel quietis perpetuo tueri conantur. Hujus definitionis partes singulas explicabimus. Non solum corpora statum suum quietis perpetuo servant, seclusis viribus quibuslibet impressis, quod quidem a nomine in dubium vocatur; sed etiam seclusis omnibus impedimentis, statum motus perpetuo retinent, hoc est, si corpus moveatur, moveri perget in infinitum eadem semper velocitatem & in linea recta, nisi causa aliqua corporis directionem & velocitatem turbaverit. Vim illam in corporibus non sentimus, nisi illorum statum mutare conemur; ille autem conatus ad mutandum corporis alicujus statum dicitur *actio*; at conatus quo corpus aliquod status mutationi resistit, vocatur *resistentia* vel *reactio*. Itaque vim inertie tranquam mere passivam habere possunt physici.

hici, qui vis passiva nomine eam vim intelligunt, quæ ex se nullum exerit effectum nisi a vi alia exciteret; sed res est levioris momenti & de nomine minime litigandum est. At vis inertiae confundi non debet cum vulgarissimo Scholasticorum principio de *indifferentia materiæ ad motum & quietem*; hoc enim principio nihil aliud intelligendum videtur nisi ad essentiam materiæ non pertinere ut perperuo moveatur, vel perperuo quiescat; at inde nullatenus colligitur in motu vel quiete perperuo materia corpus, quod movetur vel quiescit, seclusis omnibus impedimentis.

II. Ut tota hæc doctrina in bono lumine colloceretur, pauca de motu præmittenda sunt, fusius deinde explicanda. Quamvis ita clara sit ac perspicua motus notio ut nulla definitione indigeat, a physicis tamen definiri solet motus *continua & successiva luci mutatio*. Hic autem locum generatum consideramus & abstrahimus a loco *absoluto vel relativus*, ac proinde etiam a motu *absoluto vel relativus*. Velocitas dicitur illa corporis affectio, qua datum aliquod spatiū dato tempore percurrit. Rursum velocitas dicitur *uniformis* sive *egualis*, si equalibas temporibas equalia spatiū describantur; secundum autem *variabilis* appellatur. Inde autem plurima fiunt conjectaria, que quidem sunt per se manifesta. Si velocitas uniformis fuerit duplo vel triplo major secundum spatiū eodem tempore descriptum duplo vel triplo majus &c. ac proinde velocitates sunt directe ut spatiā. Contra autem si maneat idem spatiū, existente ve-

locitate duplo vel triplo majori &c. erit tempus duplo vel triplo minus &c. ideoque ~~velocitates sunt reciproce, ut tempora.~~ Quæ generatim si spatium dicatur  $S$ , velocitas  $V$ , tempus  $T$ , erit  $V = \frac{S}{T}$  &  $TV = S$ ,

$$\text{hoc est: } Spatia \text{ sunt in ratione composita} \\ \text{velocitatum \& temporum.}$$

His autem præmissis facile intelligitur quid sit quantitas motus. Si corpus aliquod moveatur, singulas ejusdem corporis particulas eacem velocitate moveri necessum est; si enim aliæ irent tardius, aliæ velocius, jam solveretur partium nexus, nec corpus maneret continuum, quod est contra hypothesis. Porro quantitas motus nihil aliud est, quam aggregatum seu summa omnium velocitatum; quare evidens est quantitatem motus esse productum ex numero partium, sive ex quantitate materiæ in velocitatem. Si igitur duorum corporum velocitates dicantur  $V$ ,  $v$ , quantitates materiæ  $Q$ ,  $q$ , spatia iisdem temporibus percursa  $S$ ,  $s$ , quantitates motus  $A$ ,  $a$ , erit  $A : a = QV : qv = QS : qs$ ; sunt enim velocitates ut spatia iisdem temporibus descripta. Jam si quantitates motus ponantur aequales, erit  $QV = qv$ , &  $QS = qs$ , ideoque  $Q : q = v : V = s : S$ , hoc est: Quantitates materiæ sunt in ratione reciproca velocitatum aut spatiorum. Quantitas materiæ appellari etiam solet massa, & quantitas motus dicitur etiam vis motrix; at si nulla habeatur ratio quantitatis materiæ, solaque consideretur velocitas aucta vel retardata,

tunc

Part I. Section I. Cap. I. 27  
tunc vis illa appellatur vis ~~acceleratrix~~ in  
primo cau, in altero autem ~~retardatrix~~.  
His praemissis sig

## C O N C L U S I O.

*Demonstratur vis inertiae.*

I. Vim inertiae demonstrat experientia: Et quidem quod spectat corpora quiescentia, ea in quiete perpetuo manere observamus, nisi vi aliqua ad motum concitentur. Si autem aliquando ignota vi corpus moveri contingat, id tamen non sine latente vi aliqua fieri, ex analogia naturae jure optimo concludere debemus: & revera existit motus causa, licet sensus nostros fugiat & nulla aliquando fortasse detur causa corporea, quod quidem probe notandum est. Etenim quamvis sine alio corpore impellente corpora non moveri ut plurimum observamus, analogia: tamen lege abuteretur, qui corpora nulla sine alterius corporis impulsu unquam moveri pronuntiaret. Et certe si gravitatis causam attente quis meditatus fuerit, eam ab aliquo corpore repetendam esse non facile concedet, quinimmo in contrariam Newtonianorum opinionem propensior erit. Sed hac de re data opera deinde sermonem habebimus.

Quod spectat corpora ad motum semel concitata, ea in motu diutius perseverare observamus, quo imagis de medio tolluntur impedimenta. Quare si ita removeri possint obstacula omnia, que sane sunt plura, ut nullæ omnino sint vires retardatri-

30. *merito afferere possumus perpetuum futurum esse corporum inutum.* Par ratio ne alitimum licet motum perpetuo futurum esse uniformem & rectilineum, diminutis enim impedimentis, ad uniformitatem & rectilineam directionem corpus magis tendere deprehenditur. Si globus aliquis exinde perpolitus in superficie plana probe levigata incedat, in linea recta progredividetur neque ad dexteram declinans, neque ad sinistram, donec tandem motus extinguitur asperitate piani aliisque impedimentis, quæ nulla vitari possunt hominum industria; at quo pauciora manent impedimenta, eo magis experimenta ad veritatem accedunt.

Doctrinam hanc variis exemplis illustrare non abs re erit. Corpus in navigii tabulato constitutum quiescit, manente navigii motu constanti & uniformi, porro si corpus tenderet ad quietem, ad ipsum gubernaculum corpus illud fugere deberet, quod quidem non minus mirandum videtur, quam si quiescente navi idem corpus gubernaculum versus sponte recederet. Præterea si corpus directionem motus sponte mutare posset, in prædicto casu, navigii scilicet motu uniformi & rectilineo delati, corpus illud non quiesceret, quod est observationi contrarium. At si navigii motus subito sistatur, homines stantes in navis antrosum præcipites ruent, quod facile experiri quisque potest stans in curru celeritate delato cuius motus statim sifstatur, is enim in partem currus anteriorem sese rapta sentiet. Si vas aquæ plenum in ta-

bula aliqua collocetur & vi tali magna impellatur, aqua in vase sub initio motus tertius partes motui variis contraria tendere videbitur, non quod reversa talis motus seuq; impressus sit, sed cum aqua in eodem quietis statu perseverare conetur, vase motum suum aqua statim imprimere non potest, ac proinde aqua, ut ita dicam, a vase detulcta & reversa quiescens, locum mutare videbitur. Tandem postquam variis motus in aquam transiit, & aqua sua cum vase uniformiter & eadem celeritate progrebat se, si vasis motus subito cohibeatur, tamen in eodem motu perseverare conetur & super vasis latera assurget. Huic esse tribuendum est quod navi turbulentio mari jactata in ipsa sedentes homines, doloribus, nausea & vomitu afficiantur, praesertim si mari non fuerint assueti; etenim liquores in ventriculo, intestinis, vase sanguiferis, caterisque canaliculis contenti, navis jactationibus obnoxii sunt; unde in corpore humano hujorum motus turbalitentur & morbi orientur. Ex his omnibus sic tandem argumentamur: Vis illa tanquam universalis corporum omnium proprietas haberi debet, quam in singulis corporibus observamus; atque vim inertiae, quoad partes singulas, in omnibus corporibus experimur, quantum ferre potest experimentorum diligentia. Ergo &c.

II. Corpora mutationi status resistere demonstrant rationes metaphysicæ. Et quidem si corpora mutationi status non resiliant, corpus quodlibet etiam valde magnum e quiete ad motum, vel e motu ad quietem

nou iolum facili manu, sed etiam sine ullo conatu posset reduci; vis etiam minima motum quantumvis magnum posset producere, vel etiam sifere, nullaque foret inter causam & effectum proportio, quod repugnat ontologiz principiis, atque experientia.

Et certe hanc proportionem ostendunt quoque experimenta: si enim producenda vel extingueda sit eadem velocitas in corpore duolo vel triplo majori &c. id fieri non posse exprimitur sine vi duplo, triplo majori &c. ac proinde *vis inertie est ut indumentum materie*; si autem manente eadem quantitate materie producenda vel extingueda sit velocitas dupla vel triplo major &c. adhiberi debet vis dupla vel triplo major &c. ac proinde *vis inertie est ut velocitas producenda vel extingueda*. Quare generatim *vis inertie est ut quantitas motus producenda vel extingueda*. Hoc ratiocinatio accurate quidem demonstrat. Corpora mutationi status resistere, ac proinde vi inertiae praedita esse; at vis inertiae partes singulas, perpetuam scilicet motus uniformitatem illiusque rectilineam directionem non aequa evincit. Argumentum aliud desumitur ex principio rationis sufficientis; si enim corpus sibi ipsi relinquatur, nullaque accedat vis contraria, in statu suo perseverare debet; cum nulla sit ratio cur statum mutet. Id quidem facile concedunt philosophi, si agatur de corpore quiescente, negant autem nonnulli de corpore moto quod suapte natura ad quietem tendere affinitatem; vis ergo ratio sufficiens est ipsa cor-

corporis indoles & natura. Quamvis autem non raro utilissimum sit rationis sufficientis principium; quia tamen saepius mortales latet rerum ratio, sateri debemus principium illud cante admodum adhibendum esse. Quæ cum ita sint, patet vim inertem, si partes ejus singulas consideremus, habendam esse tanquam principium experientia magis quam accurata aliqua demonstratio innixum.

Objeces. Si corpus aliquod in aere defatur, sibi permittatur, sponte descendit sine ulla vi impellente. Ergo corpus non perseverat in quiete, seclusa etiam vi qualibet impressa.

Resp. distinguo antecedens. Sine ulla vi impellente, que sensibus conspicua sit, concedo ant.: sine ulla vi impellente, que sensus fugiat, nego Ant. & cons. Imperita hominum multitudo sensuum erroribus assueta sibi facile persuadet corpora, sine ulla vi in terram descendere, cum nullam videant. Unde credunt plerique homines corpora descendere, quia non sustentantur. Verum etiamsi nulla oculis paret vis extinseca, nullam tamen esse temerario quis affirmaret? fingere enim possumus fluidum quoddam subtilissimum omnem oculorum aciem longe fugiens; vel etiam, ut Newtonianis placet, vim quamdam internam sine ullo interveniente fluido possumus admittere, ut jam observavimus; sed argumentum illud suse & accurate convenienti loco persequemur. Hunc vulgi errorēm quotidiano experimento depellere satis erit.

14  
 Si corpus in tabula horizontali constituta sit, qua de causa per tabulæ superficiem rotata horizontali non incedit corpus illud cum nihil impedit. Cum sursum non ascendet idem corpus / cum nihil motus secundum hanc directionem resistat. Cum ergo corpus deorsum moveatur, necessum est ut vi aliqua quocunque sit, urgeatur. Merito igitur philosophi mirantur corporum descendam, quem sine ulla difficultate suspicione negligenter aspicit hominum vulgi. Ceterum ex hac responione patet vim inertiam diversam omnino esse a vi gravitatis, qua nempe corpora deorsum urguntur. Et quidem vis inertiam secundum quamlibet directionem sentitur; & enim corpus aliquod e quiete ad motum vel e motu ad quietem reducere quis tentaverit secundum quamlibet directionem vel horizontalem, vel perpendicularem aut utsunque obliquam, id fieri non posse sentiet sine conatu aliquo, sine resistentia aliqua; immo si quis corpus descendens manu superne percussiat, resistentiam aliquam experiret; corpus nempe resistit accelerationi motus secundum ipsam descensum seu gravitatis directionem. Itaque evidens est vim gravitatis longe differe a vi inertiae, & vires illas duas ab imperitis hominibus perpetam confundi.

Instabis 1. Si corpus in plano etiam extremitate levigato incedat, sensim languescit motus, atque tandem omnino extinguitur. Si globus filo suspensus agitatut variosque irus & redditus percussit, sensim breviores sunt globi vibrations atque tandem evanescunt.  
 In ludo tridacnarii globulus eburneus per-

aliquid tempus motu rectilineo in tabula progreditur, sed in certis casibus veluti sponte per eamdem lineam reclam ad partes contrarias secedere videtur. Tandein si corpus aliquod secundum directionem horizontalem vel ad horizontem obliquam projiciatur, in terram recidit curvam describens. Itaque sic argumentari licet: corporibus tribuenda non est vis illa quam negare videntur experientia, atqui &c. Ergo....

Resp. Concedo majorem, nego minorem. Objecta experimenta explicabimus. Ad primi patet responsio ex dñis: nullo enim artificio removeri possunt omnia impedimenta, ac proinde mirum non est quod liberatur tandem penduli motus, aeris resistentia, filique in puncto suspensionis impedimento retardatus. At si maxima industria filum suspendatur, per longum satis tempus perseverat illius motus. Quod autem in certis casibus globos eburneus in contrariam partem tendere videatur, id sit quod globus motum aliquem circa axem in partes contrarias admiserit, qui quidem motus adhuc perseverat extincto motu rectilineo, ac proinde globulus in contrariam directionem recedere videbitur, donec asperitate plani extinguitur ipse quoque rotationis motus. Denique quod corpora horizontaliter vel oblique projecta per curvam relabentur, nihil repugnat vi inertie, quaz vires alias qualiter non excludit. Porro in praesenti cau pector motum impressum agit etiam via gravitatis que corpus deorsum revocat. At si nulla adesset vis gravitatis, corpus recta &

uniformiter abiaret in infinitum secundum directionem motus impressi: Qua ratione autem compositis simul duobus motibus, motu scilicet impresso & motu ex vi gravitatis orientando curva describatur, & quenam curva ex tali motuum compositione oritur.

Instabis 2. Si corpus nostrum moveatur vel in obstatum aliquod impingat, tensionum nostrarum testimoniis acquisimus vis cuiusdam majoris vel minoris notionem, quam ex quiete nullatenus comparamus. Et quidem corpus quiescens nullum unquam motum producere poterit; contra autem corpus incurrens in corpus quiescens, illud movebit. Ex his ergo sic concludere licet. Vis illa in corpore quiescente saltem admitti non debet quia in corporum motu tantum sese manifestat. Atqui &c. Ergo &c.

Resp. concedo inaj. nego minorem. Facile sibi persuadent homines meditationibus philosophicis non satis assueri, in corporibus motis adesse conatum quemdam, quo carent corpora quiescentia; inde autem originem habet error ille quod inanimatis corporibus ea facilius tribuamus, quia in proprio corpore observamus. Potro dum vis nomen ad inanimata corpora transferimus, leviter etiam attentione patet id fieri non posse nisi in triplici duntaxat sensu. 1. Si corpori inanimato propriam sensationem tribuamus, quod est absurdum. 2. Si vis nomine intelligamus metaphysicam quamdam entitatem a nostris sensationibus diversam; quam quidem nulla ratione intelligere nec pro-

proinde definire possumus . . . ? Tandem si vis nominis significemus effectum ipsum vel proprietatem aliquam effectu manifestatam cuius causam non investigamus. Hec autem ultima significatio sola est rationi consona. At si vis nominis hanc significacionem tribuimus, jam corpori quiescenti aquae ac motu competit, & quietis non unius quam motus continuatio tanquam lex naturae haberi potest. Tandem duu corpus incurrens corpori quiescenti motum imprimit, id facere non potest sine aliqua proprii motus jactura. Quæ quidem jactura oritur ex vi qua corpus quiescens status mutationi retinet; ac proinde corpori quiescenti non secus ac corpori moto tribuenda est vis ad conservandum statum suum, quamcumque notionem huic vocabulo jungere placeat.

Instabis 3. Si corpora praedita sint vi inertiae, jam nulla est motus continuati causa; atqui motum sine causa continuari repugnat. Ergo &c.

Resp. Nego maj. Frustra quidem philosophi de motu communicatione tantas litteres excitant; continuari motus nulla alia agnoscenda est primaria causa præter Deum optimum maximum, qui non motum dunt taxat, sed res omnes conservat, secunda autem causa est ipsa vis inertiae. Nec alia ratione perseverat motus quam qua continuantur corporis alicujus figura, color, aut aliæ hujusmodi affectiones, quæ semper eadem permanenter, nisi vis aliqua eis turbaverit. Multo quidem rectius & utilius se gerent physici, si motus retardati vel accelerati rationes legesque investigarent.

Hic autem oblevandum superest nos minime definitum velle an vis motricis actio *continuata* esse debet, an satis sit actio *inflaturans* nullo deinde impedimento turbata. Quæstio illa ad æstimandos effectus, quod in physica unice volumus, superflua omnino est, & ad metaphysicam pertinet. Stricteque conjuncta est cum disputatione, quæ de rerum conservatione in metaphysicis institutionibus tractavimus.

## ARTICULUS II.

*De principio actionis & reactionis.*

I. **A**ctionem corporis definire solent plerique physici vim quam corpus aliud in aliud corpus exerceat, seu vim quam corpus aliquod corpus premit vel percudit at talis definitio ipsa re definita obscurior videtur: nos autem omnem ambiguitatem removere vel maxime studentes, recordabimur in corpore quod *alii* movetur vel ad motum tendit, nihil aliud clare intelligi nisi ipsam quantitatem motus quam habet, vel quam haberet, sub latis omnibus impedimentis: ac proinde actio corporis per ipsam motus quantitatem duntaxat se manifestare intelligitur. Itaque actionis vocabulo nullam aliam notionem subjici volumus nisi ipsam quantitatem motus actu producendam si omnia removerentur impedimenta. Inde autem statim intelligere sicer quid sit *realtio*; nihil enim aliud est nisi actio contraria, nempe quantitas motus in corpore agente amissa vel amittenda.

II. Receptum est apud physicos principium: *Aktionem semper e qualis et contraria reactionem*: quid hoc principio intelligendum veniat ex dictis evidens est, nempe in omni actione corporea tantum motus corpori agenti decedit quantum corpori patienti sive actionem suscipienti accedit. Illud autem utilissimum in universa physica principium sequenti conclusione explicabutur.

### CONCLUSIO.

*Reactionem actioni contrariam & e qualis esse demonstratur.*

I. Principium illud ex vi inertiae facile derivatur. Etenim si corpus aliquid certam motus quantitatem in alio corpore producat, id fieri non potest nisi mutationi statut resistat corpus quod datam motus quantitatem accipit. Necessum est igitur inter corpus agens & corpus patienti mutuam veluti pugnam excitari, ita ut quantum motus accipit corpus patiens, tantum amittat corpus agens. Eienim ponamus reactionem actioni e qualis non esse, jam corpus patientis omni mutationi statut non resisteret, sed alicui duntaxat mutationis parti, quod falso esse demonstravimus in precedenti conclusione. Itaque patet actionis & reactionis e qualitate necessarium esse vis inertiae corollarium.

II. Idem principium experimentis & exemplis demonstratur sique illustratur. Si corpus unum in alterum quiescens imponat: quidquid motus quiescenti corpori impi-

mitur, tantumdem impingenti subtrahitur. Si corpora ambo moveantur & ad easdem tendant partes, corpus quod celerius moveretur in aliud quod mouetur tardius incurrit, & tantum motus amittit, quantum aquirit corpus fugiens. Si corpora duo sibi obram eant sive in contrarias tendant partes, qualisconque motus mutatio corpori uni accideret, eadem omnino corpori alteri continget, ita ut aequalis semper fiat in utroque corpore motuum jactura secundum propriam motus directionem. Casus singuli ad experientiam revocari facile possunt, si obseruentur spatia ab iisdem corporibus motis uniformi eodem tempore descripta; cum enim spatia illa sint inter se ut velocitates, ob datas corporum masas habebitur quantitas motus ante & post conflictum, ideoque infinita comparatione innoveretur quantitas motus per conflictum acquisita vel amissa. Hec autem experimenta omnia actionis & reactionis aequalitati semper consona comprehendantur, quantum patiuntur inevitabiles superfluerum alperantes aliaque impedimenta plurima: sed tota res multo magis perspicua fiet, ubi conflictum leges explicabimus. Actionis & reactionis aequalitatem observare licet in attractionibus magneticis: non solum magnes trahit ferrum, sed vicissim ab ipso ferro aequaliter trahitor, ita ut aequales sint motus quantitates tum in magnete tum in ferro productæ. Experimentum hoc modo institui solet. Imponitur magnes suberis frustu & ferrum alio suberis frusto pariter imponitur, ut neimpe hoc artificio tam magnes quam ferrum aquæ libe-

libere innatae possint. Deinde manu retinetur magnes, terrum videbimus ad magnetem accedere; si vero terram immobile tenetur, ad illud magnetem accedere observabimus; sed si utrumque corpus aquae innatae libere permittratur, magnes & terram sibi inutuo obviam ire conspiciuntur, ita ut spatia a ferro & magnetе percursa semper sint in ratione reciproca massarum. Itaque aquales sunt quantitates motus hinc & inde genitæ, ut patet ex demonstratio[n]e in articulo præcedenti.

Eadem lex variis exemplis confirmatur atque illustratur. Si n[avigi]um remis agatur, aqua per tremorum palmulas remorum versus gubernaculum propellitur, rufas aquas in remos æqualiter agit, eoque una cum n[avigi]o cui affixi sunt versus partem contrariam impellit, & hac vi promovetur n[avigi]um. Aqua icilicet reactione sua tantum motus imprimit n[avigi]o quantum ipsa tremorum vi accepit; atque hinc intelligitur eo celerius progredi n[avigi]um quo majores sunt vel numero plutes tremorum palmulæ, vel etiam quo celerius intra aquam agitantur. Hinc cu[m] narratio nihil aliud sit quam brachiorum pedumque remigium, facile intelligitur cur inta aqua promoveatur natando; dum scilicet per manus pedumque palmas aqua retrosum pellitur, illa iterum agendo in contraria[n] partem natantes propellit: eodem artificio utuntur pisces qui pro varia motus directione aquam reperiuntur variisque caudæ istib[us] feriunt. Idem etiam dicendum est de avium volatu; dum enim aves alacrum impetu aerem deorsum verbent,

tant,

Resp. Concedo maj. Nego min. Accurare distingui debet quantitas motus ab ipsa velocitate. Si quantitates motus fuerint aequales, erunt velocitates in ratione reciproca massarum, ex demonstratis, ac proinde quo major est massa, eo minor est velocitas. Jam vero littus est firmissimus obex & corpus immensum, si conseratur cum navi, ac proinde littoris velocitas erit minima & physice nulla. Quamvis ergo nullam in magnis corporibus velocitatem observemus, motus quantitas potest esse maxima.

Instab. 2. Omnia corpora in superficie terræ posita versus terram gravia sunt; hac vi gravitatis corpora ad telluris superficiem descendunt. Consentient philosophi omnes corpora descendentia a tellure attrahi, quocunque sit hujus attractionis causa, de qua quidem maxime dissentient. Igitur si corpora a tellure trahantur, tellus vicissim trahetur a corporibus. Ita dum lapis ad terram descendit, terra vicissim ad lapidem assurget, & aequales erunt motus tum in lapide, tum in terra geniri; atqui hoc repugnare omnino videtur: ergo &c.

Resp. Neg. min. Ex precedenti response facile solvitur hæc objecțio. Re quidem vera aequales sunt motus quantitates tum in lapide, tum in terra productæ; cum vero quantitas materiae in terra immense superet quantitatem materiae in lapide, velocitas lapidis immense superabit velocitatem, qua terra ad lapidem tendit, ideoque, si physice loquamur, velocitas terre nulla est, quod quidem calculo demonstrare

non

Paris I. Sect. I. Cap. II.

non abs te erit. Ponamus lapidem centuria  
pedum solidorum versus terram descendente,  
spatium a lapide tempore unius minuti  
secundi percursum etit circa pedum  
Parisienium 15, ut ostendunt experimenta,  
sed ex mensuris geographicis tota globe ter-  
raeque moles continet pedes solidos 300,  
000, 000, 000, 000, 000, 000, itaque  
ponamus iam terram ubique esse eiusdem  
densitatis cum vulgaribus lapidibus, quan-  
vis omnino credibile si eam esse multo den-  
siorem, erit materie quantitatis in terra ad  
materie quantitate in lapide, ut 300,  
000, 000, 000, 000, 000 ad 1. proin-  
deque dum lapis descendit per spatium 15  
pedum, terra versus lapidem trahetur per uni-

15

## **vis pedis partes**

300,000,000,000,000,000,000,000,  
quæ tantilla est quantitas ut ipsam mag-  
nandi vim longe effugiat; ac proinde in  
physica negligi potest & pro nulla habet;  
quamvis geometrice & secundum veritatem  
loquendo terra ad lapidem accedat, &  
utrumque corpus æqualiter se mutuo in-  
hat. His paucis objectionibus respondisse  
satis sit ad explicandum actionis & reactionis  
principium; ceterum hujus principii us-  
sus frequentissime recurreret præsestum in a-  
stronomia.

## ARTICULUS III.

*De virium compositione.*

I. **V**II Itiam *compositio* dicitur *vitium pluriū* in vim *unicam conjunctio*,

**V**quia vero *virium nomine nihil aliud intellegimus nisi motus ipsos dato aliquo tempore producōs*, hinc patet *virium compositionem nihil aliud esse quam ipsam compositionem motuum*. Itaque motus *compositus* dicitur *is qui ex pluribus motibus diversam directionem habentibus resultat*; neque enim tanquam *compositum* habemus motum illum qui *ex pluribus motibus in eamdem directionem conspirantibus vel directe oppositis oritur*. Evidens enim est in primo casu *unicum esse motum summae motuum æqualem*; in altero autem casu, *motus æqualis est motuum differentia*, quæ quidem *differentia si nulla fuerit, hoc est, si quantitates motus fuerint æquales & directe oppositæ, habetur æquilibrium*. Motuum *compositorum* doctrina cum ipsa vi *inertiae necessario ordine conjuncta est*; ut ex dicendis manifestum fiet.

Fingantur rectæ AB, AD (Fig. 1.) perpendiculares & æquales quæ exhibeant vires secundum directiones AB, AD, sive quod idem est, quæ repræsentent spatiæ das viribus eodem tempore motu uniformi percurria. Corpus immincat motum angulo A, urgeaturque viribus secundum directiones AB, AD; dato quolibet tempore corpus vi unica secundum AD percurrat spa-

spatium AC, eodem tempore vi unica se-  
 cundum AB percurseret spatium AI, spa-  
 tio priori AB æquale, ex demonstratis de  
 vi inertie. Jam ponamus corpus illud viri-  
 bus duabus simul urgeri, quo tempore pro-  
 greditur per AC, ascendat quoque per AI,  
 vel CE; sunt enim per constructionem re-  
 ctæ AI, CE, itemque IE, AC æquales &  
 parallelæ, ergo corpus repertetur in direc-  
 tionum AB, AD concursu, ac proinde in  
 concursu rectarum IE, CE, hoc est in dia-  
 gonalí quadrati AIEC, atque ad punctum  
 E perveniet eodem tempore quo motibus  
 ieiunis percurseret AC, AI, ut paret.  
 Eadem ratiocinatio ad aliud quodlibet tem-  
 pus transferti potest; cum enim, spatia AI,  
 EI, itemque AB, BF sint æqualia, erit  
 $AI : IE :: AB : BF$ , ac proinde cum sint  
 IE, AC, itemque BF, AD æquales & pa-  
 rallelæ, erit recta AF diagonalis quadrati  
 ABFD. In hac demonstratione velocitates  
 non solum ponuntur uniformes, sed etiam  
 æquales; at evidens est totam demonstra-  
 tionis feriem perinde se habere, etiam si ve-  
 locitates non fuerint æquales. Etenim ve-  
 locitates uniformes sunt ut spatia iisdem tem-  
 poribus descripta, ergo velocitas per AI est  
 ad velocitatem per IE, ut AI ad IE, ut  
 AB ad BF, ac proinde  $AI : IE :: AB : BF$ ;  
 ideoque eadem manet demonstratio,  
 quæ etiam valeat quamvis velocitates non  
 fuerint uniformes, dummodo tamen in ea-  
 dem data ratione semper accelerentur vel  
 retardentur; puta, si velocitas per AD, sit  
 dupla vel tripla &c. velocitatis per AB,  
 res perinde se habet quomodo cumque acce-  
 le-

leretur vel retardetur velocitas per AB & AD, dummodo velocitas per AD semper maneat dupla vel tripla &c. velocitatis per AB, quod evidens est, cum perpetuo servetur triangulorum AIE, ABF similitudo.

Hoc ergo est universalissimum principium: Si corpus urgeatur duobus motibus, quorum directiones eundem angulum semper continent, corpus illud describet diagonalem parallelogrammi, cuius latera sunt spatia secundum utramque directionem eodem tempore percursa; dummodo tamen maneant praedictae motuum conditiones; si nempe directiones eadem maneant & velocitates sint uniformes aut similes. Adolescentum imaginatio in hac demonstratione sublevari potest exemplo normæ, quæ sibi semper parallela uniformiter moveatur, interea dum corpus aliquod uniformiter quoque prograditur secundum ductum normæ, quam corpus perpetuo radat.

In hoc autem exemplo atque in praecedenti demonstratione unum monendum est. In hoc scilicet exemplo atque etiam in tota demonstrationis hypothesi, vires duas tanquam seorsim agentes perpetuo considerantur, quod quidem a statu questionis non nihil abludere videtur, cum primo motus initio vires duas simul imprimantur & deinde conjunctim agant. Itaque ut praecedens demonstratio ad severitatem geometricam sit omnino composta, ostendi debet demonstrationem perinde se habere five vires considerentur seorsim, five conjunctum, quod quidem facile præstari potest; nam ponamus vires duas dato aliquo tempore

Seorsim uniformiter agere in corpus A, & deinde corpus illud sibi relinquere ab ipsis viribus deserit, evidens est in hoc casu describi diagonalem, ut patet ex demonstracione praecedenti & ex vi inertiae; valet autem demonstratio si vires duas dato quolibet tempore seorsim considerentur: itaque ex temporis conditione vel limitatione nullatenus pendent corporis directio & velocitas, ac proinde describitur diagonalis, etiamsi tempus ponatur minimum vel nullum, dum scilicet vires duas conjunctim agunt. Vulgari demonstrationi, quae in omnibus physicorum libris passim legitur addenda est haec ratiocinatio; quamvis enim verum sit principium, sive considerentur vires seorsim, sive conjunctum, res tamen non ita est evidens ut sine demonstratione prætermitti debeat.

Motus compositi exemplum præbet cymba profluente amne delata. Si quis e cymba interim progrediente in littus desilire voluerit, eum quem sibi proponit littoris locum non attinger. Motus enim ille componitur ex duplice motu, navigi scilicet, & hominis desilientis, ac proinde in hoc casu per motuum diagonalem homo ad littus perveniet.

II. Quamvis duas duntaxat vires consideraverimus, simili tamen ratiocinatione patet vires utcunque numero plures in unicam diagonalem componi posse. Etenim considerentur primum vires duas quarum inveniatur diagonalis, quae proinde vires duas representabit. Deinde diagonalis illa conseratur cum vi tertia & iterum inveniatur

50      *Institutiones Physice*

diagonalis, & ita deinceps, donec perver-  
natur ad communem virium omnium dia-  
gonalem, quae *media directio* appellatur, at-  
que hac erit via quam corpus his omnibus  
viribus suul sollicitatum percurret. Evi-  
dens autem est vim quamlibet compositam,  
inversa operatione, in vires per latera re-  
solvi posse, atque haec operatio *virium re-*  
*solutio* vocari solet. Cavendum tamen est  
maxime ne vis composita cum viribus per  
latera confundatur; vis composita viribus  
componentibus æqualis non est; cum enim  
vires componentes exhibeantur per latera  
trianguli cuius tertium latus est ipsa vis  
composita, patet vires componentes majo-  
res esse vi composita, quemadmodum late-  
ra duo trianguli sunt tertio quolibet majo-  
ra. At vires illæ *equipollentes* merito dici  
possunt; hoc est, motus perinde se habet  
sive corpus urgeatur viribus duabus per  
latera, sive urgeatur vi unica per diagona-  
lem ex duabus composita.

III. Hactenus consideravimus vel motus  
uniformes, vel similes; at si motus neque  
uniformes fuerint neque similes, ita ut spa-  
tia iisdem temporibus descripta datam in-  
ter se rationem non habeant, evidens est  
similia non esse triangula ex motibus com-  
ponentibus & ex diagonali formata; ac pro-  
inde singulis temporibus minimis directio-  
nem perpetuo mutat diagonalis, ideoque abit  
in curvam. Exempli gratia recta CD (Fig.  
2.) exhibeat spatia motu uniformi descri-  
pta, rectæ autem perpendiculares, ut EI  
&c. exhibeant spatia vi aliqua perpetuo ac-  
celeratrice percursa. Corpus motu unifor-

mi sollicitatum per CD, recta abiret in infinitum singulis temporibus aequalibus qualia spatia describens, per vim inertiae. At ob vim acceleratricem per EI, corpus his duabus viribus sollicitatum progreditur per curvam CI. Etenim manentibus CE, EF aequalibus, erit CG minor quam GH ob motum perpetuo acceleratum secundum directionem EI. Igitur triangula CEI, CFK, CDB non sunt similia; ac proinde cum triangula illa uteunque minima concipi possint, evidens est rectas quascunque EI, FK, DB, ad lineam rectam non pertinere, ac proinde diagonalis est curvilinea.

IV. Si recta CA consideretur tanquam axis curvæ, erunt CG vel EI, CH vel FK *abscissæ*, rectæ autem GI vel CE, HK vel FC &c. *ordinate*. Jamvero natura sive *equatio* curvæ definitur ex ratione abscissarum ad ordinatas; quare patet curvam duabus quibuslibet viribus descriptam pendere ex ipsa virium natura seu ratione. Ceterum ex demonstratis patet vi unica curvam describi non posse; corpus enim per vim inertiae, vis impressæ directionem seu lineam rectam perpetuo sequitur; quare cum corpus curvam aliquam describit duabus falso viribus illud sollicitari necessum est.

Curvam quamlibet considerant geometræ tanquam polygonum constans ex lateribus rectis tangentibus numero infinitis & infinite parvis; quare dum corpus movetur in arcu curvæ infinitesimo, idem omnino est ac si moveretur per tangentem infinite parvam. Si ergo statim desineret actio vis per EI, corpus abiret secundum directionem

tangentis per vim inertiae, hinc sit ut curva qualibet considerari possit tanquam duabus viribus genita, quarum una dicitur tangentialis, altera autem quæ corpus a tangente retrahit, centripeta appellatur, quod quidem nomen retinet sive vis illa ad unum punctum perpetuo dirigatur; sive directionem perpetuo mutet. Vis autem contraria qua corpus ab arcu ad tangentem conatur deflectere, vocatur vis centrifuga.

V. De viribus centripeta, centrifuga, & tangentiali data opera, quantum licet, deinde trahiabimns; hic observare satis sit vim tangentialem & centrifugam ex vi inertiae originem quidem habere; at cavendum est diligenter ne vis centrifuga exprela per lineolam IE confundatur cum vi tangentiali, quæ exprimitur per CE, in quem errorum mirum sane est quam graviter in tanta rerum physicarum luce prolapsi sint viri doctrinæ fama celebres. Et quidem vitium illarum nec convenienter directiones, ut patet, neque etiam mensuræ, immo vis tangentialis infinites major est vi centrifuga. Ponamus enim arcum CI esse circuli arcum infinitesimum, erit CG ad GI, sive EI ad CE, ut GI vel CE ad reliquam partem diametri. Quia vero arcus CI est infinitesimus, erunt rectæ CG, GI infinitesimæ, ac proinde GI erit infinitesima respectu reliquæ diametri, ideoque CG erit infinitesima respectu GI; quare vis tangentialis CE erit infinite major vi centrifuga IE. Alterum tandem monendum est, vim centripetam & centrifugam in circuli arcu minimo consideratas per eamdem lineolam ex-

pti.

primi, ac proinde æquales esse; cum enim vires sint ut spatia iisdem tempotibus minimis descripta, evidens est vim centripetam & centrifugam, quæ per idem spatiū eodem tempore minimo descriptum exhibentur, æquales esse. Quamvis autem æquales sint vires illæ, longe tamen inter se differunt; nam vis centrifuga est vis *passiva* duntaxat, quæ nullum exercet effectum nisi cestante vi centripeta; hæc autem ultima est vis *activa*, quæ nempe perpetuo agit.

VI. Virium centripetæ & centrifugæ exemplum præbet lapis funda circum actus. Manus lapidem tenens exhibet vim centripetam; vis autem quæ funem tendit, qua scilicet lapis conatur recedere a circumferentia circuli descripti repræsentat vim centrifugam. Et re quidem ipsa, si manus lapidem deserat, statim lapis abit per tangentem circuli antea descripti. Hæc autem pauca dicta sint; de hoc enim utilissimo argumento sermo deinde recurret.

Alteram quam breviter attigimus motus compositi speciem oculis demonstrant corpora per aerem horizontaliter vel oblique projecta: motu composito igneam curvam in aere delineant tubuli nitrato pulvere referti. In his casib[us] duæ considerandæ sunt vires, una scilicet *projectionis* ex manu vel pulvere pyro oriunda; altera autem ex vis gravitatis, qua corpus motu accelerato descendit; sed hujus curvæ naturam demontrabimus ubi de corporum projectorum motu.

54 APPENDIX.

*De quibusdam capitis precedentiis utilitatibus.*

I. **M**ateriam cogitationis expertem esse invicissimum argumentis in Metaphysica jam ostendimus; quamvis autem si de divina certissimum sit primarium illud religionis dogma, varia tamen argumenta conquirere & adversus incredulos congerere religiosos philosophos maxime decet. Vix suspicari quis statim posset vim inertiae aliud philosophis suppeditare hujus dogmatis argumentum, quod tamen valide urgei potest: Evidem substantia cogitans vim habet mutandi statum suum, potest semper cognitionem praesentem deserere & ad aliam transire, actionem aliquam velle aut respire, quam quidem facultatem proprio conscientiae testimonio experimur. Cum ergo vis inertiae universalissima sit materiae proprietas, ita ut nulla materiae pars statum suum vel leviter sponte mutare possit, manifestum est cogitandi facultatem ad materiam pertinere non posse. Neque est quod objiciant vim inertiae locum habere duntaxat in materia nullo principio intelligentie informata, nam rursus principium illud intelligens materiae conjunctionem, vel est materiale, vel non. Si primum, jam eadem recurrit cogitandi impossibilitas, si secundum, principium illud facultatem cogitandi ex se habere necessum est, sine ullo materiae auxilio, quae ipsa non habet cogitandi vim, quam proinde nullo modo confer-

re potest. Itaque ex duarum substantiarum, quæ cogitare non possunt, conjunctione ori-  
ti non potest cogitandi facultas. Præterea  
perverissimi homines qui materiae cogita-  
tionem non repugnare afferunt, si impiis-  
simi Spinozæ sectatores excipiamus, non in-  
sufficiantur existere substantias spirituales &  
intelligentes; cum ergo vim intelligendi  
habeant, principium intelligens nulla ma-  
teria ope ad cogitandum indiget. Itaque  
hoc argumentum validissime propugnari po-  
test contra eos qui spiritus extra materiam  
existere fatentur; at contra Spinozistas alios  
agendum est argumentis, quæ in nostris in-  
stitutionibus metaphysicis explicaviimus; vel  
prius demonstranda est spirituum extra ma-  
teriam cogitantium existentia. Neque est  
tandem quod objiciunt, Deum omnipoten-  
tem his duabus substantiis simul conjunctis  
tribuere potuisse vim cogitandi, quam ma-  
teria convenire non posse proprio loco os-  
tendimus, ex precedenti ratiocinatione id  
falsum evidens sit, universalissimis materiae  
proprietatibus repugnare, ut materia vim  
cogitandi habeat. Nemo igitur nos tanquam  
nihil modum religiosos reprehendat, quod  
huius ratiocinationis pondus argumentis me-  
taphysicis adjungamus.

II. Actionis & reactionis exempla ex  
avium volatu, piscium natatu, remorum a-  
ctione alterre solent physici. Idem vero  
principium ad eximiant utilitatem traduxit  
vir doctissimus Daniel Bernoullius, qui in  
elegio opere cui titulus est: *Hydrodyna-  
mica*, novum & hactenus inauditum navi-  
gandi genus proposuit, sine velis & remis,

quod quidem paradoxum omnino videbitur rem paucis exponam. Navigio versus puppim firmiter alligari præcipit Bernoullius canalem utrinque apertum & aquæ perpetuo pleum, quod quidem sine magno labore antliarum ope præstari potest. Jam aqua ex canali versus puppim effluens, in ipsam maris aquam agit, ipsa autem reagit, atque hac perpetua reactione antrosum propellitur navis & sine velis ac remis gubernatur, quo quidem loquendi modo res impossibilis & absurdâ exprimi solet. Hujus reactionis astinande ratio ad sublimiorum fluidorum doctrinam pertinet, neque tantam rerum physicarum difficultatem præfens locus sustinet; quia tamen novus ille navigationis modus ex actionis & reactionis principio natus est, in præfenti appendice hanc doctissimi viri cogitationem opportune interponendam esse existimavi. Neque deernat fortasse imperiti homines, qui rem velut insultam rideant, at philosophi est magnorum virorum meditationes venerari, & tamen perpendere, atque, si fieri possit, ad experientiam revocare. Ego autem in navicula non sine successu rem tentavi, atque inito calculo invenitur tantam hoc artificio obtineri posse prægrandis etiam velocitatem, quam magna remigum manu vix ac ne vix quidem haberi potest. Calculo quidem subjici non possunt inordinate aquarum directiones, marisque jactationes, ac proinde minuitur inventi utilitas, non tamen omnino tollitur. Hec maxima saltē haberi poterunt commoda, nempe naves bellicas in prælijs navalibus, deficiente

Q. 11.

omni vento, quo lubet agere licebit, atque etiam brevibus trajectibus serena tempestate tranquilloque mari instituendis inferire poterit talis navigii usus.

III. In capite praecedenti de vi centrifuga breve in mentionem injecimus. Ex hujus vis doctrina innumerae in societatem humanae derivarunt utilitates quarum unam hic feligere satis erit. Clarissimo viro *Deguilio* debetur machina quæ *rota centrifuga* appellatur ex tympano ligneo parum alto constat hæc machina, cujus cavitas in duodecim cellularas distributa est, singulæ autem cellularæ ad tympani centrum protensa, cum aere *externo* communicant ex parte circumferentia, quæ pro cellularum numero duodecim quoque foraminibus pertusa est. Tympanum hoc modo comparatum capsula majori parallelopipeda includitur atque axe ita trahicatur ut manubrii ope extra capsulam prominentis converti possit. Rebus ita dispositis, si tympanum velocissime circumagatur, aeris particulae in tympano inclusæ revolvuntur, ac proinde vim centrifugam acquirunt & exitum gerunt. Quare si in piano rotationis aperiantur foramina quibus annexantur flexiles tubuli extra cubiculum protensi, aer in tympano conclusus, revoluta machina, exhibit, aer autem in cubiculo contentus per foramen rotationis piano perpendiculari tympani cavitatem ingredietur, aeri expulso statim succederet aer iterum quoque expellendus. Jam vero quantum aeris excluditur, tantum quoque advenit per fenestras, januas vel etiam cubiculi rimas; quare pater id tandem com-

Si percurtere aqualem lineolam BC, &  
ita deinceps. Jam vero dum corpus per-  
venit ad B, agat vis tendens ad centrum  
S, qua vi sola corpus describere possit li-  
neolam BE; completo parallelogrammo EB-  
CD, motu composito corpus describet dia-  
gonalem BD ( ex articulo precedenti ).  
Ex elementis geometriae evidens est æ-  
qualia esse triangula ABS, SBD æquali-  
bus temporibus descripta. Etenim triangu-  
la ABS, SBC æqualia sunt, cum æquales  
habeant bases AB, BC, communemque ver-  
ticem S. Præterea æquantur triangula BSD,  
BSC, super eadem basi BS, & inter easdem  
parallelas BS, CD constituta. Igitur æqua-  
lia sunt triangula BSD, BSA, utpote æ-  
qualia eidem triangulo BSC. Quod autem  
demonstravimus de minimis duobus trian-  
gulis ABS, BSD, idem facile intelligitur  
de alia qualibet triangulorum serie; & qui-  
dein seclusa vi tendente ad centrum S,  
corpus per vim inertiarum moveri perget se-  
cundum BD; sed accedente vi versus S,  
eadem ratiocinatione patet tertio tempore  
æquali æquale triangulum describi. Igitur  
æqualibus temporibus æquales triangulorum  
areas petcurruntur, tempore duplo describi-  
tur area dupla, tempore triplo tripla; quare  
generatim areas tempore quolibet descriptæ  
sunt temporibus proportionales. Jam ponam-  
mus polygonum hoc modo descriptum, ex  
lateribus numero infinitis: & infinite par-  
vis compositum abire in curvam, manife-  
stum est corpus circa centrum vitium S,  
perpetuo describere areas temporibus pro-  
portionales. Demonstratum ergo est præ-  
clara

clarissimum theorema quod astronomia & universæ sere physicæ fundamentum est, nempe: Si corpus describat curvam quantibet vi tendente ad punctum aliquod in curva datum, corpus illud describet areas circa idem punctum temporibus proportionales.

Viceversa si corpus moveatur in curva & areas temporibus proportionales circa punctum aliquod describat, surgetur vi tendente ad illud punctum. Etenim si vis alia ad punctum extra S, diversum tendeset, jam directio CD non foret directioni BE parallela, ac proinde triangula BSC, BDS super communem basim constituta, non forent inter easdem parallelas nec proinde æqualia, quod est contra hypothesis; ponimus enim a reas temporibus proportionales esse ac proinde æqualia esse minima triangula temporibus æqualibus descripta. Itaque demonstratum etiam est corpus, quod movetur in curva & areas circa punctum aliquod temporibus proportionales describit, urgeri vi ad illud punctum tendente. Ex hoc theoremate universa pendet attractionis doctrina.

Ex hoc ipso theoremate evidens est velocitatem corporis in diversis curvæ punctis eo majorem fare vel minorem, quo minor est vel major recta a centro virium ad tangentem perpendiculariter ducta; nempe velocitates sunt reciproce ut perpendicularē centro virium in tangentē densissima. Etenim velocitates utcunque variabiles tempore infinite parvo tanquam uniformes considerari possunt, ob minimum hinc infinitesimum velocitatis incrementum vel decrementum. Itaque velocitatis uniformes per AB, BD sunt

sunt ut spatia AB, BD iisdem temporibus minimis descripta; sunt autem spatia illa bases triangulorum æqualium ASB, BSD, quæ proinde sunt reciproce ut perpendicularia ex centro S in bases AB, BD demissa; sed polygona in curvam abeunte, lateræ AB, BD evadunt tangentes curvæ in punctis A, B; erunt igitur velocitates in singulis curvæ punctis reciproce ut perpendicularia ex centro virium in tangentes demissa. Quod quidem corollarium ex iniœ utilitatis esse ex dicendis manifestum fiet.

II. Attrahionem in variis curvis considerare solent, qui sublimiorem physicæ doctrinam explicant; nos vero in ipso physices initio facilitati studentes in circulo duximus rem considerabimus, virium centralium doctrinam in Ellipse deinde convenientiori loco explicaturi. Revolvatur in peripheria circuli ACD corpus A (Fig. 4.), quod ubi ad A pervenit, sublata vi tendente ad centrum, qua in circumferentia retinetur, per tangentem AB in infinitum excurreret; itaque ut corpus in peripheria detineatur, necessum est vim aliquam perpetuo agere, quæ corpus urgeat versus D, per spatum DC, interea dum mobile vi impressa progresseretur per spatum infinitesimum AB, his enim viribus conjunctis mobile describet lineam AC; hæc omnia facile patent ex demonstratis de virium compositione. Vis que exhibetur per BC dicitur *attracio*, quam alio nomine vim *centripetam* appellavimus; vim autem qua mobile ex arcu curvilineo transit ad tangentem, quæque exhibetur per CB, diximus *viæ centrifugam*, autem

am̄bz autem vires communis nomine *centrales* vocantur. Igitur lineola BC exprimit vim centralem. Jam vero in circulo ducta chorda infinitesima AC erit ob triangulum ACD, ACM similitudinem AM vel  $BC : AC = AC : AD$ , ac proinde AM vel  $AC^2$

$$BC = \frac{AC^2}{AD}; \text{ hoc est vis centralis in circu-}$$

lo est ut quadratum chordae dividum per diametrum; quia autem arcus infinitesimus illiusque chordae equipollent, loco chordae substituere licet ipsum arcum, ideoque vis centralis est ut quadratum arcus dividum per diametrum, vel per radium; cum enim virium centralium rationem duntaxat hæc formula exprimat, perinde est sive diametrum sive semidiametrum, adhibeamus. Porro vis centralis nomen retinet attractio, etiam si vis illa ad unicum punctum nos dirigatur: singulis temporibus directionem mutare potest; ut enim mobile curvam describat satis est vis centralis directionem non conguere cum ipsa directione tangentis, quod quidem evidens est ex articulo praecedenti. His præmissis in proximo articulo fatus explicandis, fit

### C O N C L U S I O .

*Universalem inter corpora omnia attractionem  
demonstrant phænomena.*

I. Circa solem revolvit observantur stellæ quinque, *planete* sive *errantes* ideo appellatae. Harum nomina sunt: *Mercurius*, *Venus*, *Mars*,

*Mars, Jupiter, Saturnus.* Planetas illos ita circa solem revolvi demonstrant observationes astronomicæ ita ut radis ad solem duætis areas describant temporibus proportionales; lex illa qua planetæ circa solem areas describunt temporibus proportionales, ab inventore suo *prima lex Kepleri* solet appellari. Saturnum comitantur stellulæ quinque quæ satellites dicuntur & Jovem quatuor; illi autem satellites, qui *planetæ secundarii* etiam appellantur eadem lege circa planetas primarios revolvuntur, areas scilicet circa suos planetas & circa solem ipsum describunt temporibus proportionales. Revolvitur quoque luna circa terram nostram radiisque ad ipsius centrum ductis areas describit temporibus quama proxime proportionales. Igitur planetæ primarii vi centripeta tendunt in solem, & planetæ secundarii tendunt quoque in suos primarios atque in solem ipsum: luna etiam vi centripeta urgetur in terram. Perro aetionis æqualis est & contraria reactio; ergo mutua est attracio, nempe planetæ attrahuntur a sole & viceversa sol trahitur a planetis. satellites tendunt in planetas primarios & contra planetæ primarii infecundarios, ac proinde luna tendit in terram, & vicissim terra in lunam. Hanc mutuam lunæ tellurique attractionem demonstrant astronomicæ observations plurimæ, sed explicata astronomia doctrina tota res deinde facilius intelligetur; quare mutuam planetarum attractionem nunc generatim ostendere satis erit. Cum inter planetas primarios & secundarios, inter solem & planetas

netas singulos actio sit reciproca, inter variis planetas actionem quoque mutuam esse ex analogia naturae colligi potest; hanc autem ratiocinationem, quæ non satis firma fortasse videbitur, confirming errores in Saturni Jovisque motibus ex mutua illorum actione oriundi. Pro varia planetarum illorum distantia a sole & a se invicem, pro diversa illorum mutua & respectu solis positione, multæ in illorum motibus observantur inæqualitates, quæ nulli alteri cause, quam mutuæ attractioni tribui possunt. Qua enim ratione alia fieri posset, ut planetæ illi pro varia positione suos motus turbarent? nisi vi aliqua attrahente, quæ in minoribus distantiis major est, in majoribus autem minor? Errores in Jovis & Saturni motibus fere facilius astronomi conspicuos præbent; certum enim est planetas illos esse reliquorum omnium longe maximos, ac proinde & major esse debet actio mutua; sed hujus attractionis legem in proximo articulo expendeimus, & attractionis doctrinam magis ac magis declarabimus.

II. Vim attractivam qua fere mutuo pertinet corpora caelestia, inter corpora terrestria etiam vigore ostenditur exemplo lunæ. Satis accurate ponunt astronomi lunam motu uniformi circa terram revolvi in circulo ejus radius æqualis est sexaginta semidiametris terrestribus. Itaque cum circulorum peripherie sint inter se ut radii, erit orbis lunaris circumferentia circuli maximi terrestris circumferentia sexagesies maior. Inventa autem est circuli maximi terrestris circumferentia pedum Parisiensium

12:249600, ac proinde nota est orbis lunaris peripheria, quæ sexagesies major est. Jam vero tempus periodicum lunæ, quo nempe luna circa terram revolvitur, est diuinum 27, horarum 7, minutorum primorum 43: quia autem motus ponit uniformis, facile invenitur spatiū dato aliquo tempore descriptum: V. G. minutū unius primi tempore. Sunt enim spatia velocitate uniformi percursa directe ut tempora, quare per regulam trium dicatur: tempus totum periodicum lunæ est ad tempus minutū unius primi ut tota lunaris orbis peripheria ad ejusdem orbis arcum tempore minutū primi descriptum: datis autem in proportionē tribus terminis datur & quartus, ac proinde invenietur arcus minutū unius primi tempore descriptus, cuius arcus quadratum dividatur per lunaris orbis diametrum, habebitur, ex demonstratis lineola BC, hoc est, vis centripeta lunæ; hæc autem lineola initio calculo:

invenitur æqualis pedibus 15 — Paciensibus;

12  
nempe talis est vis centripeta lunæ in distantia a terra semidiametrorum terrestrium sexaginta, ut luna urgente vi illa tempore minutū unius primi versus terram descen-

deret per spatiū pedum 15 — . Jam finge-

12  
mus lunam accedere ad terram, erit velocitas lunæ sexagesies major, sunt enim velocitates reciproce, ut perpendiculares ex centro virium ad tangentes demissa, hoc est in ratione semidiametrorum, ex hypothesi orbis circularis. Itaque luna prope ter-  
ram

nto uno secundo describeret pedes 15 — ;

dato enim spatio velocitates uniformes sunt  
inverse ut tempora; sed hoc idem spatium  
eodem tempore percurrunt gravia ter-  
restria: igitur vis centripeta luna & vis cen-  
tripeta terrestris sunt ejusdem generis, cum  
eamdem utraque mensuram habeat, eam-  
demque directionem. Ergo luna graviaque  
terrestria tendunt in terram atque etiam se  
mutuo trahunt corpora omnia terrestria non  
secus ac faciunt cælestia, per legem analogiæ.

III. Non solum in se mutuo tendunt cor-  
pora, sed etiam eadem vi mutua possent  
emnes corporum partes; alioquin rotæ dis-  
solveretur corporum tellurisque compages.  
Illa autem attractio non solum mutua est,  
sed etiam æqualis; etenim distinguatur ter-  
ram moles in binas quascunque partes vel  
æquales vel utcunque inæquales; jam si par-  
tium attractio mutua non foret atque etiam  
æqualis, attractio minor cederet majori,  
& partes conjunctæ recta moveri pergerent  
in infinitum. Partes igitur se se mutuo æ-  
qualiter urgent, ita ut actioni semper æ-  
qualis sit & contraria reactio; quæ quidem  
omnia allato jam antea magnetis exemplo  
illustrari possunt; quod autem dictum est  
de binis utcunque terræ sectionibus, idem  
quoque intelligitur de aliis quibuscunque  
corporum partibus. Itaque attractionem u-  
niversalem demonstrant phænomena cœlestia  
atque terrestria, ita ut hanc naturæ legem  
in subium vocare non possit ingenuus phi-  
loſe-

losophus, quæcunque sit attractionis causa, quam deinde variis in locis data occasione expendemus. Hæc doctrina mortalibus omnibus tamdiu ignota a Newtono tandem admirabili quadam felicitate in bono lumine collocata est. Extiterant sane qui ante ipsum attractionem nominarent, Keplerus qui motuum cælestium leges felicissime detexit, earum causas per *magnetismum* quemdam explicare conatus est. Verum quæ hac de re protulit tam incerta ratione deducta sunt & plerumque etiam ita sunt absurdâ, ut cum iis comparata quæ Newtonus certissima methodo invenit, pro nullis omnino haberi deheant. Hinc Newtonianæ doctrinæ parum doctos sese probant aliqui philosophi qui haud satis æqui rerum æstimatores inventionis gloriam hac in re Newtono eripere conantur.

Objicies: attractionis universalis doctrina maxime innititur prima Kepleri lege, quam neque statuit planetas primarios circa solen, secundarios circa primarios areas temporibus proportionales describere, atqui lex illa nequaquam observatur, immo attractionis doctrinæ repugnat omnino. Et quidem in motibus Jovis, & Saturni demonstrant observationes astronomicæ variationes plurimas quæ areas temporibus proportionales maxime perturbant. Tot mutationibus obnoxii sunt lunares motus ut nulli fere legi subjiciantur, easdem mutations patiuntur satellites Jovis. Ergo &c.

Resp. Distingao min. Lex illa non observatur *accurate*, concedo min. *quamproxi- me*, nego min. & conseq. je quidem vera  
erro-

erroribus plurimis obnoxii sunt corporum caelestium motus, sed errores illi attractio-  
nis doctrinam apprime confirmant: ut jam  
observavimus. Demonstratum quidem est  
areas temporibus proportionales esse; ve-  
rum in hac demonstratione unius duntaxat  
corporis vim centripetam consideravimus,  
neque errores ex mutua aliorum corporum  
attractione oriundes aestimavimus. Porro  
Kepleti legem aliquantulum perturbat mu-  
tua planetarum attractio, & praesertim in  
Iove & Saturno ob majorem illorum mas-  
san. At aberrationes illae in minoribus dun-  
taxat planetatum distantiis conspicue sunt;  
quo magis autem a se invicem recedunt  
planetae, eo minores deprehenduntur erro-  
res, atque tandem evanescunt. Eadem est  
ratio cur variationes plurimas experientur  
luna ob variam scilicet tellutis solisque  
positionem, variisque illorum distantiam.  
Tandem varia Satellitum Jovialium positi-  
onisque distantia aliquam in illorum mo-  
tibus mutationem afferre debent. Sed o-  
mnes illos errores ad calculum revocare  
norunt geometrae, quorum quidem diligen-  
tiam & peritiam demonstrat calculorum cum  
observationibus astronomicis summa conser-  
fio. Itaque ex praecedenti objectione nihil  
aliud colligi potest, nisi pro varia corpo-  
rum massa variaque distantia, diversam quo-  
que esse attractionem. Addere jam fatis e-  
rit probatam quoque manere vim attrac-  
tiionem, etiam si corpora caelestia areas tem-  
poribus proportionales non describant; evi-  
dens enim est, ex demonstratis de virion  
compositione, sine via aliqua centripeta nul-  
lum



fieri posse motum curvilineum quæcumque vis centripetæ directio; igitur curvilineo planetarum motus vim aliquam centripetam in proinde attractionem demonstrant.

Instab. 1. Ex illa mutua attractione sequitur universi systematis planetarum constructio. nam enim planetæ se mutuo attrahant, progressu temporis in se mutuo præcipites ruere debent atque tandem in eamdem cum sole massam coalescere. Ergo &c.

Resp. Neg. Ant. cujus probatio tota facile evanescit, si attendamus planetas duabus viribus urgeri, una secundum directionem tangentis, altera autem centripeta. Et quidem sine virium illarum compositione nullum orbem curvilineum describi posse sèpius demonstravimus. Et certe sola vi centripeta in se mutuo ruerent corpora omnia, atque in rudem indigestamque mollem tandem rediret totus hujus universi ordo. At omnipotenti divinaque manu ita inter se temperati fuerunt cælestes motus, ut planetæ in orbibus suis circa solem certa & admiranda lege regantur atque retinentur.

Instab. 2. Stellæ fixæ eamdem perpetuo a se invicem distantiam servant, siveque locis immotæ manent; sis ergo nullus impressus est motus, ac proinde sola permaneat vis centripeta, qua stellæ fixæ, & in unum tandem coirent globum. Itaque sic argumentari licet: Universam Mundi compagm perturbaret attractio illa qua stellæ fixæ in se mutuo tendunt atque in unicam tandem coalescerent massam; atqui &c. Ergo &c.

Resp.

Kep. Neg. min. Etiam si nullus stellis fixis impressus fuerit motus, tanta tamen esse potest stellarum a se invicem distan-  
tia, ut mutua attractio, quam ex distan-  
tia pendere observavimus, omnino eva-  
nescat.

Præterea certissimum est stellas esse to-  
dem soles proprio lumine fulgentes, circa quos  
probabilissimum est revolvi non secus ac  
circa solem nostrum diversa planetarum sy-  
stemata. Si autem hæc fiat hypothesis jam  
facile intelligitur stellas singulas in proprio  
virium centro quiescere vel nihil fere mo-  
veri, atque ex systematum omnium conjunc-  
tione & æquilibrio, sua mundanae machi-  
nae constabit firmitas; luculentissimum sane  
divinae intelligentie & omnipotentie argu-  
mentum.

Instabis 3. Attractio universalis inter cor-  
pora terrestria sese conspicuam præberet;  
globi duo in ipsa telluris superficie magno  
etiam diffiti intervallo ad se anutuo tende-  
rent, atque tandem ad contactum perveni-  
rent; non secus ac faciunt magnes & ter-  
rum; atqui mutuus ille accessus non obser-  
vatur: Ergo &c.

Resp. Nego maj. Corpora qualibet ten-  
dunt in se mutuo, sed tendunt quoque in  
terram. Potro attractionem universalem ex  
quantitate materie pendere jam observavi-  
mus, illamque attractionem, ceteris parti-  
bus, esse ut quantitatem materie, in pro-  
ximo articulo demonstrabimus. Itaque cum  
quantitas materie in terra immense supe-  
ret quantitatem materie in predictis globis,  
patet attractionem globorum versus terram  
esse

72 *Institutiones Physicae*

esse fere infinite magnam, si conferatur  
cum mutua globorum attractione, quæ pro-  
inde tantilla est ut sentiri nequaquam pos-  
sit. At si res sit corporum massa ut cum  
ipsa quantitate materiæ in terra, satis ma-  
gnam habent rationem, jam sub sensu ca-  
dere poterit attractio. Magna observatio-  
num subtilitate hanc attractionem expertus  
est D. Bouguer unus ex doctissimis Parisien-  
sis academicis, qui laboriosum æterna-  
que fama dignissimum iter aggressi sunt ad  
definiendam telluris figuram. Prope ingen-  
trem montem in Peruvio, qui dicitur *chim-  
boraco* pendulum constituerat vir clarissimus;  
observavit autem filum penduli septem mi-  
nutis secundis cum dimidio a perpendiculo  
aberrare, ab ipso scilicet monte attractum.  
Quo autem artificio & quanta diligentia  
utus fuerit D. Bouguer, legere est in exi-  
mio opere de figura telluris. Quod autem  
spectat exemplum magnetis & ferri, ad  
præsentem casum trahi non potest. Agitur  
enim de attractione universalis, attractio au-  
tem magnetica est alterius plane generis,  
& ad magnetem securumque dontaxat per-  
tinet. Hæc pauca dicta sint de attractione  
universalis, quæ quidem ex tota hujus ca-  
pituli serie magis ac magis intelligetur, sed  
confirmabitur maxime, dum suo loco astro-  
nomicum systema explicabimus.

## ARTICULUS II.

*De prima attractionis lege.*

1. **A**D investigandam attractionis legem virium centralium doctrinam in circulo considerabimus; hanc facili ratiocinatione demonstravit Newtonus. Ponamus corpora duo in circulorum peripheritis revolvi; haberi possunt circuli illi tanquam polygona familia, ex lateribus numero infinitis & infinite parvis composita. Quare moveri intelligantur corpora in polygonorum suorum latere aliquo, seclusa vi centripeta secundum hujus lateris directionem pergerent in infinitum; dum ergo ex latere uno polygoni in aliud latus proxime contiguum transeunt, vi centripeta in polygoni angulum incurvunt. Vis autem, qua polygoni angulum feriunt, est quantitas motus, nempe ictus magnitudo est ut massa per velocitatem multiplicata, eritque vis centralis tota ut magnitudo ictus, & numerus ictuum simul. At quo major est velocitas & quo minor circumferentia circuli, eo major est ictuum numerus eodem tempore; ergo numerus ictuum est ut velocitas directe, & circumferentia inversè. Quare vis centralis, quæ est ut ictus magnitudo & numerus ictuum conjunctum, erit in ratione composita directa quantitaris motus & velocitatis, atque inversa radii, sive quod idem est, ut productum ex massa in quadratum velocitatis divisum per radium. Plurimæ leguntur hujus principii demonstrationes, sed hanc

Jacq. Physica Pars I. D ante.

anteponimus, quæ ex ipsa virium centralium natura facile derivatur. Jam corporum massæ dicantur  $M$ ,  $m$ , circulorum circumferentiarum  $C$ ,  $c$ , velocitates  $V$ ,  $v$ , tempora  $T$ ,  $t$ , vires centrales  $F$ ,  $f$ , circulorum radii  $R$ ,  $r$ . Erit

$$MV^2 \propto mv^2$$

$F: f = \frac{M}{R} : \frac{m}{r}$ . Quia vero in circulo

velocitates sunt uniformes ac proinde ut spatia descripta sive circumferentiarum directe,

& tempora inverse, erit  $V: v = \frac{C}{R} : \frac{c}{r} = \frac{T}{t}$ ,

ob circumferentias radiis proportionales. Quare tandem habebitur  $F: f = \frac{MR}{mr}$

$= \frac{T_2}{T_1} : \frac{r_2}{r_1}$ ; jam ponantur massæ aequale,

itemque tempora aequalia, erunt vires centrales ut circulorum radii. Fingantur vires centrales decrescere ut crescent quadrata distantiarum a centro, hoc est, ponantur vires centrales in ratione duplicitate inversa distantiarum, erunt  $F: f = \frac{M}{R_1} : \frac{m}{r_1}$ , ac

proinde in proportione praecedenti  $F: f = \frac{MR}{mr} = \frac{M}{R_1} : \frac{m}{r_1}$ , erit

$\frac{T_2}{T_1} : \frac{r_2}{r_1} = \frac{R_1}{R_2} : \frac{t_2}{t_1}$ , positil-

que massis  $M$ ,  $m$  aequalibus fieri  $\frac{R_1}{R_2} = \frac{r_1}{r_2}$ ,

$\frac{T_2}{T_1} : \frac{r_2}{r_1} = \frac{R_1}{R_2} : \frac{t_2}{t_1}$ , ideoque  $R_2 : r_2 = T_2 : t_1$ , hoc

est, cubi distantiarum sunt, ut temporum qua-

quadrata, si vires centrales fuerint, ut distantiarum quadrata inverse. Et viceversa, si ponantur cubi distantiarum, ut temporum quadrata, erit in praecedenti analogia F,

$$R \quad r \quad i \quad t$$

$f = \frac{R^2}{r^2} \cdot \frac{i^2}{t^2}$ . Nempe vires centrales

$$R^2 \quad r^2 \quad R^2 \quad r^2$$

sunt ut quadrata distantiarum reciproce. Probe autem tenendz sunt haec duæ virium centralium leges quibus tota innititur Astronomia. Prima: Si corporum in circulis revolventium vires centrales fuerint in ratione duplicata inversa distantiarum a centro, erunt temporum periodorum sive revolutionum quadrata ut cubi distantiarum. Secunda: Si temporum periodicorum quadrata fuerint ut cubi distantiarum, erunt vires centrales in ratione duplicata inversa distantiarum. Demonstrare hactenus virium centralium leges virorum non geomettarum oculis representari solent ope machinae, que virium centralium machina solet appellari. Hanc autem machinam utpote oculis melius quam explicatio ulla usurpanda praetermittimus.

II. His demonstratis de viribus centralibus in circulo, iam sic:

### CONCLUSIO.

Attractionis universalis lex est ut corpora omnia se attrahant in ratione directa massarum, & duplicata inversa distantiarum.

Dem. 1. Observationes astronomicæ ostendunt planetas circa solem revolvi, & temporum periodicorum quadrata esset inter se,

$$D^2 \quad n^2$$

ut sunt cib*i* distantiarum a sole. Porro quan*vis* planet*e* revolvantur in ellipsibus, qua*rnum* focum communum sol occupat, in cur*vis* tamen circulo finitimi*s* sine magno er*ore* fingi potest corpora caelestia suas re*volutiones* absolvere. Genuinas planetarum orbitas in astronomia deinde considerab*imus*. H*ec* temporum periodorum & di*stantiarum* ratio, qu*ae* celeberrimo Kepler*o* debetur, appellari solet *Lex secunda Kepler*ri**. Hanc autem legem non solum servant planet*e* primarii circa solem, sed etiam planet*e* secundarii circa primarios. Mu*tuam* planetarum perturbationem, lunaresque in*equalitates* laboriosissimo & fere insuperabili calculo in hac attractionis lege nuperrime investigarunt doctissimi viri, & calculum cum observationibus astronomicis accurate consentire testantur diligentissimi Astronomi; immo eo pervenit, quod sperate vix fas erat, doctissimus mihiq*ue* amicissimus dominus Clairaut, ut cometarum redditum pr*edicere* astronomos docuerit; neque celeberrimi viri laborem fecellit c*onventus*, cum anno 1759, p*an*corum dierum intervallo a calculis aberraverit redditus comet*e* qui anno 1682 apparuerat. Quae cum ita sint, Newtonianam attractionis legem demonstrant observations astronomic*ae*, neque eam in dubium vocare possunt qui demonstrationis vim sentiunt.

III. Eaudem attractionis legem terrestri*bus* quoque corporibus convenire ex analogia natur*e* colligi potest; at rem ipso corporum terrestrium exemplo ostendemus. Quod ut fiat, in memoriam revocandum est

Pars I. Sæc. I. Cap. II. 77  
 viam centripetam lunæ esse ejusdem gen-  
 tis cum gravitate terrestri; vi enim cen-  
 tripeta describeret luna pedes  $15 \frac{1}{12}$  minu-  
 to uno secundo, non fecus ac faciunt cor-  
 pora terrestria. Jam vero investigari pote-  
 rit spatium vi eadem centripeta lunari pro-  
 pe terram descriptum tempore minuti unius  
 primi seu minutorum secundorum sexagin-  
 ta, etenim compertum est experimentis gra-  
 via terrestria hac lege descendere, ut nem-  
 pe spatia descripta semper sint ut quadra-  
 ta temporum, quare per regulam trium di-  
 catur  $1''$ :  $15 \frac{1}{12}$  =  $60''$  :  $15 \frac{1}{12}$  X  $60''$   
 $60''$ ; in hac proportione virgulæ „ designant  
 minuta secunda, quemadmodum virgula „  
 designare solet minuta prima. Itaque spa-  
 tium minuti unius primi tempore prope  
 terram a luna descriptum erit  $15 \frac{1}{12}$  X  $60''$   
 $60''$ ; sed ipsatum aluna eodem tempore de-  
 scriptum in distantia a terra semidiametro-  
 rum 60 est  $15 \frac{1}{12}$ . Quare cum vires sint ut  
 spatia iisdem temporibus descripta, erit vis  
 centripeta lunæ in telluris superficie ad  
 viam centripetam in distantia semidiametro-  
 rum terrestrium sexaginta, ut  $15 \frac{1}{12}$  X  $60''$   
 $\times 60''$  ad  $15 \frac{1}{12}$  seu ut  $60'' \times 60''$  ad 1; qua-  
 re si semidiameter terrestris representetur  
 per 1, erit distantia mediocris lunæ a ter-  
 ra ut 60, ac proinde  $60'' \times 60''$  erit hujus  
 distantiae quadratum. Quare cum quadratum  
 unitatis sit 1, erit vis centripeta lunæ in  
 D 3

superficie telluris ad viam centripetam lunæ  
in distantia mediocri a terra, ut mediocris  
distantiæ quadratum ad quadratum semidia-  
metri terrestris, hoc est, in ratione dupli-  
cata inversa distantia. Itaque eadem lex  
obtinet quoque in corporibus terrestribus.  
Porro observandum est attractionem con-  
siderari posse vel in corpore attrahente, vel  
in corpore quod attrahitur. Si primum,  
vis illa *attractionis* nomen retinet; si secun-  
dum, *gravitas* appellatur. Quia autem om-  
nis attractio mutua est, patet hanc esse  
universalem gravitatis legem, ut nempe se  
habeat in ratione directa massæ, & dupli-  
cata inversa distantia.

Objicies. Prædictam attractionis legem  
demonstrare non possunt astronomorum cal-  
culi atque observationes, nisi cognitæ sint  
planetarum massæ, ita enim componi potest  
massarum & distantiarum ratio ut eadem  
prodeant phenomena; atqui cognita non est  
planetarum massa; qua etenim ratione cor-  
porum remotissimorum massæ explorari, et  
que, ut ita dicam, ponderari possunt? Er-  
go &c.

Resp. Nego. maj. & min. Et 1 quidem  
ut definiti possit lex attractionis, satis est  
ex observationibus astronomicis innotescere  
curvilineas planetarum orbitas, illorumque  
tempora periodica; ut ex præcedentibus  
demonstrationibus patet: sed haec duo cer-  
tissimis observationibus constant; ergo ad  
determinandam generalem gravitatis legem  
necessarium non est perspectas esse plane-  
tarum massas. 2 Quamvis imperito homi-  
num vulgo res absurdæ videatur planetarum  
mas-

massas ad calculum revocare, geo netris tam  
 men non defunt methodi quibus id obtine-  
 re possunt. Methodum ex præmissis prin-  
 cipiis facile colligendam hic explicare non  
 abs re erit. Sint planetæ duo  $M, m$ , quos  
 comitentur Satellites ad distantias  $A, a$ ,  
 revolventes temporibus  $T, t$ , erunt Satel-  
 litum vires centripetæ  $\frac{M}{A^2}$ ,  $\frac{m}{a^2}$ ; sunt enim

$$\frac{A^2}{T^2} = \frac{a^2}{t^2}$$

attractiones versus  $M, m$ , in ratione direc-  
 ta corporis attrahentis, & duplicata inver-  
 sa distantia. Præterea vis centrifuga æqua-  
 lis est vi centripetæ, & Satellitum vires

$$\frac{A}{T^2} = \frac{a}{t^2}$$

centrifugæ sunt  $\frac{M}{A^2}$ ,  $\frac{m}{a^2}$  (ex dem). Quare

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^2}{a_2^2}$$

$M_m$   $A_a$   
 exit  $\frac{M}{A^2} : \frac{m}{a^2} = \frac{T_1^2}{T_2^2} : \frac{a_1^2}{a_2^2}$ . Hinc data ratione

$$\frac{A^2}{T^2} = \frac{a^2}{t^2}$$

$A$  ad  $a$ , &  $T$  ad  $t$ , dabitur quoque ratio  
 $M$  ad  $m$ , nempe ratio massarum in duobus  
 planetis primariis. Itaque hoc modo inno-  
 tescere poterit ratio massarum in Jove,  
 Saturno, Terra, & Sole ipso; illi enim  
 planetæ suos habent Satellites, ne excepto  
 quidem Sole, circa quem planetæ tanquam  
 Satellites revolvuntur: præterea etiam da-  
 tur ratio distantiarum Satellitum a planetis  
 primariis, atque eorumdem Satellitum tem-  
 pora periodica. Ex his principiis innotuit  
 quantitates in Sole, Jove, Saturno, & ter-  
 ra esse inter se ut numeri sequentes

$$1 \quad 1 \quad 1$$

$\frac{1}{1067}, \frac{1}{3021}, \frac{1}{169281}$ . Verum haec methodus

valet duntaxat in planetis, qui Satellitos habent; hinc in Mercurio, Venere, & Marte cum Satellitibus careant, quantum haec tenus per observationes judicium ferre licet, non ita accurate innoteat nascarum ratio. Hanc quidem methodum breviter indicare placuit tum ob tei ipsius utilitatem, tum ut vobis demonstretur superba quorumdam hominum imperitia, qui velut absurdum ridiculumque traducunt, quod ipsi non intelligunt; a quo quidem gravissimo errore vos longe alienos volo.

Instabis 1. Lex attractionis in ratione distantiarum duplicata decrecentis, contra omnia est gravitatis terrestris legi. Etenim experimentis constat vim gravitatis in eodem terrae loco, & in diversis a tellure distantias, eamdem manere; si corpus aliquod manu sustineamus sive in summa turri, sive in ima, eamdem pressionem sentimus: crassior quidem est haec estimatio; at res accuratius definiri potest, si in summa turri statueræ brachii imponantur corpora duo, que sunt in æquilibrio, deinde corpus alterum e lance ipsa filo suspendamus, ac paulatim demittamus, æquilibrium manere experiemur in diversis etiam a terra distantias. Quare sic argumentari licet. Attractio illa non decrescit in ratione distantiarum duplicata, que in diversis a tellure distantias eadem observatur; atque &c. Ergo &c.

Resp. Distinguuo maj. Si distantiarum differentia fuerit satis magna, concedo maj. Secus, nego maj. D. M., nego consequentiam. Quamvis gravitas terrestris decrescat in

*Part I. Sectio I. Cap. II.* Sc  
in ratione distantiarum duplicata a centro  
telluris, in exiguis tamen a terra distan-  
tia gravitatem terrestrem velut constantem  
& perpetuo eamdem considerare licet. Ete-  
nim tantilla est distantiarum in quibus ex-  
perimenta sumi possunt differentia ut pro-  
nulla omnino habeci debeat, si cum inte-  
gra telluris semidiametro conferatur, quod  
exemplo patebit. Ponamus haberri experi-  
mentum in vertice montis omnium altissimè  
insularum Canariarum dicti *Pico de tenerif*,  
enjus altitudo sit trium milliarum. Jam ve-  
ro semidiameter telluris ponatur circiter  
quatermille milliarum, sumptis quadratis  
erit gravitas in montis vertice ad gravitatem  
in montis radice ut 16000000 ad 16024009,  
quaè quidem ratio est quam proxime ratio  
æqualitatis, ita ut gravitatis differtentia nul-  
lo experimento sentiri possit. Ceterum de  
gravitate constante illiusque directione tra-  
ctabimus in capite sequenti; quare hæc pau-  
ca dicta sint.

Instabis 2. Ad demonstrandam gravitatis  
legem hac ratiocinatione utuntur plerique  
physici. Sit A, (Fig. 5.) punctum a quod  
undique emanet qualitas qualibet secun-  
dum rectas AB, AC, AD &c. per totum  
spatium indefinite protensas. Jam vis hu-  
jus qualitatis decrescit in ratione duplicata  
distantie, nempe erit vis illa in D, ad  
vim in G, ut quadratum distantie AG, ad  
quadratum distantie AD. Etenim cum  
(ex hypothesi) qualitas undique in orbem  
per lineas rectas diffundatur, evidens est  
qualitatis hujus vim seu intensitatem eo  
majorem esse quo majori copia confertia-

que accumulantur ejusdem qualitatis radii, sed cum idem sit in unaquaque superficie HDB, GEK radiorum numerus, patet radios illos eo confertiores esse quo minor est circulorum superficies, ita ut spissitudo sive densitas radiorum semper sit in ratione reciproca superficietum; sed circulorum superficies sunt in ratione duplicata radiorum, ergo virtus ex centro propagata, quæ est circulorum superficies reciproce, erit ut quadratum distantiae a centro inverse. Hoc argumento utuntur physici fere omnes, & ad solis planetatumque attractiones allata demonstrationem transferunt; quod quidem quam perperam faciant facile patet; fungunt enim attractionem effluviorum instar propagari; Ergo &c.

Retp. Ad totam hujus argumenti seriem frustra nobis objici præcedentem demonstrationem, quam non solum non adhibemus, sed contra longe rejicimus; & quidem reprehendi omnino debet talis hujus demonstrationis usus, qui raimen in plerisque physicorum libris legitur. Præcedens demonstratio transfferri quidem potest ad propagationem luminis, cuius intensitas decrescit in ratione duplicata distantiarum a puncto radiante; verum proculdubio errant physici qui de omnibus qualitatibus a dato punto in sphæram diffusas eamdem legem pronuntiant. Et certe id verum non est nisi addatur qualitatem illam progredi motu uniformi & nullam ejus partem fisti vel dissipari. Si enim celeritas mutetur, radii qui dato aliquo tempore in orbe uno includuntur, non continebuntur in orbe altero.

tero, sed magis vel inminus prout vel retardabitur motus vel accelerabitur. A vero igitur aberrant qui ad estimandam quantitatem odoris e dato globo emitti, assumunt odoris intensitatem decrescere in ratione duplicata distantiarum. Neque enim verisimile est motu uniformi recta progredi odoriferas particulas. quarum plurimæ circa ipsum corpus a quo emanant, hærent ipsi aeti admixtæ, alia autem spirante vento inde avelluntur & longius abeunt. Sed multo minus ad defintendam attractionis legem trahi potest præcedens demonstratio; & quidem attractio considerari non potest qualitatis instar per radios diffusæ. Præterea intelligi nequaquam potest quid ad attractionem conferre valeat illa corpusculorum emissio. Hanc objectionum afferre placuit ut moneantur studiosi adolescentes philosophicis ratiocinationibus non temere & non sine examine credendum esse.

### ARTICULUS III.

#### *De altera attractionis specie.*

I. **N** præcedenti articulo illam duntaxat consideravimus attractionem quæ inter magna corpora & ad distantias satis magnas exercetur; at inter minimas corporum particulas in ipso contactu & in minimis intervallis viget potentissima attractio cuius legem investigabimus. Sed præmittenda sunt experimenta aliqua. Inter minimas fluidorum particulas mutuam attractionem exerceri demonstrant ipsa guttarum fluidarum.

renacitas etque rotunditas; duas guttas fluidæ in minima distantia se se attrahunt & in maiorem guttam coalescunt: eamdem mutuam attractionem inter corpora dura & fluida ostendunt etiam experientia. Si lamella vitrea superficie aquæ admoveatur, ita ut ipsam aquam lambat, non sine conatu aliquo lamellam ab aqua distrahi posse sentiemus, nempe per totam lamellæ superficiem minimæ aquæ columnæ adhaerescunt, quæ tandem, aucta vel tantisper distantia, proprio pondere relabuntur. Neque prætermittenda sunt præclarissima de lucis inflexione & attractione experientia. Si in cubiculo undique clauso & satis tenebroso per foramen exiguum admittantur solares radii qui deinde prope corporis alicujus aciem transeant, radius aciei proximior vi maxima a corpore attrahetur atque inflectetur & postea reflectetur, ordine succedent radii alii qui attrahentur minus, donec crescente paululum distantia, oculorum aciem fugiat attractio. Inter corpora dura eamdem attractionis speciem vigore demonstrant volgatissima experientia. Si dues lamellæ vitreas sibi invicem acete apprimantur, lamellas illas non sine magno conatu a se mutuo avelli posse experiemur, atque etiam attractionem quandam sentimus licet subtilissimis filis separatae sint lamellæ: sed crescente tandem filorum crassitate, attractio omnis evanescit. Probe notari debent haec experientia illorumque conditiones, in omni corporum specie inter corpora qualibet haec attractio exercetur, sed ea conditione ut in contactu & prope

prope contactum sic maxima, in distantia autem etiam valde exiguis evanescat.

II. Demonstrata in articulo precedenti attractionis lex descriptis experimentis satisfacere non potest. Etenim intelligentur coni umiles PAEa, PMBm, quorum vertex communis P (Fig. 6.); ponantur singula conorum partes attrahi versus P, in ratione duplicita inversa distantiarum; fingaturque conos illos dividiri in superficies innumeris sphaericas, erit attractio superficiei Mm ad attractionem superficiei Aa, ut superficies ipsa recte & quadrata distantiarum inverse, ex hypothesi. Sunt autem superficies ut quadrata diametrorum, & ob triangula, PMm, PAa similia, diametri sunt ut distantiae, ergo attractioes sunt ut quadrata distantiarum directe, & earundem distantiarum quadrata inverse, nempe attractio superficiei Aa erit ad attractionem superfi-

BA<sup>2</sup>      PM<sup>2</sup>      PA<sup>2</sup>  
ciei Mm, ut — ad — hoc est, ut —  
PA<sup>2</sup>      PA<sup>2</sup>      PM<sup>2</sup>      PA<sup>2</sup>  
ad — scilicet in ratione aequalitatis  
PA<sup>2</sup>

Quare si attractio, que in distantia qualibet eadem manet, dicatur A, erit attractio coni truncati Mm Aa ad attractionem coni PMm ut A × MA ad A × PM, sive ut MA ad PM; ac proinde si fuerint PM, MA aequales, attractio in contactu P haud erit validior, quam in qualibet a contactu distantia, quod quidem manifeste repugnat recentis experimentis.

III. Prima attractionis species, de qua in articulo precedenti sermonem habuimus,

pen-

pendet ex quantitate materiae; at praesens attractio in minimis duntaxat exercetur intervallis, ac proinde ad eas non extenditur ejusdem etiam corporis particulas, quae sunt a contactu longius positae. Itaque licet haec attractio certam quoque distantiarum legem servare debeat, illae tamen distantiae non a corporum centro, sed ab ipsa superficie computandae sunt, atque hoc alterum est discriminem inter utramque attractionis speciem. Etenim dum in praecedenti capite diximus attractionem esse in ratione duplicata inversa distantiae, hanc distantiam ab ipsa corporum superficie aestimare non licet, nisi corporum diametri cum mutua corporum distantia comparata rationem valde exiguum habuerint, quod quidem in praecedenti capite ponebamus. Jam vero mutuam sphærarum attractionem considerabimus. Intelligatur corpusculum aliquod extra sphéram positum & a singulis sphæræ particulis attractum in ratione distantiarum duplicata inversa. Fingatur sphéram illam condensari ita ut tota coeat in centrum; partes anteriores a corpusculo recedentes aliquam vis attractivæ partem amittunt in ratione scilicet duplicata semidiometri, sed hanc mutuam attractionem lucrantur partes aliae oppositæ, ita ut attractionis decrementum ex una parte, incremento ex parte altera compensetur; quare eadem manet attractio tota sive partes circa centrum dispergantur, sive in centro colligantur. Quia vero qualibet materiae particula aliam quamlibet attrahit in ratione duplicata inversa distantiae, evidens est corpusculum in utroque

que casu eadem lege a sphera attrahi, nempe in ratione duplicata inversa distantia a centro. Cum eadem ratiocinatio de spheras duabus institui possit, patet spheras duas sese mutuo attrahere in ratione duplicata inversa distantiarum a centro non vero ab ipsa superficie. Hanc attractionis legem ratiocinatione magis geometrica demonstrant philosophi, qui attractionis doctrinam sublimiori modo explicant, nobis vero qui breves, sine obscuritate tamen, fieri laboramus, satis sit facilem exposuisse ratiocinationem, minus tamen accuratam quæ ad omnium captum sit accommodata. Jam vero utriusque attractionis constituto discrimine, sit:

### C O N C L U S I O.

*Præter attractionis legem in ratione distantiarum duplicata decrescentem, admittenda est lex alia in ratione plusquam duplicata decrescens.*

Demonst. 1. Attractio illa satis non est quæ omnibus attractionis effectibus non satisfacit; atqui &c. ergo &c. major est evidens. Minor autem patet ex phenomenis modo recentis, & ex aliis, iamjam declarandis. Si vis attractiva decresceret in sola ratione duplicata distantiarum, paulo major foret vis illa in contactu, quam in exiguis a contactu distantiis, quod repugnat experimentis. Harum virium rationem ex radiorum lucis inflexione calculo æstimavit Newtonus, & invenit in mi-

nimirum a contactu distantiis attractionem esse ad viam gravitatis ut 1000000000000000 ad unitatem; quae quidem tanta vicium differentia eidem attractionis legi tribuenda non est.... 2 Quoniam hæc vis attractiva in contractu duntaxat vel prope contractum exercetur, evidens est corporis attrahentis inassam ad majorem attractionem nihil conferre, sed contactus magnitudini attractio illa proportionalis est. Quia tumen minimæ particule non longe a contactu, neque extra ipsos attractionis limites sunt positi, attractionem auget minimarum particularum densitas. Hinc si marmora duo jungantur & oleo vel pice aut etiam aqua perfundantur, validius inter se coherent, ob auctam contactus magnitudinem. Augetur cohaesio si calefiant liquores quibus superficies imbuuntur: hoc enim artificio poros altius penetrant liquorum particule, minima interlittera facilius subeunt, augetur minimum partium densitas, ideoque & attractio. En alterum utriusque attractionis discrimen; prima enim attractio quantitatæ materie proportionalis est, non autem contactus quantitati. Itaque in minimis particulis attractio est ut densitas particularum & superficies simul, cæteris paribus; quia vero superficies sunt ut quadrata diametrorum, soliditates autem ut earumdein diametrorum cubi, evidens est minimas particulas, quæ ratione soliditatis majorem habent superficiem, fortius cohaerere; contra corpuscula quorum minor est contactus, quales sunt minimi globuli eximie perpoliti, facilius a se invicem distracti hanc fluiditatis rationem

106

reddunt aliqui physici: sed bac de re in physicæ progressu sermonem habebimus.

Si quis autem a nobis requirat talem attractionis legem, quæ in minimis magnisque distantiis possit phœnomenis satisfacere, haud difficile erit demonstrare innumeras esse posse hujus attractionis leges; quænam vero in rerum natura obtrineat nulla-experimentorum subtilitate definiri potest. Legem unicam in exemplum afflire fatis erit. Ponamus legem attractionis ex duobus terminis esse compositionem, quorum primus sit ut quadratum distantiae inverse, alter autem ut distantiae cubus etiam inverse. Jam si distantia dicatur  $D$ , erit

$A \quad A$

in hac hypothesi lex attractionis  $\frac{A}{D_2} \frac{A}{D_3}$

litteræ  $A$ ,  $B$  designant quantitates quasi-bet finitas. Fingamus distantiam minianam seu infinitesimam, erit  $D_2$  quantitas infinitesima ordinis secundi,  $D_3$  quantitas infinitesima ordinis tertii; quare evidens est quantitatem  $B$  esse infinitam, si conferatur

$A \quad D_3$

tur cum  $\frac{A}{D_2}$ , ac proinde in distantiis minimis evanescit ratio duplicata inversa distantiæ. Rursus si distantia ponatur valde magna, erit  $D_3$  quantitas maxima si conferatur cum  $D_2$ . Igitur  $\frac{B}{D_2}$  erit quantitas

$A \quad D_3$

minima respectu  $\frac{A}{D_2}$ , ideoque in distantiis

$D_2$

maximinis sola valebit ratio duplicata inversa distantiæ. Quare si talem fingamus at-

tac.

traditionis legem ex duobus terminis compositam, quoruin unus exprimat rationem duplicatam inversam distantiarum, alter autem inversam triplicatam, evidens est talem legis compositionem ita se habere ut in contactu minimisque distantiis sola vigeat attractio in ratione triplicata inversa, in distantiis autem paulo majoribus sola supersit attractio in ratione inversa duplicata. At diligenter observandum est propositam attractionis legem exempli loco dentaxat habendam esse; infinitæ enim hujusmodi leges excogitari possunt. Præterea si præposita lex accurate servaretur, attractio in contactu tanta foret ut corporum cohaerio nullo pondere frangi posset; foret enim cohaerio respectu gravitatis infinita, quod est absurdum. Igitur patet hanc attractionis legem considerari posse tanquam exemplum, quo intelligatur minime repugnare taalem attractionis legem ex ratione duplicata inversa distantiarum compositam & ex alio termino, ita ut in contactu vel prope contactum secundus legis terminus habeat ad primum rationem valde magnam, non tamen infinitam; contra autem in distantiis paulo majoribus, primus terminus ad secundum habeat rationem valde magnam sed tamen finitam; verum, ut jam supra observavimus, legem hanc licet re ipsa existentem & minime commentitiam nemini divinare haecenius licuit, neque unquam fortasse licebit.

Obic. Admittenda non est lex illa, quæ analogie naturæ repugnat, atqui &c. ergo &c..... Probo minorem. Universalissi-

ma naturæ lex est attractio decrecens in ratione duplicata distantiarum. Repugnante ergo analogia naturæ, alia fngitur lex omnino ignota & mere arbitraria.

Resp. nego min. Ad cujus probationem dico optimam quidem philosophandi regulam esse naturæ analogiam, sed ea abutendum non esse; neque enim contra hanc philosophandi regulam peccatur si alias admittamus leges, quas phœnomena omnino postulant. Præterea simplicitatis & analogiæ naturæ minime obstat prædicta lex ex duobus terminis composita; haec enim tanquam simplicissima & unica naturæ lex haberi debet. Sed quidquid sit, supremo rerum omnium Creatori leges quis audebit præscribere? Deus optimus maximus eas quas & quot voluit leges ad consequendos in creatione præstitutos fines sapientissime constituit. Et certe vis magnetica & electrica ad generalem attractionis legem revocari nequaquam potest. Itaque analogia naturæ perperam abuteretur, qui omnia attractionis phœnomena ad unicam legem reducere tentaret. Natura quidem simplex est, sed simplicitatem hanc solus novit supremus naturæ auctor, qui res omnes illiusque relationes unico intuitu perspicit: naturæ simplicitatem intueri datum non est nobis mortalibus, qui facta duntaxat seorsim consideramus, sed rerum causarumque nexus ignoramus.

Inst. 1. Demonstrant geometræ singulas sphaerarum particulas ipsaque etiam spheras attrahi in ratione duplicata inversa distantiarum. Ita telluris globus suam attrac-

tio

ctionem exercet in ratione duplicata inversa distantiae, & singulæ globi terrestris particulae eamdem servant attractionis legem; at si lex attractionis ex duobus componatur terminis, jam attractio particulorum & sphætæ totius eadem non est: Ego &c.

Resp. Concedo maj. Nego min. Eamdem quidem legem attractionis in sphæratum particulis demonstrant geometrae & nos quoque facili ratiocinatione ostendimus. At corporis totius singularumque partium eamdem esse legem in solis sphæris duntaxat invenerunt physici; minime vero in sphæroidibus aliisque corporibus, quæ in rerum natura occurunt. Et quidem si ponamus singulas materiæ particulas, quæ corpus aliquod componunt trahere punctum quodlibet datum ad distantiam quamlibet, evidens est singulas corporis attrahentis particulas respectu puncti attracti diverse positas esse, ac proinde particularum vires diversam habere directionem diversamque mensuram. Quare cum attractio tota versus punctum aliquod nihil aliud sit quam vis unica ex viribus singulis resultans & in datau[m] directionem unicam composita, patet in diversis corporibus pro varia partium positione diversam quoque esse posse attractionis legem. Et re quidem ipsa hæc attractionis lex in ratione scilicet directa massa & duplicata inversa distantia in paucissimis duntaxat corporibus obtinet: E. G. in sphæris utcumque magnis, quod jam demonstratum est. Tandem hæc objectio ad nostra conclusionis sensum minime accommo-

modata est: re quidem vera singulæ sphærarum particulæ & sphæræ ipsæ a puncto aliquo attrahuntur in ratione duplicata inversa distantiarum, sed in hac conclusione sermo est de mutua particularum attractione inter se & in minimis distantiis vel in contactu.

Instabis 2. Ex precedenti response sequeretur nulla corpora vel saltem paucissima sese attrahere in ratione distantiarum duplicata; etenim hanc attractionis legem in solis sphæris invenerunt geometrae. At qui id repugnat alteri conclusioni in qua prædictam attractionis legem constituimus: Ergo &c.

Resp. Nego min. Hanc quidem attractionis legem in corporibus cælestibus vigere ex observationibus astronomicis demonstravimus. Nec minus invicte in corporibus terrestribus eamdem attractionem ostendimus. Corpora scilicet trahuntur a terra in ratione duplicata inversa distantiarum & viceversa. Neque obstat corporum terræ figuræ, si enim corpora illa conseruantur cum tota telluris massa, velut corpuscula minimaque particulæ haberi debent, illorumque proinde negligenda est figura. Qued autem spectat terræ corporumque cælestium figuram, eam velut proxime sphæticam considerare licet. Quamvis ergo paucissima sint corpora in quibus lex illa accuratissime servari possit, hanc tamen legem phisice obtinere certissimum est.

Instabis 3. Ex attractionis lege in ratione triplicata inversa distantiæ id colligeretur, corpora duo qualibet in minimis di-

distantiis sese validissime attrahere & ad contactum tandem pervenire. Præterea corpora duo contigua tenacissime cohaerent & vi infinita; atqui hæc duo experimentis repugnant: Ergo &c.

Resp. Nego maj. Viget quidem potentissima attractio inter minimas particulas in minimis distantiis. At si corpora nimia fuerint, vis attractiva in proximis duntaxat minimisque particulis resideret. Porro si corpora duo eadem vi moveantur, velocitates illorum sunt in ratione inversa massarum; quare si corpora duo dicantur A, B, minimum particulae c, d, velocitas qua corpus A rendit ad B, est ad velocitatem qua particula c solitarie spectata tenderet ad d, ut particula c ad corpus A; igitur ob corporis magnitudinem fere infinitam respectu particulae patet inter magna corpora hanc alteram attractionis speciem ne in minimis quidecum distantiis exerceri posse; atque hinc aliqui philosophi rationem reddunt principiis chimici: *Sales non agunt nisi soluti*. Tandem neque in contactu inter corpora quælibet viget attractio. Etenim attractio illa est ut contactus magnitudo directe & ut cubus distantiarum inverse. Quare si contactus magnitudo fuerit valde exigua & sere infinite parva, jam patet attractionem fore etiam infinite parvam vel nullam. Neque in uno casu attractio erit infinita; probe enim meminisse oportet, quod iam monimus, rationem triplicatam distantiarum exempli loco duntaxat habendam esse; admittenda est lex attractionis quæ non solum aliquam distantiarum dignitatem contineat,

sed

sed alias quoque tali modo admixtas habeat quantitates ut attractio in contactu sit valde magna, non autem infinita. Talis autem quantitatum permixtio appellari solet ab Algebraistis *functio*. Porro evidens est innumeras fungi posse distantiarum functiones quæ huic conditioni satisfaciant. Quidquid ergo haec tenus diximus non in eo sensu intelligendum est quasi veram hujus attractionis legem determinare velimus; hoc unum nobis erat demonstrandum, præter legem attractionis in duplicata distantiarum ratione decrescentis, aliam quoque legem admittendam esse.

Instabis 4. Corpuscula aliqua in contactu, & in minimis distantiis sese repellunt, quod quidem pater corporum elasticorum exemplo & maxime radiorum solarium reflexione; immo non desunt subtilissimi doctissimique philosophi qui vim attractivam in omnium corporum particulis ad certos usque limites admittunt; quam vim attractivam deinde in repulsivam abire affirmant, ita ut nullus omnino sit in tetum natura physicus immediatusque contactus. Unde sic argumentari licet. Tanquam universalis nature lex admitti non debet attractio, si corpuscula aliqua, immo omnia secundum aliquos philosophos, vim repulsivam demonstrant; atqui &c. Ergo &c.

Resp. Nego maj. Vis attractiva negari non potest ab illis etiam philosophis, qui in omnibus corporum particulis vim repulsivam admittunt. Certissimum quidem est sese repellere minimas quorundam corporum particulis, quidquid sit vis illa expulsiva; sed

repulsio præcedentem attractionem non excludit; immo ex vi attractiva origine habere repulsionem affirmant nonnulli, quod deinde fusius explicabimus ubi sermo erit de corporum elasticitate, & de luminis reflexione. Cæterum nos quoque vis repulsivæ nomine utemur, sed effectum duntaxat, non vero causam aliquam significantes. Etenim quæcunque sit repulsionis causa, vis hujus actionem ad calculum revocare & estimare licet, quoad utilitatem totæ perinde se habet. Neque repulsio quidquam obstatre potest iis quæ antea demonstravimus, attractionem nempe, cæteris partibus, contactus magnitudini proportionalem esse; ibi enim sermonem habuimus de corporibus quorum partes cohærent, non vero de corporibus elasticis, quorum partes sese fugiunt atque repellunt. Tandein contactus hic a nobis intelligitor qualis in corporum cohærentium partibus observatur, neque de contactu physico & immediato quidquam pronuntiare volumus. Certum quidem est, ubi de primis causis, corporum principiis agitur, multas fieri posse hypotheses quæ validis rationibus difficile refelluntur. Itaque hanc primam nobis esse volumus philosophandi regulam, in causarum universalium investigatione nostram fateri ignorantiam, judiciumque cohibere.

# APPENDIX

*De quibusdam capitis præcedentis utilitatibus,*

I. **A**Dversus impiissimam veterum Atomistarum doctrinam invicti roboris argumenta ex præcedenti capite deduci possunt. Materialiam æternam effutiebant Atomistæ, non tamen æternum materiæ ordinem admittebant. Stultissime delirabant præsentem materiæ dispositionem ex fortuito atomorum sive corpusculorum concursu originem habuisse, eamdein dispositionem casu quoque conservari, contrario tandem casu finem habituram. Hinc patet veteres Atomistas puros putosque atheos fuisse; quia autem etiamnum hodie non defunt nequissimi stultissimique homines, quos hæc absurdissima deliria recoquere non pudet, ex præcedentibus demonstrationibus hos invicti refellere officii nostri partes esse existimamus. Et i quidem sic ratiocinari solent:

Finitus corpusculorum numerus finitum duntaxat combinationum numerum admittit. At per totam infinitam æternitatem extitisse debuerunt combinationes numero infinite. Quare si in fortuita atomorum agitacione omnia se æqualiter haberint, ut in longa casuum fortuitarum serie contingit, evidens est combinationem quamvis determinatam infinites reddituram, ac proinde infinites major est probabilitas hanc præsentem combinationem reddituram, quam non reddituram: en absurdissimam Atomista-

Jacq. Physica Pars I. E rum

rum argumentationem. At imprimis in eo turpiter errant quod putant esse aliquid re vera fortuitum; nihil fortuito & puro casu contingere demonstravimus in institutionibus metaphysicis; sed præterea hujus ratione natiuitatis absurditatem facile ostendemus. Et quidem falsissimum est finito terminorum numero contineri numerum combinationum finitum, si de Mundi constitutione sermo habeatur. Finitus quidem est combinacionum numerus, & *combinationis* nomine intelligatur tantum ordo quidam, quo ali i termini aliis succedunt, & se se inutuo excipiunt. Ita si omnes litteræ, quæ Virgilii poema componunt versentur temere in fac co aliquo, tum extrahantur & ordinentur omnes litteræ, aliæ post alias, atque ejusmodi operatio repetatur in infinitum, evi dens est infinites reddituram combinationem Virgilianam. Verum in Mundi constitutione res houge aliter se habet. Etenim planetæ circa solem certa lege in determinatis orbis revolvuntur; spatum in quo planetæ aliquique caelestes globi suas periodos absol vunt in longum latum & profundum qua querit patet. Porro rectæ in uno piano sunt infinitæ, plana in spatio sunt infinita, & pro recta quavis in quovis piano infinita sunt curvarum genera, ac proinde & infinitis plures sunt curvæ, quæ per datum punctorum numerum non transeunt. Præterea infinitis modis variari potest lex attractionis: pro quavis materiæ particula infinitus est dispositorum numerus; quare pro ipsis materiæ particulis haberetur numerus combinationum infinitus per ipsum particu larum

Iarum numerum multiplicatus. Itaque in Mundi constitutione finitus non est casuum diversorum numerus, sed infinitus & quidem ordinis altissimi. Inde ergo fit evidens in immenso isto combinationum numero infinites plures esse combinationes inordinatas, quæ exhibeant incertum chaos corpusculorumque temere volitantium massam, quam quæ exhibeant Mundum ordinatum & certis constantem legibus. Quamobrem nisi sit aliquis qui ex omnibus æque per se possibilibus combinationibus unam ex ordinatis eligat, infinites probabilius est obuentram combinationum seriem inordinatam, minime vero eam, quam certius & admiramus; atque ad vincendam hanc improbabilitatem infinitam requiritur infinita vis supremi conditoris, qui unicam seriem ordinatam inter alias infinitas feligat atque determinet.

Nec est quod objiciatur etiam hominem qui statuam aliquam effingit, finita intelligendi vi eligere unicam formam inter infinitas possibles. Nam statuarius illam unicam formam non eligit, sed modo admodum confuso quamdam determinat figuram, quæ unica oritur ex naturæ legibus & ex Mundi constitutione, quam naturæ opifex infinitus vi infinita determinavit; per hanc scilicet determinationem ab humana voluntaris actu oriuntur certi motus in brachiis, & ab his motus instrumentorum.

Sed nec dici potest hunc ipsum ordinem necessarium esse & æternum, ac per se subsistere, ita ut casus quilibet sequens determinetur a precedente, & a lege virium

intrinseca atque omnino necessaria. Et quidem, quis sibi serio persuadeat has folas virium leges, quas in praecedenti capite explicavimus fuisse possibles & necessarias, ut numerum corpora sese attrahant tanta potius attractione quam alia? Nulla sane inter distantiam & attractionis speciem ita necessaria est connexio, ut alia quavis esse non potuerit. Præterea cur hæc potius in rerum natura existat materiæ quantitas quam alia, nulla sane ratio esse potest, nisi arbitrium entis potentia infinita prædicta? nemo sane mentis sibi facile persuadebit in determinata quadam materiæ massa haberi necessitatem existentiaz potius quam in alia quavis.

Tandem licet materiæ talis fingatur natura ut habeat necessariam sibiique essentialem vim inertiae & virium legem, itaut status quilibet datus a praecedenti determinari debeat, eadem nihilominus manet contra Atomistas demonstrationis vis. Etenim status ille, qui habetur tempore quolibet dato nec a se ipso, nec a materia, nec ab ullo ente materiali tum existente suam habet determinationem ad existendum, sed determinationem illam accepit a statu praecedenti. Porro status praecedens non potest sequentem determininare, nisi quarenus ipse determinate existit; ipse autem nullam quoque in se habet determinationem ad existendum, sed illam accipit a praecedente. Quod de secundo praecedente statu diximus, dicendum de tertio qui determinationem debet accipere a quarto, atque codem modo progrediendo in infinitum, orietur infinita

igit̄a series statuum in quorum singulis ha-  
bemus merum nihil, relate scilicet ad de-  
terminatam existentiam postremi status. Sum-  
ma autem nihilorum utcunq; numero infi-  
nitorum est nihil; jam dia enim constitit  
merum esse paralogismum, infinitorum ni-  
hilorum summam finitam alicui quantitati  
æqualem esse.

Ex his ergo id evidenter colligitur ens  
series ipsi extrinsecum, quod hanc seriem  
elegit p̄ se series aliis infinitis, infinitam  
habere determinationem & vim electivam,  
quæ unam illam ex infinitis eligat. Cogni-  
tionem habere debuit & sapientiam ut hanc  
seriem ordinatam p̄ se inordinatis adhibue-  
ria. Si enim sine cognitione & electione  
egisset, infinites probabilius foret ab illo  
determinationem fuisse aliquam seriem inordi-  
natam, quam unam ex ordinatis; cum ni-  
mitum ratio inordinatarum ad ordinatas sit  
infinita. Igitur ex ipsis quoque Atomista-  
rum principiis manifestum fit, infinitam es-  
se probabilitatem procognitione, sapientia,  
ac libera electione, quæ quidem probabi-  
litas infinita omni modam certitudinem in-  
ducit, ac proinde Atomistas propriis ar-  
nis impugnavimus. Hec autem quæ brevius  
demonstrata sunt jungi debent iis quæ in  
metaphysica de fato & necessitate fuse tra-  
stabimus.

II. Ex mirabili minimarum partium stru-  
cta, magnitudine, vi attractiva magis  
ac magis elucent divina bonitas illius-  
que sapientia infinita. Pauca exempla hie  
considerare & admirari satis erit. Calor  
et solis ratefiunt aquæ particulae, e mari  
E 2 ad.

ad superiorem aeris regionem sub forma vaporum evanescunt; nec unquam consistunt vapores donec ad aerem ejusdem gravitatis perveniant, tumque subsidunt nubesque componunt, & mille figuræ induant. Mox exdem particulae frigoris vi aliisve causis condensantur, & in minus spatium coactæ formam priorem amittunt, & in terram pluviam, nivis, grandinis instar relabuntur. Maxima pluvia pars per fluvios ad mare deducitur, iterum in vapores abitura; pars vero aliqua terræ se immiscet & ibi deposita arborum herbarumque radices & semina ingreditur, e quibus in alias corporum species assurgit. Diversa corpora componit eadem pluvialis aqua prout diversa ingreditur rerum semina, quedam scilicet transit in plantas, quedam in gramina, aliqua in flores, aliqua in quercas, ornos, fagos & alias quamplurimas arborum & plantatum species. Ecquis ergo non admirabitur divinam Providentiam, quæ sapientia & bonitate infinita ad hominum commoda minimarum particularum structuram composuit atque ordinavit; sed idem exemplum rursum persequamur. Plantæ omnes ex innumeris heterogeneis constant partibus, sic in lino E. G. alia est forma radicis, alia caulis, alia tenuitum fibrarum, alia florum. Rursus consideremus ipsam vel unius caulis utilitatem miramque varietatem. Caulis membranam separant lini artifices, & postquam in ille tractaverunt modis, fibras in oblonga contorquent fila, quæ deinde in se convoluta, glomerorum species referunt. Fila hæc varie se inter connexunt.

Eunt & texunt linteones & arte sua telas ex illis componunt, quæ vestimenta hominibus præbent. Hæc denique annis obsoleta, in linteola redacta aquæ immittuntur, maleis ligneis in molleum quasi pulpam subiguntur, quæ tandem exsiccato humore aqueo in papirum transmutatur, quæ si igni immittatur, partim in tenuissimum pulverem, partim in fumum evanescit. En quantum ex mutato partium situ, ex mutata illarum vi attractiva, rerum & effectuum varietatem!

Sed universæ naturæ, pro varia cœli temperie, mutationem variamque dispositionem breviter percurramus. Cum terræ partes singulæ situm suum respectu solis continuo mutant, ejusdemque radios nunc magis nunc minus obliquos, nunc breviore nunc diuturniore tempore excipient, universa fere rerum natura novam faciem per vices inducit. Autumno exarescunt segetes & fructus maturescunt; virideim amœniamque faciem paulatim deponunt campi & decidunt arboribus folia, mox ingruente hyeme frigent & horrent omnia, nix tegit alta montes cuius onere depressa laborant silvæ, ipsæ maris aquæ stabiles & firmæ redduntur, quodque prius fuit navibus tantum penetrabile, nunc exercitus & castra getit. Iterum mutato telluris folisque respectu diffugiunt nives, redeunt gramina campis & sua arboribus folia, nec stabulis jam gaudet equus, nec arator igne, sed nova prorsus & lata appetet rerum facies & annus per æstatem ad autumnum revertitur.

Quamvis ex sola minimarum particularum

mutatione, figura, magnitudine, vi attractiva oriri certissimum sit infinitam effectuum varietatem, pro ea tamen, quam nobis praescripsimus philosophica timiditate atque ingenuitate, afferere non audeamus materiam omnem ita homogeneam esse ut ex diverso duntaxat minimarum partium situ repetenda sit specifica corporum differentia. Hanc questionem deinde revoquabimus variisque philosophorum opiniones expendemus, ubi sermo erit de corporum natura. Interim ingenue fatendum est nobis innoscere duntaxat corporum superficiem, ipsiusque, ut ita dicam, coricem, intimam vero texturam atque naturam nos omnino latere. In hac autem nostra ignorantia iterum elucet divina bonitas, quae humanam superbiam reprimere voluit, eas tantum permittens cognitiones, quae ad vitæ necessitates & utilitates conducere possunt.

III. Longius esset referre utilissima experimenta quæ in praesenti argumento sumiserunt celeberrimi physici: unum afferre fatis erit quod in publicam utilitatem maxime redundare potest. Accuratissimis experimentis compertum est eam esse salis maritini & salis tartari saluberrimam indolem, ut sulphureos vapores alioisque perniciosissimos halitus plurimos potentissime attrahant atque absorbeant, cuius quidem virtutis in pericolosis occasionibus nonnullis utilitas maxima esse potest. Artifices aliqui, ut plumbatii fusores, noxias trahant materias e quibus pernicioseissima erumpunt serpula, si autem hanc adhibeant diligentiam ut pannum salinum aliquam solutione

madidum ori naribusque admoveant, vaporum periculum declinare poterunt. Eadem de causa factum est ut adversus pestiferos habitus tanquam optimum antidotum credere soleat acetum album. Hac salium proprietate admodum salutari ad minuendum satem praesens periculum uti possent, qui in fodiinis aliisque infectis locis non sine vita discrimine labori manum dare coguntur. Sed de hac re legenda sunt, quae refert clarissimus Hales in extenso opere cui titulus est: *Statica vegetabilium*. Hac pauca dicta sint ad demonstrandam praecedentis capitulis utilitatem. Minimarum particularum vim attractivam ad explicanda artis chymicæ phænomena transferunt magni quidecum viri; verum quamvis hac doctrina nonnullis experimentis feliciter satisfacere videoatur, ea tamen abutuntur physici qui singulas operationes chymicas per attractionis vel repulsionis nomen clare explicasse confidunt; illi autem merum effectum, nullam vero effectus causam proferunt.

## C A P U T   I I I .

*De gravitate constanti.*

**Q**UAMVIS in praecedenti capite demonstrata fuerit gravitatis celestis atque terrestris lex communis, quæ nempe decrescat in ratione duplicata distantiarum a centro, observavimus tamen ita exiguae esse distantias in quibus experimenta habere licet, si conferantur cum integra telluris semidiametro, ut nulla in gravitate terre-

stri variatio experimentis vel observationibus conspicua esse possit. Præterea corpora omnia, quæcumque sit illorum natura, figura, magnitudo, sublata aeris resistentia, ut sit in vacuo boyliano, æqualibus temporibus æqualiter descendunt, ac proinde vis gravitatis æqualibus temporibus æqualiter agit. Itaque gravitatem terrestrem licet ipsa variabilem, tanquam constantem & uniformem usurpant physici, nosque hanc gravitatem in præsenti capite considerabimus. Tria autem potissimum expendemus. 1 Præcipuas gravitatis affectiones explicabimus. 2 Gravitatis causam investigabimus. 3 Tandem centri gravitatis doctrinam expemus.

## ARTICULUS I.

*De gravitatis terrestris affectionibus precipuis.*

I. **G**RAVITATIS nomine hic generatim intellecta ligitur vis illa, qua corpora ad terram tendunt. Porro confundi non debet gravitas cum ipso corporum pondere; gravitas enim est vis, quæ singulas materiæ particulas deorsum urget: pondus autem est ipsa gravitatis quantitas in unoquoque corpore, seu est ipsa gravitatum summa, vel aggregatum. Pondera quantitatibus materiæ proportionalia esse ex ipsa gravitatis natura facile colligitur. Etenim cum vis gravitatis sit constans & in singulas æquales materiæ particulas æqualibus temporibus æqualiter agat, seu æquales ictus imprimat, erit numerus ictuum ut particularum æqua-

lium

lum numerus. Praeterea cum corpora omnia per lineas ad sensum parallelas recta descendere obseruentur, patet gravitatis directiones esse parallelas; ideoque gravitatis ictus in eamdem directionem consipient. Igitur gravitas tota erit ut numerus ictuum; hoc est, ut quantitas materiarum; nam quo plures sunt aequales materiarum particulae, eo plures erunt ictus. Quare pondera sunt quantitatibus materiarum proportionalia; evidens autem est demonstrationem valere in quolibet corporum genere, quaecunque sit illorum figura, textura, natura; cum gravitas ex his corporum conditionibus nequaquam pendeat.

Ex his autem facile intelligitur experimentum, quod vix in animum sibi induceri possunt viri rerum physicarum imperitae & sensum prejudiciis assueti. In longioris tubi parte superiori suspenduntur duo pondera utcunque inaequalia, E. G. gravissimum aurum & levissima pluma: facto deinde, ut moris est, vacuo ope machinae pneumaticae, corpora illa eodem tempore puncto demissa, eodem omnino tempore descendunt & aequalibus temporibus aequalia spatia percurrent. Experimenti ratio statim patet; & quidem corpora duo divisa intelligentur in particulas aequales innumeras, vis gravitatis in particulas illas aequales, aequalibus temporibus aequaliter agit, ac proinde singulæ particulae aequalibus temporibus aequaliter descendunt. Id vero declaratur exemplo hominum eadem velocitate currentium; sive enim conjunctis, sive sejunctis manibus currant, eodem tempore ad-

propositum scopum pervenient. Pariter ratione sive corporum particulae seorsim descendant, sive majus minusve corpus atque aggregatum componant, eodem plane tempore debent descendere. Quod ergo corpora inaequali velocitate per aerem descendant, id tribuendum est aeris resistentiæ; sed hujus inaequalitatis causam deinde fusius explicabimus, ubi de medii resistentia sermo erit.

II. Gravitatem hactenus consideravimus in eodem terræ loco; verum quamvis gravitas in eadem regione sit conitans, vitam tamen centrifuga in remotioribus terræ locis eam pluriimum immutari certissimum est, quod qua ratione detectum fuerit atque confirmatum enarrabimus. Superioris facili anno 72 Kayennam insulam Äquatori proximam profectus est dominus Richerus ad astronomicas observationes ineundas a regia Parisiensi academia misitus: secum derulerat horologium quod Parisiis cum cœlestibus motibus accurate conspirabat. Eo exhibito, deprehendit multo lentiorem ejus motum, ita ut singulis diebus per bina minuta cum dimidio ab integræ diei mensura deficeret. Rem miratus quam nec ab aliqua machinæ mutatione nec ab alia ejusmodi causa videbat oriri posse, illud conjecit vim minorem esse versus æquatoriem, quam Parisiis, unde fieret ut pendulum lentius vibrationes suas perficeret & horologium ipsum retardaret. Ut autem certius constare posset an res ita se haberet, accuratissime inquisivit in longitudinem penduli quot singulis minutis secundis horariis singulas oscillationes

absolveret & ejus longitudinem æri incidit, ut eadem observatione in Galliam regressus iterata, utramque mensuram conferre posset. Constat enim pari gravitatis vi longiora pendula lentius oscillationes suas peragere, breviora citius; pari longitudine penduli & diversa vi gravitatis ea pendula lentius moveri, quæ minori aguntur vi; si autem bina pendula eadem tempore oscillationes suas peragant, quæ idcirco *isochronæ* appellantur, inæqualem vero habeant longitudinem; illud quod longius est gravitate majori urgetur. Hæc quidem omnia pendent ex pendularum doctrina quam deinde explicabimus; interim vero evidens est vim majorem esse, qua sit ut pendulum eodem tempore per maiores arcus excurrat. Nec Richeri spem fecellit eventus; regressus enim Parisios ita breviorem penduli isochroni mensuram invenit, ut is quidem de inæqualitate gravitatis in diversis terræ locis dubitare omnino non posset.

Rei novitas universam perculit litterariam Rempublicam atque commovit mirum in modum, multis sub initium renuentibus; aliis observationum vitio phænomenum tribuentibus, aliis vi caloris durissima quæque metallia dilatantis; nec defuerunt, qui observationibus per Europam institutis gravitatem ubique æqualem se invenisse affirmarent, cum nimirum iis methodis, quæcum in usu erant minus perfectæ & perpolitæ, exiguum discrimen in tam exiguae locorum intervallis nequaquam deprehendere potuerint. Hinc observationes multo accuratiores in plurimis & admodum diffitis.

ter-

terre locis fuerunt institutæ; hinc Academici Parisienses Regis iussu & liberalitate versus polum borealem, & versus æquatoriem expeditionem litteratiam suscepérunt, atque tandem summa observationum consensu certa definitum habenuſ gravitatis vim ab æquatore ad polos augeri perperuo. Nos quoque hic Romæ in hortis Regii SS. Trinitatis cœnobii longitudinem penduli ad minuta secunda oscillantis investigavimus. Neque in hac observatione ullam passi sumus desiderari diligentiam; observatio per plures dies instituta est in loco nullis curruum tremosibus agitato; adhibuimus pendula duo quorum unum a celeberrimo artifice Londinensi Grahame elaboratum est. Utebamur etiam mensura bipedali Londinensi accuratissima, factaque observationum comparatione, res eadem propriis experimentis innotuit. Verum quod spectat hujus variationis legem ad præsentem locum non pertinet, tota res cum figura telluris aliisque difficultioribus nondum explicatis physicæ principiis conjuncta est. Eo loci ponimus vim gravitatis constantem & per rectas paralellas tendentem; quod quidem facere licet, cum in hoc capite gravitatem consideremus in eodem terra loco, vel in locis a se non multum dissitis. Sed hæc doctrina, quam minus accurate nunc considerare fatis est, majori deinde subtilitate & diligentia explicari debet, ubi de pendulis & telluris figura tractabimus.

III. Neque tamen hic omnino prætermittendum est quod de hujus variationis causa afferti solet. Vi imaginandi nobis emine-

ga-

gamus globum aliquem, qui circa. suum axis convertatur. Partes illæ quæ proximæ sunt polis per quos axis ipse traducitur, eodem tempore peragunt giros admodum exiguos, qui quidem eo magis crescunt, quo magis a polis receditur; ita ut omnium maximus sit qui ab utroque polo æque distat, & in eo globi motu ~~equator~~ appellatur. Hinc ibi vis centrifuga omnium maxima esse debet, atque eo gradatim decrevit magis quo magis acceditur ad polos; quod quidem demonstratum est ubi sermone habuimus de vi centrifuga. Rem igitur ad tellurem transtulerunt; posito ejus diurno motu considerarunt vim centrifugam sub æquatore maximam esse debere, prope polos minimam, in polis nullam. Illud præterea notarunt, vim centrifugam sub æquatore dirigi ad partes centro telluris oppositas, quod ipsius æquatoris est centrum, in reliquis autem locis dirigi ad partes oppositas illi axis punto, quod est circuli descripti centrum, quod quidem centrum eo remotius est a centro terræ quo magis circulus ille ab æquatore recedit, ac proinde cum vis gravitatis ubique dirigatur versus terræ medium, observarunt ipsam vim centrifugam sub æquatore magis etiam directe gravitati opponi, quam versus polos. Ex dictis pater duplicem considerari posse gravitatem, unam scilicet quam *primitivam* vocant nulla vi centrifuga turbatam, haecque gravitas sub polis duntaxat. habetur, altera autem est gravitas *variabilis* vel *actualis* pro varia scilicet a polis distantia. Neque huic gravitatis variationi ob.

obstat, quod nullam in corporum pondere inaequalitatem deprehendere liceat; ejusdem corporis idem pondus tum hic Romar, tum in America per bilances experimur. Etenim pondus examinandum comparamus cum alio pondere quod in Americanam translatum aequem mutatur, ita ut eadem maneat ponderum relatio, ac proinde corpus, quod hic inventum est libræ unius, debet & in America unius libræ pondus demonstrare. Re quidem vera si possemus perfecte nosse vim quam nos hic in sustinendo pondere exercemus & ejusdem vis meminisse ubi pondus in remotam regionem transfertur, liceret ex ea vi aestimare auctam vel imminutam gravitatis vim. At nostri conatus nobis omnino ignoti sunt, vix crassiorem quamdam comparationem sensationum ope instituimus, subtiliora discrimina nequam percipimus, atque etiam ipsæ vires nostræ mutantur in horas.

IV. Gravia esse corpora omnia jam apud cultiores philosophos compertum est. Et quidem pondus demonstrat corpora omnia in quibus experimenta sumere licet, ne his quidem demptis corporibus quæ a vulgo imperito levissima creduntur. Ita fumus qui in aere sursum ascendit, facto vacuo Boyleiano, deorsum relabitur proprio scilicet pondere. Quod ergo fumus per aerem sursum elevatur id tribuendum est majori aeris gravitati, qua sit ut aer majori conatur tendat deorsum ac proinde fumum propellat sursum. Itaque nulla est vera corporum levitas, sed *relativa* duntaxat & *apparens*. Quare distinguenda est gravitas in *absolutam*

&c. sc.

& relativam. Gravitas absoluta est tota vis illa qua corpora tendunt deorsum: Gravitas autem specifica est ratio gravitatis absolutæ corporis unius ad gravitatem absolutam corporis alterius sub eodem volumine, sive quod idem est, gravitas specifica est ratio ponderis corporis unius ad pondus corporis alterius, eodem manente volumine. *Volumen* vel etiam *m̄les* dicitur totum spatiū extima corporis superficie comprehensum, si-  
ve includat spatiola vacua; sive heteroge-  
neas etiam particulas. Ex idea massæ &  
voluminis oritur idea *densitatis*. Densitas eo  
major dicitur quo major est corporis massa  
seu quantitas materiæ sub eodem volumi-  
ne; si vero eadem maneat quantitas mate-  
riæ, mutetur autem volumen, quo minus  
est volumen, eo major dicitur densitas; ac  
proinde densitas est ut massa directe &  
volumen inverse. Quare si massa dicatur M,

M

volumen V, densitas D, erit  $D = \frac{M}{V}$ , ac

V

proinde etiam  $M = DV$ . Quia vero gravi-  
tas specifica est ratio quantitatis materiæ  
seu ponderis ad volumen, eodem manente  
volumine, evidens est gravitates specificas  
esse, ut densitates. Contraria ratione eo  
rarius dici solet corpus, quo minorem sub  
eodem volumine continet materiæ quanti-  
tatem, ac proinde raritas est in ratione in-  
versa densitatis. Igitur ad corporum rati-  
tatem facile transferuntur præcedentes for-  
mulæ. Jam vero quamvis ob minorem spe-  
cificam gravitatem nullum pondus aliquan-  
do ostendere videantur corpora, probe ra-  
tionem.

men meminisse oportet levitatem illam relativam esse duntaxat; sed hæc omnia in meliori lumine collocabimus ubi fluidorum doctrinam exponemus. Cæterum quamvis dicamus corporum gravitatem experimentis compertam esse, id tamen dictum nolumus de subtilissimis quibusdam corporibus, igne, E. G. & flamma; horum enim corporum tantillum est pondus, ut nulla experimentorum subtilitate innoscere potuerit, quidquid affirment Philosophi quidam suis experti neatis plus æquo confisi. Sed totam rem deinde ad examen revocabimus ubi ignis proprietates considerabimus.

## ARTICULUS II.

### *De causa gravitatis.*

I. **M**irantur imperiti homines a philosophis tanto studio quæsitus esse cur gravia descendant, hancque statim in promptu ratione in adesse respondent quod nempe non sustineantur. Verum quod ita facile & obvium creditur, ut imperitorum huminum mos est, summos viros in varias tractit sententias & adhuc sub judice lis est, De gravitatis causa quatuor circumferuntur philosophorum opiniones. Peripatetici existimant gravitatem esse vim quandam vel qualitatem realem corporibus omnibus intrinsecam a Deo ipsis impressam, ita ut quemadmodum corpora per extensionem locum occupant, per impenetrabilitatem se se mutuo ab eodem loco excludunt, sic quoque per gravitatem ad locum insunum sive

tel-

telluris centrum ferantur. Newtoniani gravitatem omnibus omnino corporibus inditam ac impressam esse constituant, ita ut non modo ignis & aer, quos Peripatetici leves existimant, sed ipsa quoque tenuissima ætheris substantia, quæ gravitatis expers a Cartesianis effingitur, gravitatem aliquam habere debeat, ac nulla proinde levitas positiva in rerum natura reperiatur. Atque ista quidem evidenter adeo nitideque experimentis demonstrantur, ut dubitari non possit gravitatem hanc, vel, ut vocant Newtoniani, viam centripetam corporibus omnibus inesse. At undenam centripeta vis illa singulis corporibus imprimatur, id nobis haec tenus occultum atque inexploratum esse Newtonus ingenue fatetur, variasque causas enumerat ex quibus eadem vis centripeta velut origine pendere possit. At Newtonus non *physice* gravitatis originem scrutatur, sed *mathematicice* tantum gravitatis effectus, leges, atque phænomena exponere aggreditur. Itaque a definienda gravitatis origine prudenter abstinuit, & quamvis illam ab attractione oriri dixerit, in variis tamen locis profitetur, si physice res exploraretur, ab impulsione originem habere posse. At eximiam sapientissimi viri modestiam haud semper simulati sunt qui Newtoni doctrinam exponunt; etenim attractionem ipsam velut physicam explorataisque gravitatis causam ita ingerunt, ut eam in dubium vocari minime patientur. Neque tamen putandum est philosophos illos occultas Peripateticorum qualitates obtrudere voluisse. Peripatetici attractionem considerabant velut

*entia*

ensitatem aut qualitatem certis quibusdam corporibus inherentem, quas quidem qualitates ex specificis corporum formis oriiri aiebant; forma autem nomine in veteri philosophia nihil obscurius esse potest. Porro nullam talem entitatem aut qualitatem fingunt recentiores Newtoniani, sed attractionem admittunt velut universalem naturae legem a supremo rerum omnium Auctore constitutam, vel etiam ut corporum omnium proprietatem habent; que quidem opinio a Scholasticorum qualitatibus longe differt. Castendus existimat particulas, atomos, sive corpuscula plurima quaquaversum velut radios e terrae gremio diffundi, que corpuscula cum fere uncinata & hamata intelligi possint, ubi in corpus aliquod incurvant illi maxime adhaerent; hinc fit ut terrestres particulae cum corporis ejusdem particulis acutissime deviciantur, illudque secum in terram abripiant eo prorsus modo, quo tenuissimæ quædam particulae ex magnetis substantia predeuentes, ubi ad ferrum pervenerint illique fuerint implicitæ, ferrum ipsum magnetem referunt. Vix refelli merentur hac in re Peripateticorum & Gassendistarum figmenta. Quid sint qualitates occultæ neque explicant illarum defensiones, neque ipsi videntur intelligere; recentioris philosophiae lumine jam dissipatae sunt illæ qualitatum occultarum tenebrae. Neque firmiori fundamento innituntur uncinata atque occulta Gassendistarum corpuscula; nihil enim admitti jubet cultior physica, nisi quod experimenta atque observationes certo existere demonstrant. Deinde

causam assignare poterunt Gassendistæ cur uncinata illa corpuscula e tellure exeant, ad diversas altitudines rapiantur, & tandem relabantur. Talia certe commenta difficultatem non explicant, immo non parum augent. Quid sentiendum sit de Newtonianorum sententia ex hujus articuli progressu manifestum fiet.

Ultima tandem superest Cartesianorum hypothesis magno doctrinæ apparatu imunita. Materiam quamdam subtilissimam comminiscuntur Cartesiani, hanc ponunt circa terram vorticis motu agitari ipsamque terram circa axem revolvi, quo sit ut eadem materia vim centrifugam acquirat, & corpora terrestria versus terram perpellat, nempe secundum directionem vis centrifugæ directioni contrariam. Id autem illustrant exemplo fluidorum, quæ corpora sibi demersa si minorem habeant gravitatem specificam, sursum evehunt; ita etiam vorticis materia, corpora quæ non tanta pollent vicentrifuga deorsum trudere debet. His explicatis sit:

### C O N C L U S I O .

*A vortice cartesiano repeti non potest gravitatis causa, neque ab ullo impellente fluido, quod easdem cum fluidis cognitis proprietates habeat.*

Probatur prima Pars. i Ex hac hypothesis sequeretur vim centrifugam vorticis ipsa vi centrifuga corporis multo majorem esse, vel materiam subtilem ipso corpore esse

se multo densiorem. Etenim gravitas corporis fluido Cartesiano immersi, æqualis foret virium centrifugorum, vorticis scilicet & corporis differentiaz per suas respective massas multiplicataæ; si nempe gravitas corporis immersi dicatur  $G$ , vis centrifuga materiae subtilis cuius locum occupat dicatur  $V$ . massa  $m$ , vis centrifuga corporis  $U$ , massa  $m$ , erit  $G = V + M - U + m$ , evidens enim est virium illarum differentia corpus pellendum esse, ac proinde  $V + M$  major esse debet  $U + m$ , ideoque vel  $V$  major est quam  $U$ , vel  $M$  major quam  $m$ ; sed utrumque repugnat. Primum quidem; etenim vis centrifuga corporis ex rotationis velocitate circa terram oritur, hæc autem velocitas telluris velocitati proxime æqualis est. Itaque in primo casu multo majorem fore oporteret vorticis velocitatem ipsa velocitate telluris; hinc secundum rotationis terrestris directionem ab occidente scilicet ad orientem perpetuus ille que vehementissimus sentiretur ventus. Neque minus repugnat casus alter, majorem scilicet esse vorticis, quam materiae terrestris densitatem; hujus enim densissimæ materiae resistantiam aliquam experiemur, tum sursum deorsum, tum deorum sursum. At experimentis compertum est totam, quam experimur resistantiam aeri tribuendam esse, eamque nullam esse in vacuo boyliano in quo corpora omnia æquali velocitate descendunt. Absurdissimum ergo est fingere tantam in materia vorticis densitatem, quod quidem ultro targiuntur Cartesiani. Quare in primo casu paulo diutius immorabitur

mur

Ponamus vorticis circumterrestris veloci-  
tatem eamdem esse quam proxime cum ve-  
locitate telluris. Jam ob datam diurnam  
telluris velocitatem, 24 horarum spatio,  
dabitur quoque ipsa vorticis velocitas. Pra-  
terea ex observationibus geographicis nota  
est semidiameter terrestris, ac proinde &  
ipsa maximi terrestris circuli peripheria,  
datur ergo vorticis circumferentia. His au-  
tem datis, meminisse oportet vim centri-  
fugam corporis in circulo revolventis tem-  
pore minuti unius secundi esse ut quadra-  
tum arcus eodem tempore descripti per dia-  
metrum divisi. Ille autem arcus facile in-  
venitur per notissimam regulam trium, si  
dicatur: Tempus totum viginti quatuor ho-  
tarum est ad integrum vorticis five maximi  
terrestris circulis circumferentiam, ut tem-  
pus minuti unius secundi ad arcum eodem  
tempore percursum; hujus arcus quadratum  
dividatur per vorticis five telluris dia-  
metrum, habebitur vis centrifuga, illa scili-  
cket lineola perpendicularis, quæ contine-  
tur inter tangentem & arcum minuti unius  
secundi tempore descriptum; tali scilicet  
vi centrifuga corpus aliquod per lineolam  
prædictam minuti unius secundi tempore de-  
scenderet. Si ex his principiis calculus inea-  
tur, invenietur spatum tempore minuti  
unius secundi a corpore vi centrifuga vor-  
ticis agitato percurrentem, non excedere  
pedem dimidium; igitur gravia vi centri-  
fuga vorticis Cartesiani prope terram tem-  
pore minuti unius secundi non ultra dimi-  
diuum

dium pedem descenderent; at hoc ipso tempore pedes quindecim percurrunt, ut notum est experimentis. Ergo gravitatis phænomenis non satisfaceret Cartesiana hypothesis.

Ur hujus demonstrationis vim effugiant Cartesiani, fingunt vorticis celeritatem telluris vertigine esse multo majorem. Et te quidem ipsa, velocitatis decies septies majoris hypothesi facta, initioque ut jam exposuimus calculo, prodit lineola quæ vim centrifugam exhibet pedum quindecimi, ut postulant gravitatis phænomena. Verum explicandis deinde motuum legibus repugnat hæc major velocitas; vortex enim velocior in ipsam terram transferret aliquam velocitatis suæ partem, donec tellus & vortex communi velocitate moverentur; hanc tamen concedamus hypothesim & quid ex ea sequatur expendamus. Quicumque animo paululum attento rem perpenderit facile assentietur effici non posse ut materia subtilis ipsaque tellus tanta ferantur velocitatum differentia, nisi prominentia quæque corpora in telluris superficie, veluti arbores, ædes, turres abripiantur atque subvertantur. Quis, quæso, hominum erectus stare super terra vel ad punctum temporis posset, capite decies septies velocius pedibus versus orientalem plagam translato?

Præterea experientia quotidiana compertum est gravia in sublime jacta cleorsum recta tendere, idemque soli terreni punctum, cui ad perpendicularium projecta respondent, relapsa attingere; at in prædicta hypothesi, longe aliter se haberent experimenta. Cor-

pus omne quo altius in atmosphera translatum foret, eo longius in ortum recideret & a perpendiculo longissime aberraret. At nulla in quolibet corporum terrestrium statu deprehenditur experimentorum differentia, omnia perinde se habent ac si terra, quam inhabitamus, plane quiesceret. Nec aliquis dicat subtilissimum aetherem dum ab occasu in ortum girat, corporum crassiorum potos rotationi suæ obvios pervadere sive perpendiculari eorum casui non obsistere. Quoniam enim modo corpora versus communis vorticis centrum materia illa depellere? Cum eorumdem gravium potos secundum vis centrifugæ directionem patefactos nihil eidem materia intercludat. His demonstratis, jam concludere licet: Rejici omnino debet hypothesis illa, quæ certissimis repugnat gravitatis phænomenis; atqui &c. Ergo.

II. In hypothesis Cartesiana per circulos æquatori parallelos defertur vorticis materia, ac proinde vites centrifugas secundum lineas in horum circulorum planis semper jacentes agere oportet; descenderent ergo corpora omnia in eorumdem circulorum planis & perpendiculariter ad axem, non ad ipsam telluris superficiem tenderent, quod quidem falsum esse demonstrant experientia; in circulis enim æquatori parallelis per lineas obliquas gravia descenderent, quod est contra experientiam. Hanc demonstrationem experimento ita representare solent physici. Sphæra vitrea aquam ex parte continet, aquæ innatant corpuscula plurima; machina hoc modo comparata circa

axeum velocissime convertitur; id vero observare licebit, corpuscula non centrum petere, sed disponi secundum axis longitudinem. Experimentum illud Cartesianam hypothesism satis apte representare videtur. Sphæra circumacta ipsam telluris vertiginem exhibit, corpuscula autem aqua immersa vires gerunt corporum terrestrium quæ vorticis materiæ innatant in predicta hypothesis; idem proinde facere deberent corpora terrestria quod in corpusculis illis observamus, nempe ad axem telluris tenderent. Itaque tum ratiocinatione tum experientia facile refellitur Cartesiana vorticis hypothesis.

Probatur secunda pars. Si gravia subtilis materiæ vi deorsum quovis modo pellantur, vis qua descendunt corpora erit ut numerus particularum fluidarum quibus simul agentibus versus terram truduntur; sed numerus particularum est ut corporis superficies, quod est evidens; quare vis qua corpus deorsum premitur erit ut ejusdem superficies, non ut ipsa quantitas materiæ, quod quidem experientia repugnare jam antea demonstravimus. Et quidem in hac hypothesis corpora qualibet sub eodem volumine eamdem habent gravitatem specificam ob æqualem fluidi actionem; ita æquale pondus haberent pes cubicus auri, & pes cubicus suberi. Præterea ob eamdem rationem, seclusa aeris resistentia, descendentium corporum velocitas sub eodem volumine foret in ratione reciproca massarum; si enim eadem vis maneat, velocitates se habent in ratione inversa quantitatum materiæ, ut jam demonstratum est. At corpora omnia aquali velocitate in va-

cuo boyliano descendunt, ac proinde gravitas agit in ratione masse, non autem voluminis. Hæc demonstratio quamlibet fluidi prementis hypothesim evercit, nisi reponant Cartesiani, quod quidem faciunt recentiores hujus hypotheseos reformatores, fluidum illud, quod gravitatis causa est, a nostris fluidis longe diversissimum, alias proprietates habere, & secundum alias plane leges age; sed ita philosophari, nugari omnino est. Tali enim philosophandi modo jam ineptissima quæque hypotheseon commenta in philosophiam invehere licet & de universa physica actum est. In hac conclusione de gravitate terrestri duntaxat sermonem habemus; quæ enim ad gravitatem cælestem pertinent, explicato systemate planetario convenientius tractabuntur. Proprio etiam loco differemus de causa attractionis quæ inter minimas vident corporum particulas, ubi phænomena ad hanc aliam attractionis speciem referenda exponemus.

Objicies contra primam partem. Gravia ad telluris centrum non ad axem tendere ex Cartesiana hypothesi intelligitur; nec contrarium probat allata inter probationes demonstratio. Re quidem vera si fingatur particula materiæ revolvens in circulo cuius radius GB, (Fig. 7.) hujus materiæ vis centrifuga secundum tadium GB, dirigitur; accurate quidem se habet demonstratio, si circulus solitarius spectatur. At si circulus ipsaque revolvens materia in vortice sphærico cuius partes sint considerentur, jam radius GB ideoque & vis centrifuga in puncto B, oblique se habet respectu tangentis BR; quare

directio obliqua BG resolvi debet in BC, quæ transit per centrum & ad tangentem BR perpendicularis est. Hæc vis centrifugæ resolutionis patet ex demonstratis de virium compositione & resolutione. Igitur vi centrifuga vorticis non pellentur gravia versus G, sed versus vorticis centrum C. His demonstratis sic argumentari licet . . . Gravissima omnium difficultas quæ objici solet hæc est, quod neque gravia ad centrum telluris non tenderent, atqui huic objectioni satisfactum est, Ergo &c.

Resp. translat major, nego min. Mirum sane est quod accuratissimæ demonstrationis vim tali responsione eludere tentaverint scriptores aliqui rerum physicarum non omnino imperiti. Et quidem si virium resolutionem instituete velimus, vis centrifuga GB, non in solam vim per CB resolvitur, sed simul in vim tangentialem per BR. His autem duabus viribus conjunctis per BC, BR, corpus describer diagonalem BG. Propositam objectionem absurdam omnino esse experientia confirmat. Si enim vas MAD liquore plenum, corpus aliquod in B minus grave specificè contineat, corpus illud verticaliter ascendet per BG, non autem per BC, quod tamen fieri oporteret si valeret objectio.

Instabis. Fingi potest vortex dupli motu simul agitatus circa axes duos, quam quidem hypothesis faciam legimus a clarissimo Bulfintero in dissertatione de causa gravitatis, quæ ab Academia Regia Parisiensi anno 1728 præmio condecorata fuit. Hac posita vorticeis dupli vertigine, jam fieri ait vir prælaudatus ut fluidi particulae circulos maximos singulæ describant; itaque vis centrifugæ

fugæ directio in quolibet puncto jacobit in circuli maximi plano, ac proinde vi centrifuga corpus pelleatur ad commune circulorum maximorum centrum, hoc est, ad centrum vorticis.

Resp. Nego ant. Fictitia omnino est & male compacta Bulfingeri hypothesis. Vix in praedictam dissertationem oculos conjectram, cum statim cognovi curvam hoc duplii motu describendam ad illud pertinere curvarum sublimiorum genus, quas duplicis curvaturæ appellant geometrai; idem problema litteris communicavi cum clarissimo viro Petro Martinio Neapoli astronomiæ professore, nonnullaque ad hanc rem spectantia demonstravi; talem vero inveneram quæsitæ curvæ figuram ut numeri arithmeticæ 8 notam referat. Proposuerat Bulfingerus machinam quamdam cuius ope ad experientiam problema posset revocari, sed hanc nondum perfectam affirmat, cum tempus instaret transmittenda. Parisios dissertationis quam transmisit experimento nondum facta. Talis autem est machinæ structura; globus vitreus circa axem perpendicularem & simul circa axem horizontalem eodem tempore convertitur, qui quidem duplex motus facile obtineri potest. Globi superficies macula aliqua facile conspicua notatur, ejusdemque maculæ motus observatur. Curavi talem machinam executioni mandari, sibiisque experimento instituto maculæ viam attentis oculis persecutus, eam curvam observavi, quam geometria mihi iam terro demonstraverat.

Objicies contra secundam partem. Extant

Newtoni litteræ ad Boyleum datæ in quibus ætheris cuiusdam subtilissimi hypothesim hunc in modum constituit. Ponit Newtonus ætherem formari ex particulis per gradus indefinitos mole diversissimis, fingit deinde in corporum poris minus ætheris crassioris latere quam in spatiis liberis, ideoque in telluris globo multo minorem contineri ætheris crassioris quantitatē, quam in aeris regione superiori. Ponit deinde ætherem crassiorem in aere ad regionem telluris superiorem tendere, subtiliorem vero ætherem in terra tendere ad partes aeris inferiores, ita ut a parte superiori atmospheræ usque ad telluris superficiem, & a telluri superficie usque ad centrum, æther per gradus perpetuū fiat subtilior. Fingamus jam corpus aliquod in aere suspensum aut in ipsa telluris superficie positum, ætheris particulæ in superioribus corporis partibus crassiores sunt particulis ætheris, quæ in inferioribus corporis partibus continentur (ex hypothesi). Præterea æther crassior cum sit poris minus accommodatus quam æther inferior atque subtilior, descendere debet æther crassior & locum subtiliori ætheri inferiori cedere; id vero fieri non potest nisi corpus spatium ab æthere relictum occupet, ideoque corpus descendet. Hæc est hypothesis Newtoniana quam fere de verbo ad verbū ex prædicta epistola latine reddidimus; eamdem hypothesis plurimis aliis in locis indicavit Newtonus. Tandem aliæ fangi possent hypotheses. Quid enim veras quantum aliud quoddam invehamus fluidum, quod

diversissimas a fluidis cognitis proprietates habeat, secundum alias omnino leges agat, quod nullam aut fere nullam resistentiam præbeat, quod vi inertie, vi gravitatis careat, sit tamen gravitatis causa? unde sic concludendum: Admitti possunt hypotheses philosophicæ, quarum falsitas demonstrari non potest. Atqui &c. Ergo.

Resp. Nego inaj. Tanquam vanissimam repudiamus illa philosophiam, quæ meritis innititur conjecturis, atque hypotheses communibus naturæ legibus contrarias longe rejicimus. In memoriam revocentur, quæ de philosophandi regulis & hypothesiœ usu præscripsimus. Descripta hypothesis non satis digna videtur celeberrimum auctore suo, qui tantam in philosophando severitatem atque diligentiam adhibuit. Et certe nullam gravitatis rationem reddit hæc hypothesis, huic enim commentatio ætheri tribuit gravitatem cujus proinde alia supereft afferenda causa. Igitur non sine fundamento credunt Newtoniani magistrum sumi in proponenda hac hypothesis usum fuisse quadam philosophicæ prudentia, & receptis vulgaribus philosophorum opinionibus parcere voluisse. Tandem philosophicam Newtoni modestiam nos imitari naquaquam pronuntiamus nullam esse extrinsecam & ab aliquo fluido oriundam gravitatis causam, id unum affirmamus, ex vorticibus Cartesianis eam repetendam non esse, neque ex ullo fluido, quod easdem cum fluidis cognitis proprietates habeat. Et quidem si fluidum illud grave sit, iterum de causa gravitatis reddit quæstio. Si

idem fluidum agat in corporum superficiem vel in interiores corporum particulas, secundum vulgares fluidorum leges corporibus imprimere non potest talis motus quantitatem, quæ sit accurate ut quantitas materiae. Tandem fluidum illud ita subtile foret ut corporum etiam durissimorum substantiam penetraret, neque corporum motibus resistentiam præberet, vi tamen maxima in se mutuo corpora impelleret. Hæ quidem proprietates communibus fluidorum proprietatibus omnino repugnant, easque nobis ignotas esse fatemur. Quæ cum ita sint, facile concedimus gravitatem esse qualitatem occultam, dummodo hoc nomine nihil aliud intelligatur nisi ignota effectus alicujus causa. Valde autem probabile est Aristotelem nullam aliam huic vocabulo tribuisse significationem, eamque ab illius sectatoribus fuisse corruptam & pro arbitrio varie explicatam vel potius obscuratam.

### ARTICULUS III.

#### *De centro gravitatis.*

I. **C**UM ab ipsa gravitate ortum habuerint centri gravitatis doctrina & nomen, rerum ordo postulat ut argumentum illud hic data occasione pertractemus. *Centrum gravitatis* est punctum ex quo corpus utsunque suspensum manet in æquilibrio, nulla parte præponderante. Quare si centri gravitatis motus omnis impediatur, immotus manere necessarium est omnes corporis

ris partes, ac proinde totum corporis pondus in ipso gravitatis centro collectum singi potest, & loco ponderis ipsum gravitatis centrum substituere licet. Itaque patet centrum gravitatis hoc modo definitum idem esse cum *centro aequilibrii*: quare utrumque vocabulum indiscriminatum usurpabimus. Non solum in corpore unico, sed in quolibet corporum numero, seu ut vocant, systemate considerari potest centrum gravitatis. Si virgine rigidam atque inflexibilem fingamus omni pondere & inertia defitutam, ipsaque suspendatur e puncto medio, & ad æquales hinc inde a medio suspensionis puncto distantias annexantur bini globi æqualis ponderis, ipsi in æquilibrio manent & neuter alterum vincere potest; quod evidens est, cum omnia hinc & inde sunt paria, nullaque proinde sit ratio cur unum alteri prævaleat. Si ex altera parte addatur pondus quantumvis exiguum, tolletur æquilibrium, & pars illa descendet, ascendentem alteram. Si distantia a puncto suspensionis non sit eadem, bina corpora æqualia non manent in æquilibrio; immo fieri potest ut id quod gravius est, sed puncto suspensionis proprius, cogatur ascendere, atque haec est regula generalis æquilibrii; habetur nimirum æquilibrium, si distantiae a puncto suspensionis sint ponderibus appensis reciprocè proportionales, ita ut tanto minor sit distantia quanto pondus majus est.

Hæc autem lex æquilibrii facili ratiocinatione ita intelligi potest. Si quedam vis requiritur ad movendum corpus aliquod per datum spatium dato tempore, evidens est

requiri vim duplam ad movendum idem corpus per spatium duplum eodem dato tempore ; item requiritur vis tripla ad movendum corpus per spatium triplum & ita deinceps . Quare & illud manifestum est si nempe quædam vis potest vim aliam contra propriam illius directionem agere per datum aliquod spatium dato tempore ; ad eamdem vim ita agendam per duplum , triplum , dimidium spatium requiritur vis dupla , tripla , dimidia . Jam vero in virga prædicta si ponendum sit ex parte alterutra pondus , quod pondus aliud ex parte altera constitutum in eadem distantia sublevare debeat , ipso nonribil majus esse oportet , ut ostendimus . Si autem corpus attollendum sit in dupla , tripla , dimidia distantia , attollendum erit per duplum , triplum , dimidium circuli arcum ; illa enim pondera circa punctum suspensionis similes describunt circulorum arcus , qui proinde sunt ut radii , sive ut distantiae a centro motus . Quare requiritur dupla , tripla , dimidia vis &c. ac proinde si pondus eo sit minus , quo distantia major est in eadem ratione , neutra pars vincere potest , sed pondera in æquilibrio manere necessum est . Hoc ergo est principium æquilibrii ; distantiae scilicet a centro motus sunt in ratione reciproca ponderum sive massarum , sunt enim pondera massis proportionalia . Fungi autem possent infinitas gravitatis hypotheses , in quibus pondera non forent massis proportionalia ; tuncque centrum masse per quod nempe traducto utcunque plano corpus divideretur in massas æquales , idem non foret cum centro

tra gravitatis. Verum tales hypotheses geometris considerandas relinquimus; physicis gravitatem constantem quallem in machinarum viribus aliisque experimentis sese manifestat, contemplari satis fit.

II. Praecedens doctrina ad machinarum quarumlibet vires aestimandas maxime vallet. In quavis machina binæ utcunque vires inter se ponuntur connexæ, quarum quædem unam appellare solent *potentiam*, alteram vero *resistentiam*. Ubi autem vires quæcunque ad machinam transferuntur, non solum attendi debet ipsa potentia *absoluta* sine ullo scilicet machinæ adjumento, sed etiam *velocitas*, qua moveri inciperent vires secundum propriam directionem, si vincerent, vel contra directionem propriam, si vincerentur. Jam vero in casu æquilibrii, vires sunt in ratione reciproca distantiarum a centro motus, vel quod idem est, reciproce ut spatia eodem minimo tempore percurrenda, aut etiam ut velocitates *initiales* reciproce. Quare si vires absolutæ opposite multiplicentur per suas a centro motus distantias, vel per spatia iisdem temporibus describenda, erunt producta illa hinc & inde æqualia, in casu æquilibrii. Productura ex potentia in distantiam a centro motus vocatur *momentum potentiae*, productum vero ex resistentia in suam a centro motus distantiam dicitur *momentum resistentiae*. Hic vero recordari oportet saepius inculcatam virium definitionem; nempe virium nomine nihil aliud intelligimus nisi motum quemdam dato tempore genitum, ac proinde æquilibrii nomine nihil aliud intelligi volumus nisi motum æ-

173

qualem eodem tempore in partes contrarias producendum; unde patet æquilibrii notio-  
nem & demonstrationem nulli ambiguitati aut exceptioni obnoxiam esse posse. Eam-  
dem vero demonstrationem manere evidens  
est, si vires quotlibet ad machinam adhi-  
beantur; collectis nempe vitium omnium  
momentis, si summa omnium, quæ machi-  
nam in unam partem nituntur convertere,  
inveniatur æqualis momentorum summæ in  
partem oppositam, habebitur æquilibrium.  
Si autem altera summa sit major, hæc vin-  
cet, machinamque movebit. Sed hæc om-  
nia simpliciorum machinarum exemplis il-  
lustrabimus.

In statera quæ *Romana* dicitur, pondus  
mobile excurrat per virgam ferream in par-  
tes æquales divisam, adscriptis numeris,  
qui libras librarumque partes designant.  
Quo magis pondus removetur a puncto su-  
sensionis quod *hypomochlium* dicunt, eo  
majus pondus ex adversa parte in constanti  
quadam distantia suspensum requiritur ad  
servandum æquilibrium. In statera *vulgari*  
æquales sunt a puncto suspensionis distantiæ.  
Evidens autem est utriusque stateræ ope  
æstimari posse corporum pondera. In *vecle*  
generaliter, sive fulcrum immobile cui ve-  
ctis innititur sit inter vim & resistentiam,  
quæ dirigantur ad partes oppositas, sive ful-  
crum jaceat ultra vim & resistentiam quæ  
in eadem directione agant, quo remotior  
erit vis ab ipso fulcro, eo majus erit ejus  
momentum, ideoque quo magis removeimus  
manum a fulcro, eo facilius pondus suble-  
vamus. In *cuneis* augetur momentum, si lon-

giōres sint & tenuiores; nimirum si minor  
et angulus qui corpus frangendum vel divi-  
dendum penetret. Nam si minor est angu-  
lus, eo majus erit spatium quo cuneus pro-  
movetur a vi ipsum impellente, & minus  
erit spatium quo a se invicem discedunt  
partes *laterales*, quae cunei progressum im-  
pedire nituntur. Quoniam autem angulus  
quem efficiunt binæ lineæ curvæ ubi se  
contingunt, est in immensum minor quam  
angulus quem efficit recta cum alia recta,  
ut constat ex ipsis geometriæ elementis,  
idcirco unguis & rostris incurvatae & mul-  
to magis novaculae utrinque introrsum ex-  
cavatae tam facile penetrant. In *Cochlea*  
dum manus ingentem peragit girum, axis  
per unicam Spiram promovetur. Hinc mo-  
mentum eo majus quo Spira tenuior, &  
circulus quem manus peragit eo amplior.  
In machina quam dicunt *axem in peritrochio*,  
vestibus oblongis horizontaliter infixis cy-  
lindrus convertitur, cui interea dum ad-  
volvitur funis ponderi trahendo vel attol-  
lendo adversus, pondus ipsum promovetur  
in singulis revolutionibus quanta est cylin-  
dri circumferentia, vis autem vestibus il-  
lis applicata movetur per totam circuli cir-  
cumferentiam, cuius radius est ipsa vestis  
longitudo. Alteram tandem subjungimus  
machinam, *trochlears* scilicet, quæ si fixæ  
fuerint vim non augent; at si ita fuerint  
conunctæ ut aliæ sint immobiles, mobiles  
aliæ, jam vis in immensum augeri potest.  
Dum enim manus removetur a proxima tro-  
chlea, tantum ipsa movetur quantum funis  
eduçitur, & tantumdem contrahitur summa  
fa-

funium omnium a trochlea ad trochteam aliam tendentium; ideoque singula funia interessa, quæ tot sunt quot trochlearæ, eo minus contrahuntur quo major est trochlearum numerus, & eo minus trochlearæ mobiles ad immotas accedunt, ideoque pondus eo minore spatio promovetur. Præcedentes machinas nulla subjecta figura explicavimus, nemo enim est qui machinas illas oculis frequenter non usurpaverit, visu autem multo facilius quam auditu percipiuntur.

Nunc vero breviter explicandum quid valent machinæ, seu quanta utilitate adhiberi possint. Demonstratum est in casu æquilibrii esse  $MV = mv$ , ubi  $M$ , in de-

notant pondera qualibet,  $V$ ,  $v$  velocitates. Jam vero si spatia dicantur  $S$ ,  $s$ , tem-

$$\text{S} \quad s \\ \text{p} \text{ora } T, t, \text{ erit } V = \frac{s}{T}, v = \frac{s}{t}, \text{ ideo-} \\ \text{ms} \quad \text{MS} \quad T \quad t \\ \text{que } \frac{s}{T} = \frac{MS}{t}, \text{ vel ms} \leq \text{MS}, \text{ cum in ma-} \\ t \quad T$$

chinarum actione tempora sint æqualia. Eo itaque reducitur machinæ cuiuslibet actio, ut potentia  $m$ , quæ tempore unius horæ exempli gratia describere potest spatiū  $s$ , pondus  $M$  per spatiū  $S$  sublevare valeat. His positis, si  $m$  exhibeat pondus exiguum,  $M$  vero massam valde magnam, evidens est productio  $ms$ , representari non posse momentum valde magnum, nisi spatiū  $S$  eo minus sit respectu  $s$ , quo maius est pondus  $M$  respectu potentiarum  $m$ . Quare si  $s$  representet spatiū valde magnum, oportet ut tempus in eadem ratione maius sit; cum necessario determinatum sit spatiū da-

to aliquo tempore unius horæ percurrentum. Hinc ergo colligitur in machina quilibet etiam perfectissima compendium virium necessario conjunctum esse cum temporis & spatii dispendio. Quare minime credendum est imperitis, ut non raro contingit, hominibus qui ingentia pondera brevissimo tempore ad magnam altitudinem attollere pollicentur.

III. In æstimandis viribus, ipsa virium directio considerari omnino debet. Sit (Fig. 8.) C in vete KL, centrum motus, sintque A, B vires duæ quæ agant secundum directiones KA, LB. Ex centro motus ducantur CM, CN perpendiculares ad directiones virium in M & N; ponatur CM minor quam CN, & ex centro C, intervallo CN describatur circulus NHD rectæ KA occurrentis in D. Vis absoluta A representetur per DA; hæc resolvi debet in vim DG secundum directionem CD, & in vim DF perpendicularem ad CD, completo scilicet parallelogrammo AFDG. Jam vis DG agens secundum directionem CD, a centro scilicet circuli vel rotæ DHN versus circumferentiam, nihil valet ad convertendam rotam circa C; sola vis DF quam relativam appellant hunc effectum producere potest, ac proinde vis absoluta est ad vim relativam ut DA ad DF. Præterea vis B tendens ad partem contrariam considerari potest applicata in N vel L: vis enim eadem manet in quocunque directionis suæ puncto constitutatur; pondera enim eadem manent in variis a terra distantiis, ac proinde & vires quæ ponderibus æquivalent. Jam si vis B

æqua-

æqualis ponatur vi respectivæ DF, erant conatus æquales & oppositi, ac proinde in æquilibrio ob distantias CD, CN æquales, erit ergo in casu æquilibrii vis relativa per DF ad vim absolutam per DA ut DF ad DA, ut B ad A, atque ob triangula AFD, DMC similia erit  $B : A \equiv DF : DA \equiv CM : CD \equiv CM : CN$ . Hanc ergo generalem demonstravimus pro qualibet virium directione æquilibrii legem, nempe vires esse in ratione reciproca perpendicularium, quæ ex centro motus ad respectivas virium directiones ducuntur.

IV. Ad demonstrandam æquilibrii legem, virgam inflexibilem, gravitate & inertia carentem qualis nulla existit in rerum natura, fingunt physici. Igitur in æstimandis ponderibus, gravitatis ratio habenda est. Id vero stateræ Romanæ exemplo declarare non abs re emit. In hac machina considerentur brachia duo inæqualia, quorum nota sint pondera, jam brachiorum pondera in suo gravitatis centro respectivæ collecta fangi possunt, ac proinde momentum brachii utriusque erit ut productum ex pondere in distantiam centri gravitatis a puncto suspensionis respectivæ, eritque momentorum differentia excessus ponderis, qui proinde auferri debet ut justum pondus habeatur. Quia vero brachia sunt homogenea, centrum gravitatis in brachiorum medio constitutum est: sunt autem tota inter se ut medietates; quare pondus uniuscujusque brachii ducatur in suam a centro suspensionis distantiam, momentorum differentia erit ipsum pondus subtrahendum. Ex his patet state-

ram Romanam ob brachiorum inæquali-  
tem minus accuraram exhibere posse  
mensuram: ~~fraus autem maxime~~ potest si  
potest si brachia non fuerint homogenea.  
Hinc statera vulgarem ob brachia equalia  
in commercii usu adhibere præstat; et au-  
tem statera illa fraude aliqua peccaverit,  
facile detegitur dolus, perrrutatis pointi  
bus; ex demonstratis enim facile intelligi-  
tur nullum in statera dolum latere, si in  
utroque casu maneat ponderum æqualitas.  
At statera Romana ad examen hæc facile  
revocari potest, quod quidem machinae hu-  
ius vitium est maximum.

V. In omnibus machinis aliud est incom-  
modum omnino inevitabile, mutuus nempe  
partium attritus. Nulla enim machina mo-  
veri potest nisi partes aliae super alias in-  
cedant atque labantur. Nulla autem est su-  
perficies etiam eximie lœvigata, quæ plu-  
rius non emineat asperitatibus, & ut ita  
dicam, monticulis, quod quidem demonstrant  
observationes microscopicæ. Illæ ve-  
ro asperitates sine resistentia, sine difficultate  
aliqua superari non possunt. Igitur quæ  
haec tenus demonstravimus de machinarum vi-  
tibus, dicta volumus duntaxat in hypothesi  
quod omnia abessent impedimenta, quæ  
profecto efficiunt ut ad movendum pondus  
major potentia requiratur quam quæ ex  
precedenti doctrina definitur. At quo magis  
impedimenta de medio tolles, eo propius  
experimenta ad demonstrationes physicas ac-  
cedent.

Resistentiam ex mutuo partium attritu  
oriundam variis experimentis estimare ten-



tarunt diligentissimi physici, sed irrito, ut nobis videtur, conatu. Alii resistentiam illam ex ipsa superficieum magnitudine computandam esse existimarunt, alii ex corporum pondere, alii tandem ex ipsa velocitate; at mihi facile persuadeo ex his tribus conditionibus pendere mutuum partium attritum. Et quidem quo major est superficies, eo plures occurrunt superandæ asperitates. Præterea quo majus est corporis pondus, eo altius corporis unius asperitates alterius corporis cavitatibus inferuntur. Tandem quo major est velocitas, eo plura dato aliquo tempore superanda occurrunt impedimenta. At præter conditions illas maxime etiam considerari debet ipsa superficieum natura, prominentium scilicet partitioni asperitas, numerus, textura, durities, aliasque plurimæ qualitates nullo experimento latis accurate definiendæ, atque hinc fit ut varia experimenta varias praæbeant resistentiarum mensuras. Tandem in æstimanda resistentia considerari etiam debet vectis longitudo quam tamen prætermittere solent plerique physici, perperam quidem. Etenim mutuus partium attritus corporis motum destruit ac retardat non secus ac faceret potentia quæ ad partes directioni motus contrarias ageret, ac proinde ad æstimandam resistentiam satis non est resistentiaz absolute rationem habere, sed vectis longitudo attendi etiam deberet. Exemplo sit trochlea circa axem mobilis, cuius ope pondera attolli solent; resistentia ex mutuo partium attritu oriunda est mutuus axis trocheæ & cavitatum quas ingreditur attritus;

qua-

quare resistentia illa eo breviori vectis brachio applicatur respectu potentiae trochleam moventis, quo minor est axis diameter respectu diametri trochlea, atque hinc sit ut multo minor sit trochlea circa axem mobilis resistentia. Inde etiam intelligitur trochlearum rotarumque majorum commoditas. Ex hac enus explicatis derivari possunt in daris casibus utilissima sane artificia ad minuendam mutui attritus resistentiam; sed rem fusius persequi non est hujus loci.

VII. Ex centri gravitatis doctrina non solum pendent machinarum vires, sed alia quoque phænomena plurima, quorum pauca proponere satis erit. Si ex centro gravitatis corporis aliquis ducta intelligatur recta ad horizontem perpendicularis, hæc vocatur *linea directionis*. Porro linea illa vel cadit intra basim, vel extra ipsam excurrit; quare cum in ipso gravitatis centro totum corporis pondus locatum singi possit, patet in primo casu nullum esse ruinæ periculum, si nempe linea directionis intra basim cadat, sustinetur enim corpus: contra autem linea directionis extra basim excurrente corpus labi & præceps ruere necessum est, nisi ipsæ obstatet partium tenacitas. Mirum ergo non est quod turres Pisana & Bononiensis licet maxime inclinatae, firmæ tamen & stabiles consistant. Hinc naturali quadam mechanica corpus retrosum infleunt imperiti quoque homines, si per locum declivem descendant; contra autem si ascendant, corpus antcorsum incurvant, ut nempe linea directionis in basim retrahatur. Hinc homines ambulantes singulo

paf-

postu a dextra ad sinistram, & viceversa, corpus convertunt. Hinc homines pingues & obesi situm rectum affectare solent. Eadem de causa bajuli qui pondus alterutra manu gestant, manum alteram in partem oppositam extendunt. Tandein eodem artificio funambuli se in omnes partes pro necessitate contorquent, & longiori pertica utuntur quam hinc & inde verfant maxima industria, ut linea directionis extra angustissimam funem non excurrat.

VII. Centri gravitatis inveniendi rationem formula algebraica exhibere solent geometræ; nobis vero qui rerum facilitati maxime studemus centrum gravitatis in corpore quocumque mechanice invenire satis erit. Corpus aliquod filo suspendatur, volvetur converteturque corpus illud, donec filum ad terræ superficiem perpendiculariter dirigatur, centrum gravitatis erit in hac perpendiculari, nempe in linea directionis, quod quidem evidens est ex gravitatis directione & ex ipsa centri gravitatis natura. Jam atramento vel colore aliquo facile conspicuo in ipsa corporis superficie notetur linea quam perpendiculari filum feceris: rursus ex alio punto suspendatur corpus inverteturque corporis situs, & pari modo linea perpendiculari signetur, communis duarum linearum intersectioni imminebit centrum gravitatis; jam vero si per communem linearum intersectionem, intra corporis cavitatem ducta intelligatur perpendicularis, haec transibit per centrum gravitatis, & designabit rectam, secundum quam corpus sustineri vel suspensi debet ut maneat.

neat in æquilibrio. Res eadem facilius præstari potest adhibita tabula horizontali probe levigata; promoveatur nempe corpus quantum fieri potest versus marginem tabulæ, ita ut tamen non cadat; notetur in ipsa corporis superficie linea quæ est communis intersectio superficie & tabulæ. Deinde iterum invertatur corporis situs, promoveaturque ut ante, habebuntur communis intersectiones duæ, nempe secundum longitudinem & latitudinem, quarum communis intersectioni intra ipsum corpus subjacebit centrum gravitatis. Cætera sicut habent, ut ante. Cæterum evidens est in corporibus homogeneis, quæ nempe in partes æquales & similes dividiri possunt, centrum gravitatis idem esse cum puncto corporis medio, quod *centrum figure* vel *magnitudinis* solet appellari.

Dato gravitatis centro in quolibet corporum numero, commune gravitatis centrum omnium, ex antea demonstratis facile invenitur. Si bina fuerint corpora quæcumque, centrum commune gravitatis erit in recta jungente utrumque gravitatis centrum; in medio si fuerint aequalia, si vero inæqualia, ita proprius erit centrum commune gravitatis massæ majoris centro, ut distan-  
tiae sint ipsis massis reciproce proportionales, ex demonstratis. Si corpora sint tria, conjunto gravitatis centro communi binorum corporum cum centro tertii, divisaque recta jungente in ratione reciproca massæ minoris ad summam massarum, punctum hoc modo inventum erit centrum commune quæsumum. Eadem ratione progredi licet ad mas-

fas

sas quascunque : hæc autem omnia facile deducuntur ex demonstrato æquilibrii principio , si nempe consideretur corporis pondus , tanquam coactum in centro gravitatis , atque eadem ratione evidens est centrum gravitatis esse unicum ; fingamus enim aliud esse punctum , jam quia totum corporis pondus in centro gravitatis adunatum fingi potest , corpus suspensum extra gravitatis centrum , quantum fieri potest descendere debet , nec potest quiescere donec ad punctum infimum pervenerit . At proprietatem illam punctis duobus convenire repugnat . Itaque si corpora quotlibet inter se quomodocumque connexa e centro gravitatis commun. suspendantur , totum corporum sistema in æquilibrio manere necessum est . Hæc pauca dicta sint de centro gravitatis , non quidem pro rei dignitate , sed quantum possulare videtur harumce institutionum ratio .

## APPENDIX.

*De quibusdam capitinis precedentis utilitatibus .*

1. **Q**uod gravitatis doctrinam spectat , illius utilitas satis manifesta fiet ex dicendis deinde , ubi scilicet motus ex gravitate oriundos explicabimus . Interim vero observare satis sit ex variis philosophorum hypothesibus de causa gravitatis & ex ipsius rei difficultate omnino evinci , in physica sua esse & quidem abditissima ar- cana , quæ nulla humani ingenii vis referente potest . Si autem in rebus limitatis a Deo crea-

creatibus insuperabiles persæpe occurrant difficultates, quod quidem a nemine suæ tenuitatis & ignorantie concio negari potest, qua fronte Creatorem infinitum, & sanctissima Religionis mysteria curiosius scrutari atque penetrare tentant superbia impiissimorum hominum ingenia, qui id omne respuunt & velut a ratione alienum fastidiose traducunt, quod suo imbecilli quidem ingenio non possunt comprehendere? Itaque apud religiosos probosque philosophos ea semper obtinere debet præstantissima & unica philosophandi ratio, quæ fundatur in experimentis & observationibus; hæc vero si ad physicam mechanicamque causam non semper nos ducat, ad causam infinitam, Deum conditorem & Dominum nos certissime perducit. Hic est fructus philosophiæ uberrimus, naturæ majestatem proprius intueri, naturæ Auctorem impensus colere & venerari, illique soli servire. His autem pietatis & religionis ergo præmissis, jam inter innumeratas capitum præcedentis utilitates, paucas feligamus.

Ad explicandos animalium motus maxime valet præcedentis capituli doctrina, quam quidem utilitatem fatis demonstravit *Joannes Alfonsus Borellus* in eximio opere cui titulus est: *De motibus animalium*. Paucis exemplis rem declarare fatis erit. Fingatur brachium horizontaliter extensum, extremisque digitis alligatum intelligatur pondus viginti octo librarum, quod quidem onus ab homine satis robusto in hoc situ sustineri posse experientia comprobatum est. Tale pondus sustinetur vi musculi cuius extremitas

superior annexa est capiti rotundo ossis humeri; altera autem extremitas capiti rotundo ossis cubiti alligatur. Jam cubitus cum manu extensa circa centrum articulationis in osse cubiti revolvi potest, notum præterea est ex diligentiori anatomie distantiam musculi a centro articulationis esse ad ponderis ab eodem centro distantiam ut 1 ad 20. Quare ut habeatur momentum musculi, multiplicari debet pondus absolutum nempe 28 librarum per 20, distantiam scilicet a centro motus, efficiturque productum 560 librarum, tanta nempe est vis musculi ut libris 560 aequivaleat, ob superandam vetus longitudinem; id vero ex demonstratis facile intelligitur. Simili ratione ad calculum revocari possunt in alio quolibet casu muscularum vires, dummodo per anatomen data sit distantia a centro motus, & per experientiam superata resistentia innorescat. Porro hic obiter observanda est admirabilis plane muscularum dispositio; musculi scilicet ossibus alligantur in minori a centro motus distantia, ita ut potentiam musculi multo majorem esse oporteat. Quamvis autem animalibus orta inde videri possit aliqua virium jaetura, in hac tamen structura omnipotentem Creatoris manum plane mirari debemus; si enim potentia longius distaret a centro motus, jam ob maiorem articulationis distantiam non solum deformis atque molesta foret muscularum animaliumque figura, sed etiam ad motum minus idonea, suaque mole ac crassitie animalia laborarent.

II. Ad firmitatem ædificiorum aestimandam

dam eadem principia transferri possunt. Fingatur trabes duæ similes cylindricæ vel prismaticæ ABDE, FGHK (Fig. 9.) immo-  
to immobili IL infixæ, divisæ intelligentur  
AB, FG æqualiter in C, M. Jam illarum  
pondæ fangi poterunt collecta in punctis  
C, M centro gravitatis directe oppositis.  
Facilitatis ergo ponatur AB = 2 FG, erit  
pondus trabis ABDE octuplo majus ponde-  
re trabis FGHK; sunt enim trabes illæ ut  
pote similes in ratione triplicata laterum  
homologorum, ex elementis Geometriæ.  
Quare cum pondus trabis ABDE locatum  
fingatur in C, sitque AC duplo major di-  
stantia FM, erit momentum totum ad rum-  
pendam trabem in punto A, decies sexies  
majus momento trabis alterius. Jam con-  
ferantur vires, quæ trabes illas integras  
muroque infixas servare conantur. Sit ARE  
trabis majoris sectio, & FSK minoris. Di-  
vidantur AE, FK æqualiter in P, Q; erit  
in qualibet sectione fibrarum longitudinalium  
numerus, ut sunt sectiones ipsæ, ac proinde  
ut quadratum rectæ AE, ad quadratum  
rectæ FK, (ex elementis geometriæ,)  
nempe ut 4 ad 1, ideoque etiam cohæsio  
quæ est ut fibrarum numerus erit in eadem  
ratione; sed cohæsio illa considerari potest  
ut vis resistens, cuius proinde resistentiæ  
ut habeatur momentum, hæc collecta poni  
debet in centro gravitatis P, Q; ideoque  
cum sit AP = 2 FQ, erit in prima trabe  
momentum resistentiæ octuplo majus. At mo-  
mentum vis, quæ trabem majorem in pun-  
cto A rumpere & a muro avellere conatur,  
est decies sexies majus. Unde evidens est

vires quæ ad trabes rumpendas tendunt, crescere in ratione quadruplicata longitudinum; vires autem oppositas, adhesionis nempe, crescere tantum in ratione triplicata. Hinc trabes majores, servata licet partium proportione, rumpuntur facilius; immo tanta esse posset illarum longitudo ut proprio pondere fractæ necessario ruerent. Merito igitur concludit Galilæus ædificium aliquod firmum stare posse, quod proculdubio rueret, in formam justo ampliorem redactum, manente licet partium proportione; quod quidem in arte architectonica utilitate non vacat.

Ex eodem principio infert celeberrimus auctor suos esse in operibus naturæ & artis limites, quos ultra consistere eadem opera minime valerent. Ita si arbores nimio donarentur volumine, gravitate sua oppresi ramæ facile rumperentur. Simili ratione crassiora animalia vim non habent, quæ illorum magnitudini respondeat; atque hinc si aliqua forent terrestria animalia multo majora iis, quæ novimus, vix organicos motus exequi possent, suaque mole fatiscent perpetuisque obnoxia essent periculis. Ex hac doctrina concludere audent intemperanticres quidam critici nullos unquam extitisse homines, qui justam vulgaremque hominum magnitudinem multum excederent. Nec scriptores illos hac in re valde moratur sacrae Scripturæ auctoritas; ajent enim nominibus hebræis *Nephilim* & *Gibborim*, quæ in primigenio textu leguntur & in *vulgata* nostra *Gigantum* nomine redduntur, significari etiam posse scelestos homines suisque

flagitiis non minus, quam staturæ magnitudine famosos. Quod autem referuntur Deut. 3 de lecto Og, qui novem cubitos habebat longitudinis & quatuor latitudinis, de sola lecto. Eti magnitudine iidem auctores intelligunt, eamque serunt apud orientales populos consuetudinem ut amplissimos lectos ad pompam ornarent & in tali ornamento fastum tollerarent. Verum quidquid sit de hebraicorum nominum ambiguitate, eam omnino dirimit Vulgatae versionis & 70 Interpretum auctoritas, nullumque dubitandi locum relinquit gigantis Goliath altitudo, quæ lib. 1 Reg. describitur *sex cubitorum & palmi*. Itaque ex dictis hoc unum colligere licet, præter consuetas naturæ leges conformatos fuisse enormes gigantes & singulari virium proportione donatos, quod quidem exemplo suo confirmant aliqui inustatæ staturæ homines qui his nostris temporibus per urbes vagantur suæque magnitudinis beneficio vivitum queritant. Tales autem homines, si cum antiquis gigantibus conferantur, velut nani & pumilioes haberi debent, sua tamen magnitudine quasi opprimi & laborare obseruantur. Necessaria ergo fuit antiquis gigantibus insolita & præter naturæ humanae ordinem virium propotio; præsertim si verum sit quod de gigantibus illis legitur, aliquos scilicet longe ultra vulgarem hominum etatem & per multa sœcula vixisse. Idem dicendum de gigantibus, quos etiamnum hodie magno numero extare narrant viatores nonnulli, quibus tamen facilius & nisi dicto fides constiterit, credendum non est.

III. Ad principia in præcedenti capit:

explicata pertinet horologiorum rotis instrutorum motus, sed utilitas melius intelligetur deinceps; demonstrata scilicet pendulorum doctrina, unicum aliud utilitatis exemplum afferemus. Nemo non videt in portatilibus horologiis machinulam conicam quam catenula amplectitur. Hujus figuræ ratio ut intelligatur, observandum est desinente horologii motu, catenulam cylindrico horologii tympano totam circumPLICARI; si autem horologio motus restituatur, catenula e tympano ad conicam machinulam transire debet. Id vero fieri non potest, nisi tympanum convertatur, totque revolutiones perficiat quot gyris catenula ipsa tympano convolvitur. Præterea talis est in tympano partium structura, ut eo per vices revoluto, magis ac magis tendatur lamella elastica in tympano conclusa. His præmissis evidens est majorem tunc haberi lamellæ elasticae tensionem, ac proinde & majorem viam, dum catenula tota conicæ machinulæ circumponitur; hæc autem tensio per gradus decrescit, dum machinula revolvitur, ac tandem vis fit omnium minima dum gyros fere omnes catenula absolvit & puncto ultimo proxima est. Itaque patet ex illa vis motricis inæqualitate futurum esse, ut perpetuae variationi obnoxius sit rotarum motus, nisi figura conica paratum suisset huic incommodo remedium. Igitur ad corrigendam metus inæqualitatem, efficiendum erat ut majore existente vi motrice minor foret distantia a centro motus, ideoque & minor machinulæ diameter, & contra; oportet nempe ut in machinulæ puncto quo-

libet productum ex vi tensionis in distan-  
tiam a centro motus sit constans semper &  
æqualis; hoc enim artificio fit ut vis mo-  
trix eadem perpetuo maneat atque unifor-  
miter sere moveantur rotæ, non secus ac  
facerent appenso aliquo constanti pondere.  
Cum ergo demonstrata principia accuratam  
nobis suppedient temporis mensuram, hanc  
quoque utilitatem inter innumeræ alias com-  
mendare voluimus. Problema est apud Geo-  
metras notissimum: Invenire curvam, cu-  
jus revolutione genitum solidum, quæsitam  
præberet in horologiis motus æquabilitatem,  
ex qua proinde curva formari deberet præ-  
dicta machinula; verum res est sublimioris  
indaginis, atque motus uniformitatem con-  
venienteinque figuram repetitis experimen-  
tis accuratissime inveniunt peritiores horo-  
logiorum artifices; talis figuræ rationem ex-  
posuisse fatis sit.

## SECTIO SECUNDA.

*De reliquis universalibus corporum proprie-  
tatis ex virium notionis derivandis.*

## CAPUT PRIMUM.

*De motu in genere, variisque illius speciebus.*

**E**X ipsa virium notione derivari mobili-  
tatem & quiescibilitatem evidens est; mo-  
tus enim est virium effectus, & seclusa vi  
qualibet impressa corpus semel quiescens  
perpetuo quiesceret. Amplissimum quidem  
patet hujus capituli argumentum, sed præ-

cipuas duntaxat motuum species expendemus. Et si quidem de motu generativi paucis praenissis ad motum rectilineum & deinde ad curvinneum progrediemur; illas autem duntaxat motuum leges explicabimus, quæ in rerum natura maxime obtinent, pretermisis variis motuum variabilium pro arbitrio conflictis hypothesisibus. Tandem corporis solitarii motu considerato, diversos corporum motus inter se comparabimus & conflictuum regulas demonstrabimus.

### ARTICULUS I. *De motu generativi considerato.*

**M**otum jam antea definivimus continuam loci mutationem; unde intelligitur quietem esse perseverantiam in eodem loco. Quare cum mobile non consideremus nisi quatenus locum mutat, & a magnitudine aliquaque affectionibus quibusunque abstractamus, mobile instar puncti consideratur quandiu solius mutationis loci ratio habetur, atque ideo durante motu lineam describere ponitur; continuo enim motu puncti linea describi concipitur. Locus a quo mobile recedit vel recedere conatur, dici solet in scholis *terminus a quo*: locus vero, ad quem mobile accedere conatur, *terminus ad quem* appellatur. Locus duplex distinguitur *absolutus & relativus*. Locus absolutus dicitur, pars spatii immobilis & immensi, quam res occupat. Locus autem relativus est spatii alienus dati pars illa, quæ tanquam immota spectator & in qua res locatur. Hinc patet fieri posse ut mutetur locus

cus absolutus, non mutato loco relativus & viceversa ; nam si nauta in navi quæ plenis velis fertur, quiescat, locum suum absolutum mutat cum navi, ipse vero servat eundem locum relativum respectu partium navis ; at si nauta pari velocitate, qua fertur navis ipsa, progrederetur contra navis directionem, mutaret locum relativum, manens in eodem loco absoluto. Itaque pro varia loci mutatione, motus vel est absolutus, si mutetur locus absolutus ; vel relativus, si mutetur locus relativus. Idem dicendum est de quiete, quæ est perseverantia in loco vel absoluto, vel relativio. Fieri igitur potest, ut ea, quæ absolute quiescent, nobis videantur moveri, dum nempe locum suum mutant relative ad alia objecta, quæ tanquam immota consideramus, vel quorum motura non percipimus. Nam cum omne corpus nobis conspicuum suam imaginem ope radiorum ab eodem objecto prouidentium, in oculi fundo, seu in retina depingat, ea objecta moveri videntur quorum imagines in retina moventur seu diversas retinæ partes continuo ac successively occupant, dum quis oculum suum velut immotum fingit. Contra autem velut quiescentia cernimus objecta illa quorum imagines eamdem semper occupant retinæ partem ; cum scilicet imaginum motus in fundo oculi non sentitur ; atque hinc est quod homines in navi sedentes ipsum navis motum non percipient ; omnes quippe navis partes inter se relative quiescentes, eamdem quoad oculum positionem & distantiam servant, imaginesque suas in iisdem retinæ

partibus delineant, at cum oculos ad littora convertit spectator, necesse est ut objecta in littore posita situm suum respectu oculi continuo mutant, ac proinde imagines suas in aliis aliisque retinae partibus successive pingant; qua ratione fit ut littora ursusque moveri videantur.

II. Omissis quæstionibus plurimis & omnino superfluis de natura motus; considerare satis erit motum velut certissimum atque indubitatum naturæ effectum, a nemine nisi sceptico negandum. Et quidem experientia quotidiana constat plura corpora inter se relative moveri cum infinita propemodum varietate; sed corpus unum non potest moveri relative ad alterum, nisi alterum falso moveatur absolute. Etenim si corpora duo absolute quiescunt, positionem suam inter se non mutant, ac proinde si unum spectetur ut immotum alterum etiam immotum apparebit, nullaque erit locorum mutatio relativa; ergo ex motu relativo evidenter demonstratur motus absolutus. Serio refelli non merentur ineptissimæ veterum scepticorum argutiz, quibus impossibilitatem motus adstruere stultissime lababant. Tales cavillationes risu excipi debent, quemadmodum ab Herophilo medico factum fuisse narrat Sextus Empiricus. Hoc argumentum proposuerat Diodorus Chronus Sophista: Si corpus moveretur, vel moveretur in loco in quo est, vel in loco in quo non est; atqui nec moveri potest in loco in quo est; ut enim moveatur, debet mutare locum; nec moveri potest in loco in quo non est, siquidem nec agere nec pati po-

nō est, ubi non est: ergo corpus nullo modo moveri potest. Hoc sophisma lepide soluisse fertur Herophilus; cum enim a Diodoro ut luxatum ipsius humerum restitueret, vocatus esset, subridens dixit eum forte alio morbo laborare, humerum e suo loco excidere non potuisse, cum nequeat moveri; etenim, inquit Herophilus, si motus esset, vel motus est in loco in quo erat, vel in quo non erat, sed neutrum fieri potest, ergo humerus luxatus non est. Sophista cui non placet argumentum, rogavit medicum ut dictorum obliuisceretur, & remedium malo adhiberet. Cæterum statim patet sophisma; nec enim corpus moveritur in loco in quo non est, sed movetur e loco in locum, seu dum continuo mutat locum, & de loco in quo est transfertur in locum in quo non erat. Nihilo solidius est vulgatissimum Zenonis argumentum. Sophisma est hujusmodi: ponatur Achillem cursu velocissimum a testudine animali tardissimo distare intervallo passuum mille, atque eum centies velocius testudine moveri. Dum Achilles unum percurrit milliare, testudo milliaris partem unam centesimam conficiet, ideoque Achilles testudinem nondum est asscutus. Rursus dum Achilles partem illam milliaris centesimam percurrit, testudo interim per milliaris partem decies millesimam reptabit, ideoque nec adhuc testudinem erit asscutus Achilles. Eodem modo dum Achilles partem illam milliaris decies millesimam decurrit, testudo per milliaris partem millionesimam promovebitur, ideoque nec testudinem potest attingere.

atque sic progredi licebit in infinitum, nec Achilles unquam poterit testudinem capere.

En celebre Zenonis Sophisma, quod *Achilem*, ob vim ipsius, quam existimabat insuperabilem appellirabat; hanc cavillationem scriptis tractatibus integris solverunt aliqui, deambulando autem solvebat Diogenes. Sophismatis fallaciam statim demonstrant arithmeticci; hoc enim in arithmeticata demonstratum est, summam seriei cuiusvis quantitatum in quavis proportione geometrica in infinitum decrescentium aequalem esse

$\frac{1}{1}, \frac{1}{100}, \frac{1}{10000}, \dots$  & sic in infini-

$\frac{1}{10000000}, \frac{1}{100000000}, \dots$  nitum, est series quantitarum in progressione geometrica decrescentium, ideoque illius summa cum sit aequalis quantitati finitae, a mobili tempore finito percutri potest. Ponamus Achillem spatio unius horae milliare peragrasse, ergo & partem milliaris centesimam in parte horae centesima conficer, & partem milliaris decies millesimam in horae parte decies millesima percurret, & ita in infinitum. Si hujus seriei in infinitum continuatae summa infinito temporis spatio responderet, jam Achilles testudinem nunquam assequeretur tempore finito.

Verum, ut dictum est, horae pars  $\frac{1}{100}, \frac{1}{1000}, \dots$

$\frac{1}{10000}, \frac{1}{100000}, \dots$  &c. quantitati finitae aequali-

æqualis eit, uni scilicet parti nonagesimæ nonæ unius horæ, ut facile demonstratur in arithmeticâ; igitur Achilles testudinem assequetur post elapsam horam unam & partem horæ nonagesimam nonam. Itaque evanescit argumentum cuius vim insuperabilem toties jactaverunt illius patroni; & quidem absurde omnino. Abique parum consentientes, cum testudinem & Achillem, et si nunquam se invicem attingerent, magis tamen ac magis ad se mutuo accedere ac proinde & moveri concedant. Hæc de motu generatim dicta sint, quibus adjungenda essent alia nonnulla, sed hæc ex primo physices articulo repetenda; ubi ea tractari doctrine, necessitas postulabat.

## ARTICULUS II.

### De rectilineo corporum descensu.

I. **M**otum variabilem jam in primo physices capite definivimus; is nempe est cuius velocitas continuo crescit aut decrescit. Dicitur autem uniformiter acceleratus, si temporibus æqualibus æqualia accedant velocitatis incrementa; contra uniformiter retardatus appellatur, si velocitas temporibus æqualibus ad quietem usque æqualiter decrebat. Uniformiter acceleratum esse motum vi gravitatis constantis productum, ex ipsa definitione facile colligitur. Et quidem in descensum perpendicularem consideremus. Ponatur tempus quo grave aliquod descendit divisum esse in-

particulas æquales & valde exiguae, prima-  
que temporis particula agat gravitas, & cor-  
pus perpendiculariter impellat. Si jam post  
primum illud tempus omnis gravitatis actio  
cessare fingatur, nihilominus per vim iner-  
tiae, acquisitam velocitatem corpus perpe-  
tuuo servaret. At cum gravitas indefinenter  
agat, etiam in secunda temporis particula  
corpus aliud gravitatis impulsum priori æ-  
qualem accipiet, ac proinde velocitas ela-  
pso secundo tempore dupla erit. Simili ra-  
tiocinatione patet velocitatem esse triplo  
majorem, elapso tertio tempore & ita de-  
inceps. Ergo velocitas crevit ut tempus,  
seu æqualibus temporibus æqualia accedunt  
velocitatis incrementa, ac proinde motus  
est uniformiter acceleratus . . . . 2 Si cor-  
pus descendat per planum inclinatum, res  
eadem facile demonstratur. Egenum corpus  
C ( Fig. 10 ) incumbat plāno inclinato F.  
Ex centro C ducta intelligatur CG ad ba-  
sim horizontalem DB perpendicularis, quæ  
exhibeat gravitatem totam absolutam cor-  
poris C, & dividatur in vires duas quarum  
una CF sit plāno inclinato perpendicularis,  
altera vero ejēdem plāno parallela. Vis quæ  
est ut CF, nihil confert ad descensum cor-  
poris per plānum inclinatum, sed tota im-  
penditur in premendo plāno; superest ergo  
dūnata vis FG; sed ob triangula rectan-  
gula DAB, CFG similia, erit  $FG:CG = AB:AD$ . Hæc autem ratio eadem manet,  
in quocumque loco plani inclinati possum  
sit corpus, ac proinde & eadem est ratio  
gravitatis absolute CG ad gravitatem rela-  
tivam FG; igitur gravitas relativa constans  
est,

est, ideoque eadem est demonstratio quae pro gravitate absoluta, quare motus est uniformiter acceleratus. Contraria ratione intelligitur motum corporum in eadem recta sursum tendentium esse uniformiter retardatum; cum scilicet vis gravitatis contrarius impressi directionem perpetuo & uniformiter agens, aequalibus temporibus aequaliter motum minuat, usquedam velocitas omnis sursum extincta sit.

II. Recta AB (Fig. 11.) exhibeat tempus quo corpus aliquod per datum quodlibet spatiū descendit. Divisum intelligatur tempus in particulas innumeratas ei, im &c. Jam velocitas temporis particula infinite parva erit uniformis, haec autem representetur per ef, recta ik exhibebit velocitatem particula temporis infinite parva im, & ita deinceps; sed ex demonstratis in primo articulo, spatiū motu uniformi percursum, est ut rectangulum sub tempore & celeritate: quare erit spatiū percursum tempore ei, velocitate ef, ut rectangulum if: eodem modo spatiū percursum tempore im, & celeritate ik, erit ut rectangulum ik, & sic de ceteris. Quare erit spatiū his omnibus temporibus percursum ut omnia haec rectangula. Cum autem temporis particulæ sint infinite parvæ, rectangulum if non differt a trapezio eius, ac proinde rectangulorum omnium summa æqualis est triangulo ABC. Jam vero ob motum uniformiter acceleratum, tempora Ao, AB, ac proinde similia sunt triangula Aor, ABC; ideoque sunt ut quadrata laterum Ao, AB, vet or, BC, hoc est, ut quadra-

ta.

ta velocitatum aut temporum, ac proinde eiā, quod idem est, velocitates aut tempora sunt in ratione subduplicata spatiōrum. Ex hac uniformis accelerationis lege statim evidens est spatiū dimidio tempore AB percursum velocitate CB tempore AB acquisita, æquale esse spatio tempore AB descripto motu uniformiter accelerato. Etenim spatiū velocitate uniformi BC tempore AB percursum repræsentatur per rectangulum ABCD, duplo triangułi ABC, ac proinde dimidium spatiū, quod est ut triangułum ABC, velocitate uniformi BC dimidio tempore percurritur.

III. Si corpus aliquod vi gravitatis constanti tempore quolibet dato datum spatiū percurrat, tempore duplo describet spatiū quadruplum, tempore triplo spatiū noncuplum &c. Nempe si tempora fuerint in proportione arithmeticā, 1, 2, 3, 4, &c., spatiā percursa se habent in proportionē 1, 4, 9, 16, &c. hoc est si corpus minuto uno secundo describat pedes 15, duobus secundis. percurret pedes  $15 \times 4$ , tribus secundis,  $15 \times 9$ , & ita deinceps. Igitur spatiā singulis temporibus seorsim descripta sunt ut numeri impares 1, 3, 5, 7 &c. ut patet. Si enim ex spatiō 4 duobus primis temporibus percurso auferatur 1, spatiū scilicet primo tempore descriptum, remanet 3 spatiū descriptum secundo tempore, & ita dicendum de aliis. quibuslibet temporibus. Ceterum patet hæc omnia convenire etiam corporibus, quæ per plana inclinata descendunt. Demonstravimus enim hunc esse plani inclinati effectum ut corporis gravitatem

absolutam minuat, manente tamen constante gravitatis parte reliqua.

Hinc merito inter machinas recensetur planum inclinatum; cum enim *machina* appelletur quidquid ad motum faciliorem confert; evidens est machinis annumerandum esse planum inclinatum; cum aliquam gravitatis absolutae partem sublevet, eam tantum superandam relinquens gravitatis partem, quæ piano inclinato parallela est.

IV. Constantem esse gravitatem terrestrem iam antea ostendimus; itaque quidquid demonstratum est hactenus, ad gravium descensum transferri debet; ac proinde dato quolibet tempore inveniri potest spatium vi gravitatis, cadendo descriptum, & viceversa dato spatio definitur tempus. Sit altitudo quilibet data, vel spatium, cadendo percursum  $a$ , tempus  $t$ , spatium data aliqua temporis parte  $s$  descriptum dicatur, erit

$$\frac{s}{a} = \frac{t^2}{2}, \text{ ideoque } s = \frac{a}{2} t^2, \text{ & } t = \sqrt{\frac{2s}{a}}.$$

E. G. Si corpus pedes

60 percurrat tempore minutorum duorum secundorum, spatium quatuor minutis secundis percurrentum erit 16.  $60: 4 = 4$ .  $60 = 240$ . Viceversa si tempore secundorum quatuor corpus percurrat 240 pedes, tempus quo percurritur spatium pedum 135 erit

$$\sqrt{240} = \sqrt{135} = \sqrt{9} = 3.$$

At observandum est demonstratam accelerationis legem valere duntaxat in vacuo, sublata aeris resistentia, seclusisque aliis

aliis quibuslibet impedimentis. Attamen experimenta fiant in globis qui pondus laris magnum sub exiguo-volumine continent; demonstratam accelerationis legem satis accurate servat globorum illorum descensus; hac lege descendunt globi plumbei in angustum volumen redacti; at si iidem globi in sphæram cavam magnæ diametri extenderentur, jam turbaretur maxime lex illa; immo eo tenuitatis reduci posset globus ut aeri mollioris plumæ instar innataret. At de aëris fluidorumque resistentia sermo erit deinceps. Neque etiam hinc consideramus gravitatem in magnis a terra distantiis; hanc enim in ratione distiarum duplicata decrescere jam demonstravimus. Verum cum in distantiis a terra mille & mille ducentarum hexapedarum gravitatem constantem demonstrant experimenta, talem gravitatis legem nunc explicasse satis sit. Hæc autem gravitatis doctrina debetur Galilæo qui motus uniformiter accelerati leges primus omnium inventis atque demonstravit.

V. Ex demonstratis facile comparantur inter se corporum descensus per diversa plana inclinata. i Si ex punto B ad planum inclinatum AD demittatur perpendicularis BK (Fig. 10.), iisdem temporibus percurruntur spatia AB, AK. Etenim gravitas absoluta CG est ad gravitatem relativam FG, ut longitudo plani inclinati AD ad illius altitudinem AB, ac proinde cum vires illæ sint constantes, erunt inter se ut velocitates dato tempore genitæ, ex sepius demonstratis; jam ob angulum rectum in

B, erit AK: AB = AB: AD; quare AK  
 erit ad AB ut velocitas per planum AK  
 ad velocitatem per planum AB eodem tem-  
 pore genitam. Igitur spatia AK, AB ee-  
 diem tempore percutruntur. Inde autem  
 statim patet æqualia esse in circulo descen-  
 sum tempora per chordam quamlibet, &  
 per diametrum verticalem, ac proinde æ-  
 qualia descensuum tempora per chordas sin-  
 gulas. Er quidem cum angulus K sit rectus,  
 per puncta tria A, K, B, describi poterit  
 circulus cujus diameter erit AB, chordæ  
 autem erunt AK, BK; ac proinde dia-  
 meter verticalis & chorda AK vel BK eodem  
 tempore describentur. Hæc autem ratioci-  
 natio valet in circumferentia puncto quo-  
 libet, cum angulus semidiametro insistens  
 sit semper rectus. Quare chordæ singulæ  
 eodem tempore percurrantur . . . 2 Tempus  
 quo corpus C descendit ex A in D  
 est ad tempus quo cadit ex altitudine per-  
 pendiculari ut AD ad AB. Nam ob mo-  
 tum uniformiter acceleratum, AD est ad  
 AK ut quadratum temporis, per AD ad  
 quadratum temporis per AK vel AB. Sed  
 ( ex elementis geometriæ ) AD est ad AB  
 ut AB ad AK, &  $AD^2 : AB^2 = AD : AK$ .  
 Igitur quadratum temporis per AD est ad  
 quadratum temporis per AK ut  $AD^2$  ad  
 $AB^2$ . Ergo tempus descensus per AD est  
 ad tempus descensus per AK ( hoc est ),  
 per AB, ut AD ad AB . . . 3 Tempora  
 descensuum per plana quotlibet inclinata-  
 ejusdem altitudinis, sunt inter se ut plano-  
 rum longitudines: nam tempus per AB est  
 ad tempus per AB', ut AD ad AB; simili-

modo tempus per AM est ad tempus per AB ut AM ad AB, ac proinde tempus per AD est ad tempus per AM ut AD ad AM . . . 4 Si corpus descendat per plana quotlibet inclinata AD, AM ejusdem altitudinis, velocitates in punctis M, D, acquisitæ æquales sunt inter se & velocitati acquisitæ in descensu perpendiculari per AE. Cum enim spatia AB, AK motu uniformiter accelerato percurrantur, velocitas acquisita in B erit ad velocitatem acquisitam in K ut  $\frac{2}{3}AB$  ad  $\frac{2}{3}AK$ .

tam in K ut  $\frac{2}{3}AD$  ad  $\frac{2}{3}AE$ , reducendo

T

T

motum uniformiter accelerarum ad motum uniformem, quod fieri posse jam demonstravimus, sumpto scilicet spatio duplo motu uniformi eodem tempore percurso. Jam vero ob tempora T, T æqualia & numerum constantem 2, erit velocitas in B ad velocitatem in K ut AB ad AK, vel ut AD ad AB, ob triangula similia AKB, ABD. Sed quadratum velocitatis in D est ad quadratum velocitatis in K, ut AD ad AK, & præterea (ex elementis geometrie) AD : AB = AD : AK, quare AD : AK  $\asymp$  AD $^2$  : AB $^2$ ; ergo quadratum velocitatis in D est ad quadratum velocitatis in K ut AD $^2$  ad AB $^2$ ; ac proinde velocitas acquisita in D est ad velocitatem acquisitam in K ut AD ad AB, vel ut velocitas acquisita in B ad velocitatem acquisitam in K. Ergo velocitas in D æqualis est velocitati in B. Simili ratiocinatione velocitas in M æqualis demonstratur velocitati in B ac proinde & velocitati in D, atque de-

demonstratio valet de alio quolibet planorum numero. His quatuor numeris comprehendimus præcipuas corporum per plana inclinata descendentium leges, eas scilicet quæ ad sequentem articulum intelligendum necessariæ omnino sunt.

## ARTICULUS III.

## De motu Curvilineo.

I. Demonstratum est jam, ubi virium compositionem & resolutionem explicavimus, nullam curvam vi unica describi posse, sed requiri saltem vites duas diversæ naturæ quæ scilicet rationem perpetuo variabilem inter se habeant. Evidens est infinitum a geometris considerari posse virium ordinem ac proinde & curvas numero infinitas; at physicis considerare satis est illas virium rationes, quæ in rerum natura generatim obtinent. Itaque duas in hoc articulo distingueimus motuum species; alii sunt motus *liberi*, corporum scilicet, quæ semel mota sibi deinde libere permittuntur; alii autem sunt motus *non liberi*, corporum nempe, quæ impedimento aliquo restringuntur. Ad primam motuum speciem pertinet corporum projectilium motus; ad alteram autem pertinet motus pendulorum. De hac duplice motuum specie ex ordine tractabimus, præmisso principio ex quo universa pendet curvilineorum motuum doctrina.

Consideretur latus infinitesimum curvæ AB, per quod labatur corpus B, velocitate qua-

qualibet finita expressa per BC (Fig. 12.). Jam ubi corpus pervenit in C, viam flectit per CD ita ut producto latere DC angulus externus BCM sit infinite parvus. Potest enim curva qualibet considerari tanquam composita ex planis inclinatis numero infinitis & infinite parvis, quorum proinde inclinatio debet esse infinite parva, ut planorum inclinatorum series abeat in curvam continuam. Jam vero latus CD se habet tanquam obstaculum, uniformem corporis motum secundum directionem BC retardans. Quare vis finita BC dividi debet in vires duas, unam secundum directionem BN vel CD lateri CD parallelam, & alteram BM vel NC perpendicularem ad CD. Sola vi finita expressa per BN corpus describit latus BC, ideoque æquales sunt CD, BN motu uniformi eodem tempore percursæ, quæ quidem omnia manifesta sunt, si revo-centur in memoriam quæ de virium compositione & resolutione demonstrata sunt. Porro in hac demonstratione ponitur abesse vim omnem elasticam & resistentiam quamlibet. Est autem vis expressa per NC vel BM quantitas infinitesima primi ordinis, cum sit sinus anguli infinitesimi BCM, cuius radius est BC exprimens vim finitam; vis autem NC tota consumitur in premendo late-re CD, nihilque confert ad velocitatem per curvam. Igitur velocitas corporis B per latus CD est ad illius velocitatem per latus BC ut BN ad BC. Jam centro B radio CN describatur arcus NI, erit BI = BN, ac proinde CI exhibebit velocitatem amissam.

Sed.

Sed arcus NI considerari potest tanquam re-  
cta infinite parva ex angulo recto N in hy-  
pothenusam BC perpendiculariter demissa :  
ergo NC est media proportionalis inter CB  
& CI ; sed CB est quantitas finita, NC in-  
finitesima primi ordinis, ergo CI est infinitesima  
ordinis secundi , ac proinde corpus  
curvam describens ex latere infinitesimo in  
aliud contiguum transiens , non amittit nisi  
velocitatis partem infinitesimam ordinis se-  
cundi, ac proinde per finitum curvæ arcum  
descendens amittet duntaxat velocitatis par-  
tem infinitesimam ordinis primi , hoc est  
nullam ; atque hoc est universalissimum cur-  
vilinei motus principium . Jam primam mo-  
tuum speciem consideremus .

II. Ex præalti montis vertice explosus  
intelligatur globus missilis secundum direc-  
tionem horizontalem ; alia quælibet direc-  
tio considerari posset, sed directionem hanc  
omnium simplicissimam & commodissinam  
nunc adhibere satis sit . Jam si vis globo  
missili impressa fingatur infinite parva , vi  
gravitatis in terram globus perpendiculari-  
ter recidet ; si autem vis impressa ponatur  
infinite magna , secundum directionem ho-  
rizontalem globus perpetuo movebitur . Hæ  
sunt duæ extreæ hypotheses , inter quas  
infiniti alii casus esse possunt, sed eos dun-  
taxat exponeimus qui ad physicam pertinent .  
1. Globus missilis projiciatur per rectam  
horizontalem AB ( Fig. 13. ), & interea vi  
gravitatis constanti perpendiculariter urgeat  
secundum directionem AR ; jam recta  
AB divisa intelligatur in partes innumeras  
æquales, ut AE, vi semel impressa tem-  
pi-

ribus æqualibus descriptas, rectæ illæ te-  
præsentare poterunt tempora; sunt enim  
tempora inter se ut spatia motu uniformi  
descripta; si autem ad singula divisionum  
puncta ducantur rectæ ad horizontem per-  
pendiculares ut QE, ita ut rectæ illæ sint  
ut quadrata rectarum AE, spatia singulis  
temporibus motu uniformiter accelerato de-  
scripta per easdem rectas exhibentur. Ita-  
que corpus motu composito describet dia-  
gonalem virium AE, EQ, cujus hæc erit na-  
tura, ut nempe rectæ EQ vel AH semper  
sint ut quadrata rectarum AE vel QH, du-  
ctis scilicet AE, HQ & AH, EQ paral-  
telis; sed hæc est natura curvæ, quam pa-  
rabolam Apollonianam vocant Geometræ, ut  
nempe abscisse semper sint ut quadrata or-  
dinatarum, ergo gravia projecta in hac gra-  
vitatis lege parabolam describunt. Evidens  
autem est eamdem manere demonstrationem,  
etiamsi projectionis directio fuerit ad hori-  
zontem utecumque obliqua; tota enim demon-  
stratio pendet ex duorum motuum compo-  
sitione, quorum unus est uniformis, alter au-  
tem uniformiter acceleratus. Porro que-  
cunque sit projectionis ad horizontem incli-  
natio, eadem manet motuum illorum natu-  
ra, ac proinde & eademi natura curvæ. Si  
enim curvæ eadem virium compositione de-  
scribantur, eadem manet virium natura.  
2 Luna revolvitur circa terram, ideoque  
globi missilis instar projecta intelligi potest  
secundum directionem tangentis orbitæ, &  
interim vi centripeta tendens in terram.  
Verum in primo casu ob exiguae a tellure  
distantias gravitatem tanquam constantem

fin-

tingere, illiusque directiones velut parallelas habere licet, quæ quidem hypothesis ad corpora cælestia transferri non potest; cum ob magnas distantias neque constantem gravitatem, neque illius directiones velut parallelas considerare diceat. Jam evidens est globum juxta telluris tangentem minori velocitate emissum describere arcum minorem, majore autem velocitate arcum maiorem, atque aucta adhuc velocitate longius pergere, ita ut prætergredi possit totum telluris ambitum & ad montem unde projectus fuerat redire. Fingamus jam corpora quælibet de regionibus altioribus projici & ad terram vel solem aut quodlibet punctum vi centripeta tendere, pro varia corporum velocitate & vi gravitatis describentur arcus vel concentrici, vel excentrici, atque in suis orbitis pergent corpora ad modum planetarum per cælos vagari. Sed hæc breviter annotata sint; de hoc argumento iam aliqua diximus attractionis doctrinam explicantes, atque rursus dicendi recurret locus in astronomia; de motu pendulorum jam pauca dicenda.

III. Pendulum vel *simplex* vel *compositum*; pendulum simplex appellatur filum punctione aliquo suspensum, quod tanquam inflexible & gravitatis expers consideratur, altera autem extremitate pondere onustum. Si filum plura habeat annexa pondera, pendulum compositum appellatur: penduli *oscillatio* aut *vibratio* appellatur motus alternus, quo virga penduli circa fixum suspensionis punctum itum & redditum absolvit; si autem pendula duo suas vibrationes eodem tem-

tempore absolvant, pendula illa dicuntur *isochrona*. Si pendulum aliquod simplex CP (Fig. 14.) in linea verticali constituantur, in puncto infimo P quiescit, ideoque punctum illud vocatur *punctum quietis*. At si pendulum attollatur ad punctum A, & deinde sibi permittatur, motu accelerato relabetur in P; & quidem penduli motum consideremus in puncto aliquo N, atque ponderis gravitas absoluta representetur per NG; hæc dividi poterit in vires NH, NI, quarum prima, cum tota dirigatur ad punctum suspensionis C, ipsius puncti resistentia omnino extinguitur; altera autem, quæ est secundum directionem tangentis, exprimit gravitatem relativam, atque vi illa corpus motu accelerato descendit ad punctum P, ubi vis NI omnino evanescit; in hoc tamen punto quiescere non potest pendulum, sed per vim inertiarum, acquisitam servans velocitatem, ascendit versus B, ita ut aquales sint arcus AP, PB, descendendo & ascendendo descripti, atque etiam æqualia descensus & ascensus tempora. Veruni eum corpus ex P versus K ascendit, perpetuo agit vis relativa gravitatis secundum directionem oppositam NI, ac proinde in punto B extinguit omnes velocitatis gradus acquisitos; quare corpus propria gravitate relabitur, non secus ac ex punto A primum descendit. Hæc autem omnia manifesta sunt ex articulo præcedenti & ex numero primo articuli hujus.

IV. Tempora descensuum per curvas similes & ad horizontem similiter inclinatas esse in ratione subduplicata laterum homologo-

iogorum ex dictis facile etiam colligitur.  
 Etenim latera minima HG, GF, FD (Fig.  
 15.), itemque hg, gf, fd, exhibeant infinitas curvarum partes similes & ad horizontem similiter inclinatas; jam tempus per HG est ad tempus per gh, ut  $\sqrt{HG}$  ad  $\sqrt{hg}$ . Similiter tempus per GF est ad tempus per gf ut  $\sqrt{GF}$  ad  $\sqrt{gf}$ ; sed (per hypothesim) HG: hg = GF: gf, ergo  $\sqrt{HG}:$   
 $\sqrt{hg} = \sqrt{GF}:$   $\sqrt{gf}$ , ac proinde tempus per GF est ad tempus per gf ut  $\sqrt{HG}:$   $\sqrt{gh}$ . Simili ratione tempus per FD est ad tempus per fd, ut  $\sqrt{HG}:$   $\sqrt{hg}$ . Ergo tempus totum per HG+GF+FD est ad tempus totum per hg+gf+fd ut  $\sqrt{HG}:$   $\sqrt{hg}$ , hoc est, in ratione subduplicata laterum homologorum. Inde autem pendet universa pendulorum per circulares arcus excurrentium doctrina . . . . Velocitas penduli CB in puncto infimo B est ut chorda BK (Fig. 16.), arcus KDB ex puncto K descripsi. Etenim ducatur KF ad CB perpendicularis, erit velocitas penduli in decessu per arcum KDB acquisita æqualis velocitati, quam corpus acquireret cadendo ex altitudine FB, ac proinde ut  $\sqrt{FB}$ ; sed (ex elementis geometriæ) BFI: BK = BK: BA, ideoque  $BF \times BA = BK^2$ ; ergo cum sit BA constans, erit BF ut  $BK^2$ , ideoque  $\sqrt{BF}$  est ut BK: quare velocitas acquisita in B quæ est ut  $\sqrt{BF}$  erit etiam ut BK, nempe ut chorda; quæ quidem proprietas circuli eximia est utilitatis, præsentibus iobi

ad experientiam revocandæ sunt conflictum leges in proximo articulo demonstrandæ ... 2 Si pendula duo arcus similes describant, erunt vibrationum tempora in ratione subduplicata longitudinum pendulorum, ut ex præcedenti demonstratione patet, sed numerus vibrationum eo major est, dato tempore, quo minus est vibrationis unius tempus; seu quod idem est, numeri vibrationum sunt in ratione subduplicata inversa longitudinum pendulorum. Quare datis duorum pendulorum longitudinibus, datoque vibrationum numero tempore aliquo ab alterutro pendulo peractuarum, invenietur numerus vibrationum eodem dato tempore ab altero pendulo consectorum dicendo: Longitudo penduli unius est ad longitudinem penduli alterius, ut quadratum numeri vibrationum dati ad quadratum numeri vibrationum quæstti; & viceversa invenietur penduli longitude talis, ut datum quemlibet vibrationum numerum dato tempore perficiat . . . 3 Si pendula duo fuerint isochrona, erunt vires gravitatis acceleratrices ut pendulorum longitudines. Sunt enim vires constantes ut spatia illam temporibus descripta, spatia autem in hoc casu sunt similes pendulorum arcus, qui proinde sunt ut longitudines pendulorum; quare & vires gravitatis in eadem sunt longitudinum ratione; quod quidem maxime valet ad definiendum gravitatis incrementum vel decrementum in variis terræ locis, ut deinde explicabimus.

V. Hactenus consideravimus pendulum simplicem quale nullum existere potest in renum

rum natura; nulla enim est virga quæ gravitate omni careat, ac proinde pendula omnia sunt composita. Rem breviter exponemus quantum difficultas patitur. Si bina pondera filo suspensa in diversa a puncto suspensionis distantia suas oscillationes peragant, virgaque ipsa concipiatur inflexibilis, sine pondere & sine vi inertiae pondus quod puncto suspensionis proprius est, suas oscillationes citius absolvere debet; contra autem tardius quod a puncto suspensionis remotius est, in ratione scilicet subduplicata distantiarum. Id quidem continget, si pondera oscillationes suas seorsim peragerent; verum quia penduli virga omnino rigida & inflexibilis ponitur, suas oscillationes eodem tempore pondera absolvunt, atque ita componentur inter se velociores & tardiores ponderum motus, ut medio quodam tempore suas vibrationes perficere debeant. Jam si inveniatur punctum aliquod in quo bina pondera collecta suas vibrationes eodem tempore perficerent: illud punctum dicitur *centrum oscillationis*, ejusque a puncto suspensionis distantia erit longitudo penduli simplicis pendulo composito isochroni. Quod autem diximus de binis ponderibus, idem quoque intelligi potest de alio quolibet ponderum numero, ac proinde & de infinitis pondisculis per virgam penduli diuersis; in quo quidem casu gravitatis fili ratio habeatur. At si filum sit subtilissimum ita ut illius pondus cum ipso globi appensi pondere comparatum sit valde exiguum, & præterea si valde exigua sit globi diameter cum fili longitudine comparata, jam pen-

dulum velut simplex considerari potest. Quia vero sublimior geometria exhibit generales formulas quatum ope invenitur centrum oscillationis, ideoque pendulum compositum ad simplex reducitur, satis nobis fuit penduli simplicis doctrinam explicasse; alia autem plurima quae in hoc articulo brevius diximus, ex sequenti conclusione magis fient manifesta.

### C O N C L U S I O .

*Gravitatis terrestris inegalitatem demonstrant accuratissime instituta pendulorum experimenta.*

Demonstratur. Si observetur longitudine penduli isochroni in duobus locis, erunt vires in iis locis ut pendulorum longitudes, ex antea demonstratis. Licebit ergo gravitatis incrementum perspicere, diligenter observata in variis terrae locis penduli isochroni longitudine. Quanta autem in capiendis hujusmodi experimentis adhiberi debeat diligentia, repetendum est ex monumentis Parisiensibus anno 1735: nihil enim accuratius ac religiosius tradi potest, quam quod ibidem hac in re prescripsit vir clarissimus de Mairan. Hac autem praeципue curanda monet. Accurata habenda est mensura pedis Parisiensis vel altera qualibet mensura cuius ad pedem Parisensem nota sit ratio, ita ut decima, &c., si fieri potest centesima linea parte non aberret ... 2 Parari debet globus exacte rotundus, diametro circiter unius pollicis, ex materia be-

bene compacta .... 3 Adhibendum est filum  
flexibile nec ita complicatum ut oscillatio-  
nes laterales mutet in conicas , quas quidein  
diligenter evitari multis de causis expedir .  
Optimum omnium & jam fere ab omnibus  
adhiberi solitum est filum quod paratur ex fo-  
liis aloes . Fili autem pondus si fuerit mille-  
sima pars ponderis globi , in pendulo pedum 3,  
linearum 8 attollit centrum oscillationis una  
quartadecima parte linea<sup>z</sup> unius ; in aliis ca-  
sibus , ea elevatio erit quam proxime ut longi-  
tudo filii directe & ut pondus globi inverse,  
quod demonstrat vir prelaudatus ... Summa  
utendum est diligentia in capienda distantia  
puncti suspensionis a centro globi , vel ab inio  
globi puncto ; habita autem distantia puncti  
suspensionis a centro , si ei addantur — tertiae  
proportionalis post ipsam & globi semidia-  
metrum , habebitur penduli longitudo ; 5  
Demum paratum sit oportet horologium ac-  
curatum , quod dirigatur per appulum stel-  
lae aliquujus ad telescopium iminotum , vel  
folis ad lineam meridianam ; oscillationes  
autem maxima cura & sine ullo erroris pe-  
riculo numerandæ sunt .

Tanta autem adhibita diligentia , quæ in  
re subtilissima , omnino quidem necessaria  
est , jam certo definitum habemus penduli  
isochroni mensuram breviorem fieri pergen-  
de a polis ad æquatorem , contra vero lon-  
giorem ab æquatore ad polos . Ita ergo com-  
perta est gravitatis inæqualitas in diversis  
terræ locis ut nemo sit qui de ea dubitet .  
Non defuerunt quidem doctissimi etiam vi-

ni qui observationibus per Europam institutis gravitatem ubique aequalem se inventisse profiterentur; verum quod minus feliciter succederit observatio summo consensu nunc tribuant physici iis methodis, quæ tum in usu erant minus perfectæ & perpolitæ, ita ut exiguum gravitatis discri-  
men tam exquis locorum intervallis debi-  
tum deprehendere nequaquam licuerit.  
Hinc observationes multo accuriores &  
accuracyibus instrumentis institutæ sunt  
in plurimis & admodum diffitis terræ lo-  
cis & omnium autem observationum fide  
certo constat gravitatis inæqualitas. Hic  
autem longius esset describere varia pendu-  
lorum longitudines quarum tabulas videre  
est in eximiis operibus, quæ de telluris fi-  
gura paucis ab hinc annis in lucem pro-  
diere.

Quamvis ad determinandam gravitatis in-  
æqualitatem solius penduli isochroni men-  
tionem fecerimus, evidens tamen est pari  
successu adhiberi posse pendulum non iso-  
chromum. Etenim ex doctrina motus uni-  
formiter accelerati in praecedenti articulo  
explicata spatia crescunt ut quadrata tem-  
porum, eadem manente vi acceleratrix; si  
autem vires acceleratrices diversæ fuerint,  
seorsim tamen consideratæ uniformes ma-  
neant, quo major est vis acceleratrix eo  
majus est spatium dato tempore percursuim,  
ac proinde spatia sunt ut quadrata temporo-  
rum & vires acceleratrices conjunctim,  
ideoque vires acceleratrices sunt ut spatia  
descripta directe & quadrata temporum  
inverse. Jam vero in casu pendulorum,  
spatia

spatia sunt ut longitudines pendulorum; erunt ergo vires gravitatis ut longitudines pendulorum directe, & quadrata temporum oscillationum inverse. Igitur manente penduli longitudine, vires gravitatis sunt ut quadrata temporum oscillationum reciproce. Itaque patet ejusdem penduli ope gravitatis comparationem in diversis terræ locis institui posse; tanta enim diligentia numerus oscillationum dato tempore determinatur, ut ne dimidie quidem oscillationis error committi possit. Hac methodo gravitatis inæqualitas primum detecta est a Richera, cuius observationes iam antea commemoravimus.

Ut tota hæc quæstio maximi sane momenti in bono lumine collocetur meminisse oportet duplicem considerari posse gravitatem; aliam nempe *primitivam* nulla vi centrifuga perturbatam, aliam autem vi centrifuga imminutam, quam gravitatem *actualem* appellare licet; totam reū breviter explicabimus, ut facere solent qui telluris circa axem rotationem admittunt. Sit AB diameter æquatoris, cuius P, p poli; sitque DE (Fig. 17.) semidiameter paralleli cuiusvis. Quoniam in circulari motu vis centrifuga dirigitur ad partes circuli descripti centro oppositas, in æquatore A dirigitur ad partes oppositas centro terræ C per CA; in parallelo D ad partes oppositas centro paralleli E per ED. Jam vero gravitas ubique dirigitur ad centrum terræ C, saltem quoad sensum, nimirum in A per AC, in D per DC. Præterea directio CA est penitus contraria directioni AC; at patet ex

motuum compositione & resolutione, directionem vis centrifugæ per ED referendam esse ad directionem vis gravitatis per CD; nempe vim centrifugam in D exprimat recta DO, hæc resolvatur in ON ipsi CD normalē, & in DN secundum directionem ipsius CD. Hæc sola pars vis centrifugæ opponitur directioni gravitatis in D. Jam facile invenitur ratio vis centrifugæ in D secundum directionem DN, ad vim centrifugam in A. Etenim exprimat AI vim centrifugam in A, erit ex demonstratis de vi centrifuga, AI ad DO ut AC vel DC ad DE. Præterea ob triangulorum DCE, ODN similitudinem, erit iterum CD ad DE ut DO ad DN, ideoque compositis rationibus CA<sub>2</sub> ad DE<sub>2</sub> ut AI ad DN. Ex hac demonstratione estimari potest effectus vis centrifugæ in quolibet terræ loco; pater autem vis centrifugæ effectum talem esse ut gravitati primitivæ minus detrahatur perpendiculare ab æquatore ab polos, & quidem duplice de causa; tum quia decrescit ipsa vis centrifuga, quæ in polo evadit nulla, tum quia ejus directio gravitatis directioni minus directe opponitur. Ex his etiam facile determinatur ratio vis centrifugæ ad gravitatem primitivam. Si fingamus corporis aliquis sub æquatore gravitatem omnem sublatam, jam posito rotationis motu corpus illud per telluris tangentem elaboretur, ideoque minutus unius secundi intervallo supra ipsum telluris globum attolleretur tota illa altitudine, quæ est inter tangentem & arcum minutus unius secundi tempore descripsum, quæ quidem lineola tangente & arcu-

com-

comprehensa ex elementis geometriae facile  
invenitur. Hæc exprimet vim centrifugam  
sub æquatore; addi autem debet spatio quod  
corpora sub æquatore minuti unius secundi  
tempore libere descendendo percurrunt, at-  
que ita habebitur gravitas primitiva sub  
æquatore, quæ proinde conferti poterit  
cum vi centrifuga data, atque ita dicendum  
de aliis quibuslibet terræ locis; sed hæc  
paucis indicasse sufficiat, convenientius enim  
explicabuntur, ubi de figura telluris; in hac  
conclusione solam gravitatis variationem de-  
monstrandam suscepimus.

Objicies. Doctrina pendulorum hactenus  
explicata omnem excludit medii resisten-  
tiam. At certissimum est pendula impedi-  
mentis plurimis obnoxia esse. Et quidem  
aeris resistentia maxime retardantur; in ipso  
suspensionis puncto mutuus fit attritus, at quo  
hinc oritur aliud omnino inevitabile impe-  
dimentum. Itaque sic argumentari licet:  
Gravitatis variationem non demonstrant ex-  
perimenta illa, quæ nulla sufficienti dili-  
gentia institui possunt, atqui &c. Ergo &c.

Resp. Concedo maj. Nego min. Aeris  
aut mutui attritus impedimento tribui non  
potest differentia quæ in pendulorum longi-  
tudine observata est. Et quidem iisdem im-  
pedimentis afficiuntur pendula tum sub æqua-  
tore, tum versus polos. Neque est quod di-  
cant aliqua fortasse de causa maiorem esse  
aeris resistentiam versus æquatorem, ac  
proinde & in majorem penduli retardationem.  
Et certe in tam exigua velocitate, exigua  
omnino esse debet & fere nulla aeris re-  
sistentia, quæ si quid agit, ubique <sup>eodem</sup> fere

fere modo motum retardat & potius minus  
sub æquatore ob minorem aeris densitatem,  
majori scilicet calore vigente. Præterea  
etiam diligentissimi viri, qui pendulorum  
longitudinem observarunt, nullam prætermis-  
sere diligentiam ut penduli retardationem  
ex aeris resistentia oriundam cognoscerent,  
adhibitis quoque accuratissimis barometris  
quæ atmosphæræ variationem indicarent;  
sed tanta diligentia necessaria quidem fuit  
ut accurate & adamassim definiretur vera  
penduli longitudo, mediocris autem dili-  
gentia satis fuit ut variatio penduli inno-  
tesceret; tanta enim est ut observationibus  
etiam sine maxima subtilitate institutis fese  
conspicuum præbeat. Præterea omni caret  
verisimilitudine observationes omnes in eum-  
dem errorem perpetuo conspirare, quod nem-  
pe penduli isochroni longitudinem per gra-  
dus minorem faciant pergendo a polis ad  
æquatorem. Porro in præsenti conclusione  
generatim duntaxat agimus de gravitatis in-  
æqualitate; rem vero accuratius determina-  
re pertinet ad geographiam ubi telluris fi-  
guram investigabimus.

Instabis 1. In pendulorum observationi-  
bus non apparet suauissimus ille consensus,  
qui tamen ad fidem faciendam necessarius  
omnino est. Circumferuntur plurimæ obser-  
vationum tabulae quæ quidem a se invicem  
non parum discrepant. Immo Picardus per  
totam Galliam & Uranoburgi eamdem in-  
venit penduli longitudinem; unde sic conclu-  
di potest: Gravitatis variationem non de-  
monstrant observationes illæ quas erroris sus-  
pectas reddit earum dissensus, atqui &c. Ergo  
&c.

Resp.

Resp. Distinguo maj. Erroris suspectæ sunt observationes, quoad veram & accuratam pendulorum longitudinem, transeat; quoad longitudinem penduli generatim considerataim, nego. Quare distincta min. nego consequentiam. Re quidem vera plurimos observationum Catalogos inter se minime conspirantes exhibuerunt doctissimi viri; sed quamvis ob rei difficultatem in eadem non consentiant penduli longitudine, in id tamen conspirant omnes, ut in praecedenti responione observavimus, quod nempe penduluri ostendant brevius sub æquatore longius versus polos. Quod autem Coupletur eamdem in universa Gallia invenerit penduli longitudinem referri debet n̄ mis exiguæ locorum distantiaæ atque etiam instrumentis minus accuratis, pro ea quam tales observationes postulant luctilitate. Dixi autem transeat: tanta enim diligentia his nuperimis annis iterata fuerunt experimenta ut miranda omnino sit ranta consensio; tantillas enim habent differentias quas nulla diligenterum virorum industria vitate potest.

Instabis 2. Durissima quæque metalla vi caloris extendi, frigore autem contrahi certissimum est. Notissimum est physicis instrumentum quod *pyrometrum* dicitur; hæc est illius structura. Constat ex lamella metallicâ cujus extremitas una in denticulos desinit; hi autem denticuli axis perpendicularis cavitatibus seu canaliculis inseruntur; axis autem totæ horizontalis dentes ingreditur. Subtus lamellam metallicam aptata sunt ellychnia, quæ admoto igne flammam

concipiunt. Rebus ita dispositis, lamella distenditur illiusque proinde denticuli axis cavitates per vices subeunt & eundem axem convertunt; revolvi autem non potest axis, nisi moveatur quoque rotâ superior horizontalis huic contigua. Quare si centro rotæ aptatus fuerit indiculus qui circumferentiam in gradus graduuumque partes divisa libere percurrat, ipsam lamellæ dilatationem ex graduum percursorum numero estimare licebit. Tanta autem est dilatatio ut circumferentiam integrum indiculus aliquando describere videatur. Si vero ad calorem extinguendum aqua lamellam perfundas, ad pristinum locum retrogrado motu redibit indiculus, ideoque & lamella iustum contractionis statum recuperabit. Eamdeni dilatationem accuratissimis observationibus expertus est clarissimus *De Maistran*, soli, igni, & aquæ ebullienti expositis metallorum virgis. Igitur probabile est caloris vi sub Zona torrida creuisse longitudinem penduli quod idcirco lentius moveri debuit, idem vero pendulum Parisios translatum rursus contrahebatur; unde sic: Gravitatis inæqualitati referri non debent experimenta illa quæ in alternam pendulorum dilatationem & contractionem refundi possunt, atque &c. Ergo &c.

Resp. Nego min. Observatam penduli variationem caloris vi tribuendam non esse indubitatum omnino est. Virga ferrea pendulum sex astivo soli meridiano diu exposta, experimentis diligenter institutis inventa est major per duas tertias partes lineæ, ideoque per decimam octavam partem pollicis

licis Parisiensis. Virga pedis unius ad ignem candesfacta per dimidiam excrevit lineam. Primus calor ex Sole æstivo meridiano conceptus satis quidem vehemens in virga penduli pedum trium induceret unam tertiam linearum partem; alter autem calor vehementissimus igne scilicet excitatus, linearum unius cum dimidia variationem exhiberet. At pendulum quo utebantur diligentissimi viri multo minorem calorem debuit concipere, nec igni expositum, nec solaribus radiis; immo caloris effectus summa diligentia impeditiebatur, vel redacto conclavi in quo experimenta instituebantur ad calidioris loci temperiem, quod igne admoto & adhibito thermometro in Laponia prestitit dominus De Maupertuis, vel notando oscillationum discrimen singulis gradibus caloris debitum quod thermometri ope diligentiter perfecit Grahamus; hac enim adhibita diligentia variatio calori debita a tota penduli inæqualitate tuto detrahebatur. His autem prædictis exercitatisuni viri in plurimis locis plures observationes habuerunt. Tornæa in Laponia inventa est longitudo penduli ad minuta secunda oscillantis pedum 3, linea-

rum 9 —, Parisis pedum 3, linearum  
67 100

8 —, sub æquatore pedum 3, linearum 7

100  
100 : hanc autem tantam differentiam vi caloris tribuendam non esse ex hactenus datis facile patet.

Instabis 2. Quamvis gravitatem minorem sub æquatore ostendant pendulorum observationes, inde tamen minime colligi posse.

gravitatis inæqualitas, ab æquatore ad polos certam servans legem: eterim fingamus gravitatem, qualem requirit Newtoniana hypothesis, in ratione reciproca duplicata distantiarum a singulis materiæ particulis, fingatur quoque terra sphærica homogenea; ac dematur sub æquatore B sphæra materiæ cujus radius BI (Fig. 18.) contineat milliaria quatuor; jam detrahetur in B pars circiter millesima gravitatis. Nam terræ semidiameter CB est milliariorum circiter 4000, & attractio in sphæram CB est ad attractionem in BI, ut BC ad BI, sive ut 1000 ad 1, quod antea demonstravimus; at in F nullum observari poterit decrementum gravitatis. Est enim attractio puncti F in sphæram IB ad attractionem puncti B in eamdem, ut  $BI^2$  ad  $FI^2$ , sive proxime ut  $IB^2$  ad  $2BC^2$ , sive ut 16 ad 32000000; nimirum decrementum gravitatis in F erit

E

I

decrementi in B, & —————  
 $2000000$   $2000000000$   
 gravitatis totius. Si iam sphæra BI transferatur in F, eodem argumento ibi crescat pars millesima gravitatis, nihil in B, eritque differentia inter B & F pars quingentesima gravitatis. Si dupla sphærae diameter adhibita fuisset, prodiisset differentia dupla, nimirum pars ducentesima & quinquagesima quarta, qualis fere per observationes pendulorum invenitur; quamvis autem gratis omnino fingatur sub æquatore in B existere cavernam ingentem, cujus diameter sit milliariorum octo, certum tamen est multo minus materiæ sub æquatore quam sub

sub polis contineri; nam ob ingentein cas-  
torem perpetuum corpora omnia rariora  
sunt verius æquatorem; at versus polos per-  
petuis nivibus & glacie rigent omnia. Præ-  
terea observationes pleraque in America  
factæ sunt in locis maritimis, immenso  
Oceano cinctis, cujus & magna est profun-  
ditas & ingens extensio; reliquæ in Euro-  
pa observationes instituta sunt in locis a  
mari remotioribus & supra maris superficiem ita elatis, ut illa major a centro di-  
stantia minus detrahatur gravitati quam ad-  
dat tanta materiæ quantitas late circumfusa.  
Ex his omnibus sic aliqui solent argu-  
mentari: Cœrsum gravitatis incrementum  
vel decrementum non ostendunt inæqualita-  
tes illæ, quæ recensitis causis tribui pos-  
sunt, atqui &c. Ergo &c.

Resp. transeat maj. Nego min. Ad ma-  
jorem dico *transient*, in præsenti enim quæ-  
stione sermo est duntaxat de gravitatis in-  
equalitate, non vero de hujus inæqualitatis  
lege & causa. At pro mero figuraento certo  
haberi debent in locis quibusdam cavernæ,  
in locis aliis montes, ecquis enim facile  
crediderit per universam tellurem tali or-  
dine montium cavernarumque seriem distri-  
butam fuisse, ut certis pendulorum legibus  
accurate respondeat? Et quidem observa-  
tiones non tantum sub æquatore & prope  
polos, sed etiam in locis aliis plurimis &  
longius a montibus fuerunt instituta. Tan-  
dem versus æquatorem eminent altissimi  
montes quorum ea fuit vis attractiva ut pen-  
dulum a perpendiculari direccione septem  
secundorum intervallo dimovere potuerit,  
ut

ut antea observavimus. Verum juxta objectionis hypothesim tellus sub æquatore montibus eminere non debet, sed contra cavernis ingentibus hiare. Hic autem data iterum occasione, de montium attractione pauca revocabimus, ex quibus intelligetur altioribus quoque montibus exiguum omnino vim tribuendam esse, illosque minimam continere materiæ quantitatem, si cum in massa telluris conferantur. Ponamus montem tria millaria altum qualis est circiter altitudo montis Chimboraço. Hunc montem exhibeat sphæra D in superficie telluris quam tangat recta CLD (Fig. 19.), erit gravitas in L in tellurem ad gravitatem in D in sphærā ut sphærarum radii (ex demonstratis); gravitas autem in L in tellurem ad gravitatem in D in eamdem in ratione reciproca duplicata distantiarum LC, DC a centro ejusdem, ac proinde si DH exprimat gravitatem in terram in D, erit  $DC_1 : LC_1 \asymp LC : DH$ , & completo rectangle ODHA, dirigetur gravitas per DA, ex motuum compositione. Jani vero in triangulo rectangle DHA dicatur: ut DH est ad HA, ita radius ad tangentem anguli HDA; quia autem data est semidiameter telluris quæ minor est milliariis Parisiensibus 3940, ac proinde & ipsa DH, dabitur angulus HDA, qui invenitur 1. 18. Talis ergo esse deberet aberratio penduli prope montem Chimboraço, quæ tamen aberratio per observationem prodit duntaxat 7''. Hic astre placuit demonstrationem antea omissam, principiis necessariis nondum constitutis. Hinc patet ingentes etiam montes

minimam habere densitatem pro ratione voluminis; quare certum est montes illos a viratibus seu cavernis habere. Illæ autem telluris inæqualitates, quæ tantæ nobis videntur, & minima tamen sunt cum tota telluris massa comparata, probabilissime referendæ sunt in vehementiores aliquas telluris concussions, quarum effectum ultra superiores telluris partes propagatum non fuisse verissimum est. Itaque ex his omnibus colligitur ad explicandam gravitatis inæqualitatem sine ulla ratione singi montes & hiatus certa lege per universam terram dispersos. Cæterum quamvis sæpe dixerimus gravitatis legem per observationes pendulorum hic a nobis non determinari, nemo tamen poterit id contrarium esse constitutæ antea attractionis legi in ratione distantiarum duplicata decrescentis. Etenim hanc attractionis legem demonstravimus inter corpora cælestia magnis intervallis a se invicem remotissima, in quibus proinde diversam densitatem negligere licuit. Gravitatem terrestrem in eadem quoque ratione decrescere ostendimus, sed gravitatem consideravimus in eodem duntaxat telluris loco; nullam vero rationem habuimus illarum inæqualitatum, quæ ex varia telluris densitate aliisque causis originem habere possunt. Tandem inæqualitates illæ nihil repugnant demonstratae attractionis legi, cum errant ex ipsa attractionis lege in ratione directa massarum & duplicata inversa distantiarum. Sed ut jam sæpe monuimus fusor explicatio ad alium locum pertinet, ubi de figura telluris.

Instabis 4. Pendulorum observations haberi non possunt nisi facta comparatione cum horologii motu. At horologia constant ex variis partibus, quæ singulæ impedimentis plurimis afficiuntur; humido vel arido cælo magis vel minus lubricæ sunt rotæ, modo velociores, modo tardiores; hinc fit ut pendulum horologii in longiores vel breviores arcus excurrat, ac proinde idem non servetar angularum oscillationum tempus. Tandem vitium aliud quod in pendulo simplici jam notavimus, in horologiorum pendulis multo magis crescit ob partium multitudinem & varietatem, nempe pro varia cæli temperie mutantur varieque extenduntur & contrahuntur plurimæ horologiorum partes; hinc mutatur centri oscillationis nitus. Ex his omnibus ita concludi potest: Incertis causis & sine ulla lege variis tribui potest diversa penduli longitudo, si incertus omnino sit horologiorum usus, quantum in re tam subtili desideratur, atque &c. Ergo &c.

Resp. Concedo maj. Nego min. Re quidem vera horologiorum partes singulæ variis mutationibus sunt obnoxiae; at comparatione diligenter instituta inter horologii solisque aut stellarum motum, innotescere facile potest an horologium errorem aliquem admittat. Præterea ad vitandam mutationem ex cæli temperie oriundam adhiberi debent artificia de quibus jam supra mentionem fecimus. His horologiorum incommodis plurima parata sunt remedia. Grahamus celeberrimus instrumentorum artifex utilissimum sane tantis malis remedium

dium excogitavit. In extrema penduli va-  
ga suspendit tubum mercurio plenum ita  
ut tamen in tubo spatioli aliquid superef-  
fet, per quod mercurius ipse caloris vi di-  
latatus cum virga intra tubum ascenderet,  
descendente interim tubo ipso, atque ita  
centrum oscillationis suo loco inaneret. Et  
ex alia ejusdem erroris corrigendi ratio:  
si suspenditur pondus diversorum metallorum  
lamellis ita inter se connexis, ut dum al-  
tera lamella magis distenta ultra altitudinem iti-  
dein distentam pondusque deprimenter ex-  
currat, ipsa pondus sursum attollat & priori  
altitudini restituat, imino etiam nonnihil  
majori, ita ut ipsius virga centri oscilla-  
tionis descensus compensetur, totiusque  
penduli centrum oscillationis suo periret  
loco.

Superest tandem ut de vibrationum inæ-  
qualitate aliquid adjungam. Re quidem ve-  
ra horologiorum pendula in breviores lon-  
gioresque arcus variis de causis saepe ex-  
current; verum arcus illos licet inæquales  
iisdem quam proxime temporibus describi  
demonstrant geometræ, quod ut intelligatur  
brevis sermo haberi debet de celeber-  
rina quadam curva quam Cycloidem appelle-  
lant. Cycloïs est curva linea quam de-  
scribit punctum aliquod in circuli circum-  
ferentia pro lubito assumptum, intereadum  
circulus totus super lineam rectam revol-  
vitur. Hujus curvæ genesis representari  
solet per imaginem clavi in rotæ superficie  
defixi, dum nempe rota pet planum cir-  
cumvolvitur clavus in aere cycloidem per-  
cutit. De prima cycloidis inventione acer-  
rone

time certatum est circa ann. 1643 inter  
Torricellum & Robervallium, illo primam  
cyclodis considerationem tribuente in Italia  
*Gallilæo*; hoc autem in Gallia *Merseno* no-  
stro. Sed quidquid sit de illa concertatio-  
ne, quæ in rixas apertasque inimicitiis  
deinde exaruit, solam rei utilitatem, mi-  
nime vero gloriam considerabimus. Pluri-  
mas inter & quidem elegantissimas cyclodis  
proprietates unam præ aliis afferemus quæ  
ad præsentem casum pertinet; si nempe  
cyclois ita invertatur ut crura sursum ten-  
dant, punctum autem infimum horizontem  
tangat, tum e quavis distantia demittatur  
grave per ipsam cycloidem, eodem omnino  
tempore per arcum utcunque magnum vel  
parvum descendet. Itaque patet hanc cyclo-  
dis proprietatem ad pendulorum usum trans-  
ferrri posse, si nempe efficiatur ut virga pen-  
duli in cycloide suas vibrationes absolvat;  
hac enim arte servatur temporis æqualitas,  
mutata utcunque arcum descriptorum lon-  
gitudine. Illud autem communis sequenti  
artificio obtineri potest. Si curvæ cuilibet  
ex ejus parte convexa advolvatur filum,  
tum evolvatur itaut pars evoluta semper  
tenta maneat; punctum fili quodcumque cur-  
vam quamdam lineam delineabit motu illo  
per aerem. Curva quam filum complectitur  
dicitur *evoluta*; curva autem quam filum  
in aere describit, curva *evolutione genita*  
appellatur. Curva genita sere semper ad-  
modum diversa est ab evoluta; ut cæteris  
proprietatibus cyclodis hæc addenda est  
tane elegans; si nempe a summo vertice  
cyclodis evolvatur, se ipsam generat sibi

prorsus æqualem, ita ut binæ semicycloides in situ erecto positæ, & e parte convexa in ima sui parte sibi conjunctæ integrum cycloidem generent. Quamobrem si binæ lamellæ semicycloïdales in ima parte connexæ invertantur deorsum, ita ut ima pars evadat summa, & ex ipso lamellarum angulo appendatur filum quod semicycloidis perimetrum æquale sit, pondus imo filo suspensum oscillationes suas in cycloide peraget, isochronas prorsus, sive in ampliores arcus excurrant, sive brevioribus arcubus se continet, tempore semper æquali. Hanc cycloidis proprietatem ad horologiorum usum primus omnium traduxit *Hugenius*. In horologiis vel pondus appensum, vel laniina chalybea elastica per vim contorta, motum prime rotæ imprimit a qua in totam machinam derivatur. Jam diu in usu erat id machinarum genus, sed *Hugenius* eidem machinæ pendulum adjecit ita ut cum illici oscillationibus celerioris rotæ motus connecteretur, dentesque singuli post singulas oscillationes procurrent. Verum jam diximus a geometris demonstratum esse descensus per arcus circuli minimos etiam inæquales esse quamproxime isochronos. Quare cum minimi sint circulorum arcus a pendulis descripti tanta non est hac in re cycloidis utilitas. Præterea in pendulis simplicibus sola gravitate sollicitatis valere quidem potest cycloidis usus; sed minus felici successu horologiis aptatur. Et quidem ad penduli vibrationes præter gravitatem concurrunt quoque motrices horologi vires que penduli isochronismum turbare

maxime possunt. Quare minimos circulorum arcus præferendos esse ipsa quoque experientia edocit sunt horologiorum artifices. Sed hæc pauca dicta sunt quantum patitur nobis i[n]posita doctrinæ facilitas.

## ARTICULUS IV.

*De Corporum confitu.*

I. **T**ria distingui debent corporum genera, *dura*, *molla*, & *elastica*. Dura dicuntur quæ ad mutandam figuram nulla vi cogi possunt. Molla quæ figuram ita mutant ut mutationi resistant, eam autem amissam recuperare non nitantur. Elastica tandem dicuntur ea quæ figuram amissam recuperare nitantur. Rursum autem corpora vel sunt perfecte elastica, si nempe restituantur eadem vi qua fuerunt compressa; vel imperfecte elastica si restituantur vi minori. Corpora perfecte elasticorum restitutionem ita exprimere solent physici. Dicunt nempe in corporibus perfecte elasticis, *vim restitutivam aequalē effe vi compressive*. Has definitiones exemplo illustrabimus. Glebi duo elastici sibi mutuo occurrant; primum quidem in punto sece contingunt, sed partes contingentes & sece mutuo prementes cedunt magis ac magis ad certos usque limites, ac proinde augetur per gradus contactus magnitudo, donec partes compressæ per eosdem gradus, sed velocitatis ordine inverso sece restituant & ad pristinum statum redeant. Jam ut inter corpora elastica & non elastica

com-

comparatio instituatur, fingamus corpora dura A, B (Fig. 20.), longa elastorum serie connexa esse; si A moveatur versus B, id fieri non potest nisi comprimantur elasta, ac proinde corpus A agit in B per elasta interposita, atque magis ac magis hæc elasta comprimentur donec corpora duo æquales secundum eamdem directionem velocitates habeant; in hoc autem statu nulla vis aget in elasta, ac proinde vim elasticam exerent & laxari incipient, sed inverso velocitatis ordine. Itaque in corporum elasticorum conflictu considerandæ sunt actiones duas. In prima scilicet actione, res se habet non secus ac si corpora essent omni elasticitate destituta; at cessante prima actione statim altera incipit, elasta nempe restituentur eadem vi qua fuerunt compresa, si perfecta sit elasticitas. Igitur non prima actione extinguitur velocitas qua corpora ad se invicem accedebant, seu, ut vocant, *velocitas respectiva*; in altera autem actione corpora a se invicem recedunt eadem velocitate respectiva, qua nempe ad se mutuo accedebant in prima actione. Unde patet motus quantitatatem ab unoquoque corpore acquisitam vel amissam in prima actione æqualem esse quantitati motus acquisitæ vel amissa in actione altera, ita ut quantitas motus per conflictum acquisita vel amissa in corporibus perfecte elasticis duplo major sit quam in corporibus perfecte duris. Quod spectat corpora imperfecte elasticæ idem est in prima actione effectus ac in corporibus perfecte elasticis; verum quia vis restitutiva minor est vi com-

pressiva, minor quantitas motus in secunda actione acquiritur vel amittitur. At quia ex data corporum elasticitate, data etiam est ratio vis compressivæ ad viam restitutivam, seu ratio velocitatis respectivæ ante conflictum ad velocitatem respectivam post conflictum, evidens est quantitatem motus in prima actione acquisitam vel amissam in eadem ratione augendam esse post conflictum. Tandem quod spectat corpora mollia quorum partes cedunt, sed ad pristinam non redeunt figuram, prima actio eadem est ac in corporibus perfecte elasticis vel perfecte duris; illorum velocitas respectiva per conflictum extinguitur & unius corporis instar progrediuntur, cum nulla sit vis restitutiva. Illud autem discrimen inter omnia corpora probe notandum est. Corpus molle tempore finito motum suum alteri communicaret, eo scilicet tempore quo cedunt corporis partes & ipsam corporis diametrum percurrunt, si corpus perfecte molle fingatur. At in corpore duro, cujus partes cedere non possunt unico temporis puncto indivisibiliter communicatur motus. Tandem in corpore perfecte elastico, tempore finito motus producitur, cedunt nempe corporis partes, & crescente compressione, motu retardato ad se invicem accedunt, donec tandem continuo agat vis restitutiva qua sit ut partes motu accelerato ad pristinam properent figuram.

II. Omnes conflictuum leges hoc uno principio innituntur; in quavis scilicet binorum corporum collisione quantum motus lueratur corpus unum secundum datam direc-

tionem

Rationem, tantum quoque lucrari debet corpus alterum secundum directionem oppositam, quod quidem evidens est ex actionis & reactionis aequalitate. Porro duplex casus contingere potest; vel enim corpora tendunt ad easdem partes vel partes contrarias. Si primum, quidquid motus additur corpori fugienti id detrahitur corpori currenti, ac preinde eadem manet tota motuum quantitas post conflictum, quæ fuit ante conflictum. Si secundum, quidquid motus amittit corpus unum secundum propriam directionem, tantum quoque perit in corpore altero; illa enim corpora agunt in partes propriæ directioni oppositas. Igitur in hoc casu, eadem manet differentia motuum post conflictum quæ fuit ante conflictum. Duæ autem hujus principii partes ex duplice axiomate arithmeticō facile patent, si nempe duæ fingantur quantitates ex quarum una tantum detrahitur, quantum additur alteri, eadem manet quantitatum summa: si vero ex duabus quantitatibus æquales hinc inde partes detrahantur, eadem manet quantitatum differentia. Jam vero antequam collisionum leges ex demonstrato principio colligamus, observandum est corporum conflictum vel *directum* esse vel *indirectum*. Directus quidem dicitur, si corporum sibi occurrentium directio sit in eadem linea recta; indirectus autem vel obliquus appellatur si corporum directiones angulum inter se contineant. De corporum conflictu directo, deinde de indirecto agemus.

III. Si corpora duo non elastica sibi invicem.

Jacq. *Physica Pars I.* I cem

cem occurrant ad easdem partes, vel ad partes contrarias, in utroque casu post conflictum instar unius corporis progredientur; sed in primo casu, velocitas communis post conflictum erit æqualis quantitati motus ante conflictum per summam massatum divisæ; in casu autem altero, æqualis fieri differentiæ quantitatum motus ante conflictum divisæ per summam massarum; si nempe corporum massæ dicantur  $M, m$ , velocitates ante conflictum  $V, v$ , velocitas communis post

$$\frac{MV + mv}{M+m} \quad \frac{MV - mv}{M-m}$$

conflictum erit 1. —————— 2.

$$M+m \quad M-m$$

Et quidem communem esse velocitatem post conflictum, seu corpora duo post conflictum instar unius corporis progredi evidens est. Cum enim corpora illa ponantur omni elasticitate destituta, nulla est ratio cur a se invicem resiliant vel separantur. Facile etiam patet in primo casu velocitatem communem æqualem esse quantitati motus ante conflictum per summam massarum divisæ. Etenim quantitas motus eadem manet ante & post conflictum; est autem quantitas motus productum ex massa in velocitatem, habebitur ergo velocitas, dividendo quantitatem motus ante conflictum per summam massarum. Simili ratione patet in casu altero velocitatem æqualem esse differentiæ quantitatum motus ante conflictum per summam massarum divisæ; cum enim eadem maneat motuum differentia ante & post conflictum, sitque quantitas motus ut factum ex massa in velocitatem, evidens est ad habendam velocitatem id efficiendum esse ut nem-

nempe differentia motuum a massis libera-  
tur, quod sit dividendo per massas. Jam  
hujus secundi casus aliquas conditiones ex-  
pendamus. Si massæ, & velocitates fuerint  
æquales, erit  $mv = MV$ , ideoque  $MV -$   
 $mv = 0$ , quare velocitas nulla est, & am-  
bo corpora post conflictum quiescent ... Si  
massæ fuerint æquales, quiescat autem mas-

$$MV - mv \quad MV \quad V \\ \text{sa } m, \text{ erit } - \quad = \quad = \quad ; \text{ cor-}$$

$M + m \quad 2M^2$   
pora nempe post conflictum dimidia velo-  
citate progradientur ... Si massa  $M$  quie-  
scat, sitque valde magna & sere immensa  
respectu massæ  $m$ , erit  $MV = 0$ , ideo-  
que  $Mv$

que velocitas post conflictum fiet  $- \quad$ , ac

$M + m$   
proinde physice nulla, ob massam valde  
magnam.

IV. Ex demonstratis conflictuum legibus  
in corporibus omni elasticitate destitutis,  
facile colliguntur conflictuum leges in cor-  
poribus elasticis. Etenim si corpora omni  
elasticitate careant, ex data velocitate com-  
muni post conflictum, & ex data corporum  
massa invenitur quantitas motus in unoquo-  
que corpore post conflictum, quæ si con-  
feratur cum quantitate motus ante confli-  
ctum, habebitur quantitas motus per con-  
flictum acquisita vel amissa. Jam vero in  
corporibus perfecte elasticis quantitas mo-  
tus acquisita vel amissa duplo major est;  
in corporibus autem imperfecte elasticis  
mutatio motus augetur in ratione vis re-  
stitutivæ ad vim compressivam, ex demon-

stratis. Quare corpora elasticā considerentur primum tanquam omni elasticitate destituta , atque inveniatur quantitas motus acquisita vel amissa ; utraque duplo major fiat , si elasticitas fuerit perfecta ; augeatur autem in ratione vis restitutivæ ad vim compressivam , si imperfecta fuerit elasticitas ; atque ita conflictum leges pro quacunque elasticitatis hypothesi determinare licebit . Has autem leges exemplis illustrabimus . Si corpora omni elasticitate destituta & æqualia ponantur illarumque unum quiescat , post conflictum diuidiata velocitate ad easdem partes velut unum corpus progredientur , ut patet ex demonstratis . Quare corpus quiescens diuidiam motus quantitatatem acquirit quam amisi corpus incurrens . Jam si corpora sint perfecte elasticā , duplo major fiat mutatio motus in unoquoque corpore ; ergo corpus quiescens totam acquirat motus quantitatem , quam amittet corpus incurrens quod proinde quieteret .

Alterum consideremus easum , dum nempe corpora ad partes contrarias tendunt , & facilitatis causa ponamus corpora æqualia & eadem velocitate moveri . Si corpora non fuerint elasticā , ambo post conflictum quiescent ac proinde totam & æqualem motus quantitatem amittunt ; vetum corporibus perfecte elasticis duplo major est mutatio , quare corpora perfecte elasticā non solum amittere debent totam motus quantitatem secundum propriam directionem , sed contrariam & negativam , ut ita dicam , in motus quantitatem acquirere ; quare corpora

ta ad partes contrarias a se invicem resiliunt æquali motus quantitate. Simili modo ad calculum revocari possunt aliaæ quælibet motuum conditiones. Tandem si corpora fuerint imperfecte elasticæ, accuratisimis experimentis nota sit oportet ratio velocitatis respectivæ ante conflictum ad velocitatem respectivam post conflictum, atque in eadem ratione augeri debet mutatio motus. Observavit Newtonus in globis vitreis velocitatem respectivam ante conflictum esse ad velocitatem respectivam post conflictum ut 16 ad 15. Quare si in globis vitreis æstimari debeant conflictum leges, hac proportione utendum est. Cæterum in precedentibus demonstrationibus corpora omni elasticitate destituta, & perfecte dura consideravimus, qualia fortasse nulla existunt in rerum natura. Verum hanc questionem ad aliud articulum in physices progressu rejicimus; interim patet hanc hypothesis, falsam, an veram, a nobis fingi potuisse ut in corporibus elasticis conflictuum leges eruere liceret.

V. Demonstratæ hactenus conflictum leges pendulorum ope ad experientiam revocari solent. Globus A vibrationes suas perficiat in circulo EAF, itemque B in circulo æquali GBH (Fig. 21.) moveatur, & arcum RA descendendo vel arcum ar ascendendo percurrat. Demonstravimus iam velocitates in puncto infimo A fore, ut sunt arcum ascendendo vel descendendo descriptorum chordæ. Itaque effici facile potest ut corpora datis quibuslibet velocitatibus inter se congregiantur, atque ex-

arcuum descriptorum chordis post conflctum, invenitur velocitas acquisita vel amissa; atque ita per experientiam probari possunt conflctuum regulæ. Verum in instituendis hujusmodi experimentis. calculo subduci debet aeris resistentia, quæ rem maxime turbat; in causa enim est ut globus A descendens per arcum EA ex R, ascendendo per AF non percurrat arcum æqualem, nec iterum revertatur ad R, ut contingeret in vacuo, sed deveniat ad punctum aliquod V. Cæterum correctio adhibenda subtilissimis experimentis determinari debet.

De corporum conflctu directo. hæc pauca demonstrasse satis sit, ex quibus omnes conflctuum casus facile derivari possunt. Cæterum quæfionem metaphysicam de motu communicari causa paucis verbis hic iterum revocabimus. Affirmat Malebranchius motuum communicationem cum principiis physicis aut cum aliqua corporum proprietate necessario coniunctam non esse, ita ut inter corporum duorum motum seu quietem nulla major sit connexio quam inter corporum figuram, colorem. &c. Hinc concludit celeberrimus methaphysicus corporis incurrentis motum causam physicam non esse cur corpus per cursum moveatur, sed totam motuum communicationem divina voluntati illiusque immediatae actioni referendam esse. Certum quidem est voluntatem Creatoris, omnium naturæ effectuum ac proinde & motus communicati primam & supremam esse causam; verum quod asserit Malebranchius inter mutuos corporum

conflictus nullam majorem esse conjunctio-  
nem quam inter illorum figuram, & colo-  
rem, id quidem parum accurate dictum  
est. Et certe corporis alicujus figura &  
color ad corporis alterius figuram colorem-  
que nihil omnino conferre possunt; at si  
corpus aliquod in aliud incurrat, necessum  
est aliquam status mutationem contingere  
vel in corpore alterutro, vel in utroque  
corpore. Etenim cum partes corporum ob  
illorum impenetrabilitatem ex eodem loco  
se excludant, corpus aliquod incurrens  
motus directionem persequi non potest, nisi  
corpus percussum moveatur; quod si corpus  
incurrens post conflictum quiescat, jam idem  
corpus statum mutat, transiens scilicet ex  
motu ad quietem, quare oportet ut in cor-  
poribus aliqua fiat status mutatio. Res alio  
exemplo confirmatur. Si corpora duo æqua-  
lia, elasticitate destituta se se nintuo in  
partes directe oppositas æquali velocitate  
percutiant, ambo post conflictum quiescere  
ex illorum impenetrabilitate colligitur; ob  
eam rationem quiescere etiam debent cor-  
pora, si massæ fuerint in ratione reciprocæ  
velocitatum. Quæ cum ita sint, ex ipsis  
corporum proprietatibus fluere videntur  
conflictum regulæ. Ex re quidem ipsa ex  
vi inertie atque ex actionis, & reactionis  
æqualitate pendent omnes quas tradidimus  
conflictum leges. Itaque nos quidem latet  
qua vi aut virtute corpora motum inter se  
dividunt; motus enim nihil in se reale  
est, sed tantum aliquis existendi modus,  
nec facilius intelligitur motus quam quiet-  
tis communicatio; virium actionum nominis

adhibent plerique philosophi, sed obscuris vocabulis rem implicant, non explicant. Concludendum ergo est motuum communicationis principium metaphysicum ignotum nobis esse; ex corporum tamen proprietatibus pendere conflictum leges, quas infinita sapientia ad fines in hujus mundi creatione propositos direxit & ordinavit omnipotens rerum omnium Auctor & Gubernator. Quamvis autem ex proprietatibus corporum pendere videantur percussionis regulæ; nemo tamen temeratio inferat, leges illas omnino necessarias esse & ab omnipotentis Cœatoris voluntate nequaquam pendere. Erenim Deus corpora omnia totumque Universum libere creavit & conservat, eadem pro arbitrio destruere, annihilare, ubi voluerit iterum crerare potest, ac proinde corpora omnia omnesque naturæ leges infinitæ Dei omnipotentiæ subordinantur. Sed hæc conferantur cum iis quæ de miraculis diximus in metaphysica; atque etiam cum dicendis deinceps de essentialibus corporum proprietatibus.

VI. Ad conflictum leges referuntur etiam quæ de corporum reflexione tractari solent. Sit MN (Fig. 22.) planum immobile in quod perpendiculariter incidat globus E omni elasticitate destitutus, is post conflictum totam velocitatem amittet, ut ex dictis evidens est, cum nec in plano nec in globo quidquam sit quod globum determinet ad regressum; & præterea corporis progressum ipsa plani immobilitas non permittrit. Adveniat globus oblique per AC, & ducta AD perpendiculari ad MN, com-

ple-

pleteque rectangulo ADCF , motus per AC compositus intelligatur ex motibus AD , AF , quod alter AD vel FC elidetur a piano MN , manebit autem alter AF vel DC , ac proinde globus excurret versus N , & aequali tempore percurret CE = DC , quæ erit ad AC ut cosinus anguli ACD ad radium . At si globus fuerit perfecte elasticus , in primo casu delatus per FC regredietur itidem per CF eadem velocitate quæ advenerat , ut patet ex demonstratis de elasticitate perfecta . Si autem adveniat per Ac , resoluto , ut ante , motu in motus duos AD , DC vel FC , CE , globus progredietur per diagonalem rectanguli FCEB , in quo cum latera CE , EB aequaliter lateribus CD , DA , & anguli ad E , D sint recti , patet angulum ACD , qui dicitur angulus incidentia , aequalis esse angulo BCE qui angulus reflexionis appellatur . Si globus fuerit imperfecte elasticus & adveniat per FC , iam resiliet in F , ea scilicet velocitatis parte quæ per conflictum recuperatur , ita ut CF semper sit in data ratione vis restitutivæ ad vim compressivam . Tandem si globus oblique adveniat per AC , servata velocitate per CE & recuperata velocitatis parte per Cf vel Eb , resiliet per Cb , eritque angulus reflexionis ECb semper minor angulo incidentia ACD . Hec omnia , quæ ex motuum compositione & resolutione facile colliguntur , vera sunt duntaxat si ponantur conditiones quædam , nempe si planum fuerit perfecte levigatum , ita ut mutuus partium attritus nihil officiat . Præterea consideravimus corpora velut pun-

Quia, aut etiam ea sphærica esse postulavimus; cum sphæræ in uno puncto se se tangent. Verum si diversas corporum figuræ consideremus, res est sane ardua & sublimioris doctrinæ; at conflictuum leges exposuisse satis sit in corporibus sphæricis ex quibus vulgares conflictum & elasticitatis effectus licet intelligere. Tandem monendum superest nullam nos habuisse rationem exiguae compressionis, quæ in ipso globorum conflictu contingit; compressio enim & reflexio sunt per curvam quandam, sed cum exiguis omnino sit tractus ille quo globi comprimuntur, bac de causa nihil turbantur collisionum regulæ quas quidem experientia confirmat.

VII. Ex his omnibus quæ in toto praesenti capite explicavimus nascitur quæstio de viribus vivis magna animorum contentione agitata ubique gentium. Leibnitius occasione arrepta ex corporum ascensu uniformiter retardato hanc controversiam primus invexit, quam deinde corporum elasticorum collisione aliisque plurimis argumentis tueri conati sunt magni quidem vieti. Cum videret Leibnitius corpus dupla vel tripla velocitate projectum sursum ascendere ad altitudinem quadruplo vel non cyplo majorem, censuit distinguenda esse binâ virium genera; illarum scilicet quæ etiam sine motu habentur, ut est vis gravitatis vis elastica, quæ meram pressionem gignunt ubi oppositis viribus impeditur motus; has vires idcirco vires mortuas appellavit, quo nomine eas secernere voluit a viribus in corpore motum aliquem habente admittendis;

dis, quarum effectus sit ut velocitatis quadratum, easque idcirco vires vivas non habavit. Eandem virium distinctionem ex corporum elasticorum collisione confirmant Leibnitiani; cum enim in globis elasticis in se invicem utcunque incurrentibus, productum ex quadrato velocitatis in massam idem interveniatur post collisionem, quod erat ante; inde inferunt in corporibus esse aliquid quod respondeat massis ductis in quadrata velocitatum, quod illæsum remaneat & ab uno corpore in aliud transeat, vim scilicet vivam quem perpetuo conservatur. Mirum sane quam multas hæc quæstio contentiones excitavit, aliis vires vivas estimantibus ex massa & simplici velocitate, aliis ex massa & velocitatis quadrato. Pro quadrato velocitatis Leibnitiani omnes in Germania susterunt, pro simplici velocitate Cartesiani in Gallia, Newtoniani in Anglia; apud Italos divisa studia. Verum quamvis inter celeberrimos viros etiamnum hodie acrius seruat philosophica lis illa, eam tamen in solo nomine positam esse mihi facile persuadeo. Et quidem in memoriam revocandum est quod sèpe sèpius monuimus, vis nomen ambiguum omnino esse, nullaque distinctam notionem habere nisi effectum aliquem intelligamus. Itaque vis nomine nihil aliud clare significari potest nisi illa proprietas qua sit ut corpora ad motum concitata, vel obstracula superent vel iis resistant. Quo major est superata obstraculi aliquius resistentia, eo major censetur vis, quo quidem vocabulo nulla entitas corpori inhærens intelligi debet, sed merum sa-

etum seu effectus. His jam explicatis, corporum motibus, opponi possunt tres obstatu-  
lorum species. Vei enim insuperabilia sunt  
obstacula ita ut omnem qualecumque de-  
struant motum; vel obstacula eam dant taxat  
præsent resistentiam quæ ad extinguendum  
corporis motum satis sit, illumque statim  
extinguit, ut sit in æquilibrio; vel tandem  
obstacula paulatim & per gradus motum de-  
struant, ut sit in motu retardato. Quia au-  
tem obstacula insuperabilia motum, omnem  
fistere valent, ad corporum vires æstiman-  
das nihil conferre possunt; itaque superest  
ut virium mensuram aut in æquilibrio aut  
in motu retardato investigemus. Quod æ-  
quilibrium spectat, motus quantitates æqua-  
les esse contentiant omnes, ac proinde vi-  
res in hoc casu ex sola velocitate æstiman-  
das esse fateantur necesse est. Neque etiam  
repugnat in motu retardato vires ex mo-  
tus quantitate æstimari. Etenim si vis no-  
mine intelligatur resistentiarum summa quam  
obstacula quælibet corporum motibus affe-  
runt, jam nulla difficultas esse potest; &  
quidem evidens est quantitate motus amissi-  
am tempore infinitesimo esse ut productum  
ex resistentia in tempus infinitesimum, ac  
proinde resistentia tota est ut productorum  
illorum summa, sive ut tota quantitas mo-  
tus amissa. Porro virium notioni convenien-  
tissimum est vim corporum hoc modo æstimare;  
nullam enim obstaculi ideam habe-  
mus, nisi quatenus resistit, ac proinde re-  
sistentiæ summa sive quantitas motus  
amissa, quæ eidem resistentiæ proportiona-  
lis est, considerari potest tanquam obstacu-  
lum.

lum superatum, ac proinde vires vivæ hoc modo consideratæ ex producta massæ in velocitatem æstimari debent. At si nomine vis vivæ intelligatur alter effectus, putæ numerus obstaculorum quæ superantur, jam alia prodit virium mensura. Etenim ponamus globum aliquem projici in elastrorum seriem velocitate duplo, triplo majori; in primo casu elastrorum compressorum numerus erit quadruplo major, in casu secundo erit major noncuplo & ita deinceps, quod facile patet; nam quo majus est spatium percursum, eo major est elastrorum quæ in spatio continentur numerus, ac proinde numerus elastrorum est ut spatium percutsum, hoc est, ut quadratum velocitatis. Itaque patet totam quæstionem huc revocari, an vires vivæ æstimari debeant ex primo vel secundo effectu, nempe ex ipsa resistentiarum summa vel ex ipso obstaculorum numero. Præterea observandum est effectum aliquem majorem longiori tempore produci. Ita si diversis velocitatibus in exemplo præcedenti projiciantur globi contra plura elastræ, globus qui dupla velocitate projicitur quatuor elastræ comprimit, sed longiori tempore scilicet duplo, ac proinde mirum non est quod dupla velocitas tempore duplo effectum quadruplum producere debeat. Par ratione corpus sursum projectum velocitate duplo majori ad quadruplam altitudinem ascendit, sed tempore duplo. Hæc ergo altera est quæstionis ambiguitas, an scilicet in virium effectibus æstimandis haberi debeat ratio temporis vel non; hæc autem considerationes ex physicorum arbitrio oī-

nino pendent. Hac facta distinctione, & accurate constituta virium definitione, jam omnibus quæ proponi solent argumentis statim parata est responsio. Neque immorandum est principio quod *virium vivarum conservationem* appellant; nempe in globorum elasticorum conflictu productam ex quadrato velocitatis in massam iavenitur idem ante & post collisionem. Principium illud ex sola elasticitatis natura atque ex actionis & reactionis aequalitate unice pender. Et quidem si globi non fuerint perfecte elasticis velocitatum quadrata ac proinde & vires vivæ non servantur. Hanc questionem *tacitum* laborate non solum demonstrant ratiocinationes jam explicatæ; sed magis ac magis manifestum fiet, si rem ita consideremus; nempe corpus vel tendit duntaxat ad motum obstatulo aliquo impeditum, vel revera movetur velocitate uniformi, vel tandem illius motus obstatulo aliquo retardatur ac tandem omnino extinguitur; in his omnibus casibus diversus est effectus a corpore productus, corpori tamen nihil novi accedit, sed illius actio duntaxat varie applicatur. Itaque dum dicitor vim corporis in certis casibus esse ut velocitatem, in aliis ut quadratum velocitatis, nihil aliud significatur nisi effectum in quibusdam casibus esse ut velocitatem, in aliis autem ut quadratum velocitatis; atque etiam probe notanda est effectus significatio, quæ ut plurimum vaga est & definitione indiget. Et quidem in tribus enunciatatis casibus effectus vocabulum diversam habet significacionem; in primo casu solam tendentiam ex-

primit; in secundo spatium dato tempore  
descriptum & constans designat; in tertio  
tandem casu spatium usque ad motus totius  
extinctionem percursum denotat; in his au-  
tem casibus singulis nulla habetur ratio tem-  
poris quo actio consumitur. Accurate ergo  
notandum est corporis tendentiam ad motum,  
prout est diversimode applicata, varios pro-  
ducere effectus; quorum alii sunt velocita-  
ti, alii autem velocitatis quadrato propor-  
tionales. Ex his pater quo sensu intelligi  
debeat vulgatissimum axiomam: *Causae suis  
effectibus sunt proportionales*; obscure qui-  
dem enuntiatum est axioma illud, cum ea-  
dem causa diversos effectus producere va-  
leat. Igitur ita restringi debet haec propo-  
sitio, ut nempe effectus causis suis propor-  
tionales sint, si cause eodem modo agant;  
quod quidem probe observandum est: per-  
sepe enim sit ut principium illud quod est  
omnino inutile vel saltem vago modo ex-  
pressum, incertos philosophos in paradoxos  
adducat. Haec satis dicta sint de cele-  
berrima controversia, qua licet superflua  
omnino & inter togomachias rejicienda vi-  
deatur, præstantissimis utilissimisque operi-  
bus occasionem dedit.

## APPENDIX.

*De quibusdam capitis precedentes  
utilitatibus.*

I. DE corporum descendantium motu u-  
niformiter accelerato in præceden-  
ti capite sermonem babuimus. Ex demon-  
stra-

strata accelerationis lege statim intelligitur quantus debeat esse corporis ex alto de lati impetus, quem quidem maximum esse oportet in minimo etiam corpore, dummodo tamen maxima sit descensus altitudo. Hic igitur prætermittendum non est luculentissimum divinæ providentiae argumentum; cum enim minimæ aquæ guttulae, levissimique nivis flocculi aut grandinis globuli ex alto cælo delabantur, durissimas etiam cervices nostras tanta vi facile frangerent, nisi Deus optimus maximus opposita aeris resistentia, nostræ conservationi providere voluisse. Maximum fluidarum particularum percussionem vulgarissimo experimento exhibere solent physici. Tubus vitreus aliqua ex parte aquam continet, pars autem superior aere vacua est; tubus hoc modo comparatus manu agitatur ita ut aqua ad partem tubi superiorem ascendat & deinde in fundum recidat; aqua fundum percutionis minima licet quantitate & ex minima altitudine, lapidis ictum sonumque imitarur, atque tubus paulo vehementius manu succussus in frusta dissilit, qui vix levissimum ictum excipit, si aereum contineat. Id autem, oblata occasione pro religio institutionum nostrarum fine breviter observatum sit.

Quamvis autem tales nobis proponamus erudiendos auditores qui non armorum strepitum, sed religionis pacem amare debent, explicatae tamen doctrinæ in arte ballistica five tormentaria utilitatem exponere licebit. Sit AL altitudo ex qua grave descendens velocitatem acquireret projectionis veloci-

tati

tati æqualem; tempore quo grave descendit per AL (Fig. 23.), percurret motu uniformi spatum duplum ipsius AL, puta AI. Erit autem, ex antea demonstratis EQ ad AL, ut quadratum temporis per EQ, quod idem est ac tempus motus æquabilis per AE, ad quadratum temporis descensus per AL, quod idem est ac tempus motus æquabilis per AI, ideoque ut quadratum AE ad quadratum AI, sumptisque AL, AI, AV continue proportionalibus, hoc est, sumpta AV quadrupla ipsius AL, erit rectangulum ex AL, AV æquale quadrato ipsius AI, ac proinde ductis extremis & mediis habetur  $EQ \times AL \times AV = AL \times AE$ , sive  $EQ \times AV = AE$ , &  $AV : AE = AE : EQ$ , quare rursus patet gravia horizontaliter vel oblique projecta parabolam describere. Ex hac demonstratione tota pendet ars ballistica, atque ad facilem usum comparari poterunt tabulae, quarum ope data vi pulveris pyrii, datisque loci ferienti distantia & altitudine invenietur elevatio Mortariorum, sive quod idem est, angulus quem directio globi tormentarii efficit cum horizonte.

Nihil hac in re brevius & elegantius legitur quam quod tradidit D. De Maupertuis in Mon. Paris. anno 1731, hoc fere modo; rem analytice exprimamus (Fig. 24.) Sit  $AE = t$ ,  $EQ = z$ ,  $AL = a$ , ideoque  $AV = 4a$ , erit  $EQ \times AV = 4az$ , &  $AE^2 = t^2$ , ac proinde habetur æquatio ad parabolam  $t^2 = 4az$ . Iam vero parabola AQ ad linéam horizontalem AB facile refertur. Linéa factus AE, ut vocant, sive directio

110 *Institutiones Physice*

mortarii cum horizonte AB datum efficit angulum cojus tangens dicatur  $n$ , sitque AH  $= x$ , QH  $= y$ ; sumpto AH pro radio  $= 1$ , erit AH ad HE ut radius ad tangentem, ac proinde HE  $= nx$ . Igitur EQ  $= EH - QH = nx - y$ , & AE $^2 = AH^2 + HE^2$ ; hoc est,  $tt = xx + nnxx$ . Quare si in prima æquatione  $tt = 4az$ , loco it & z, substituantur præcedentes valores, habebitur  $nnxx + xx = 4ay$ . Jam hujus formulæ usum consideremus. Data sic distantia horizontalis loci feriendi AC  $= b$ , ejus altitudo CP  $= c$ , in præcedenti æquatione erit  $x = b$ ,  $y = c$ . Quare mutabitur in hanc  $nnbb + bb = 4ab - 4ac$ . Hinc per radicum extractionem & vulgares æquationum regulas facile invenitur directio mortarii

$$n = \frac{-\pm\sqrt{4a^2 - 4ac - b^2}}{b - b}, \text{ nbi signum}$$

$\mp$  designat signum positivum vel negativum ac proinde patet duplarem esse posse mortarit dictionem. Etenim sive adhibeat signum  $+$  sive  $-$ , restitutis quadratis, eadem redit æquatio. Si locus P sit in horizonte, jam evanescit PC, ideoque  $n =$

$$\frac{-}{b} + \frac{1}{b}\sqrt{4aa - bb}. \text{ Si locus P sit infra}$$

$$C, \text{ erit } n = \frac{-}{b} + \frac{1}{b}\sqrt{4aa - 4ac - bb},$$

Si data sit directio mortarii, erit  $a =$   $nnbb + bb$

$\frac{4nb}{4nb - 4c}$ ; quare invenietur velocitas projectionis, seu vis pulveris pyrii. Itaque patet

pater ad usum ballistice artis faciles expeditasque tabulas imperitis etiam militibus parari posse ope hujus formulæ, quæ quidem ipsa continet quidquid in magnis voluminibus scriptum invenitur: atque eam ob causam prætermittere nolui hoc elegantissimum problema ex primis algebraicis principiis facile intelligendum. Ceterum in doctrina ballistica hactenus explicata nullam aeris resistentis habuimus rationem, quam expertissimi quidam viri considerantam esse affirmant, alii vero negant. Quare in hac inter peritissimos etiam viros opinionum varietate, nova experimenta diligentius iteranda esse censeo. Porro hoc quidem certissimum est resistentiam maxime minci, si globus missilis sub exiguo volume maximum pondus contineat, ac proinde in hoc casu experimenta ad doctrinæ veritatem magis accedunt.

II. In hoc ipso capite pendulorum doctrinam explicavimus. Hæc autem est maxima pendulorum utilitas, ut accuratam exhibeant temporis mensuram. Horologia pendulis instruere primus omnium docuit Hugenius in opere immortali: *De horologio oscillatorio*; quod quidem præclarissimum inventum eximiam hujus capituli utilitatem fatis demonstrat; pauca igitur de horologiorum structura & ex præcedentibus facile colligenda hic adjungam. Pendula horologis ita communiter aptari solent. Rota quam vocant *occursus* horizontaliter volvitur, ac proinde librator supra rotam extenditur, ejusque *pinne* duæ quarum plana angulum rectum comprehendere solent, ita

de-

denticulis inferuntur, ut pinna altera denticulo impellatur, dum opposita a suo denticulo se eximit; id autem facile obtinetur, si rotæ numerum imparem denticulorum habeat, & libratoris axis per centrum rotæ transeat. Facilitatis ergo consideremus horologium duabus tantum rotis instructum; prima seu inferior rotæ 120 denticulos habere ponatur eaque duas circulationes intra horam singatur absolvere; hæc ergo æquivalebit rotæ denticulorum 240. Secunda rotæ habeat rotulam denticulorum 5; dum quinque denticuli majoris rotæ transeunt, unam circulationem secunda rotæ absolvet. Jam per divisionem inveniendum est quoties quinarius numerus contineatur in 240, quotiens erit 48, quare intra horam, secunda rotæ circulationes 48 absolvet. Ponatur autem secundam rotam constare 35 denticulis, quorum quilibet duas vibrationes efficit, cum bis libratorem attingat; quare singulis circulationibus efficiet vibrationes 70. Jam multiplicetur numerus 70 per 48, habebuntur 3360 vibrationes simplices intra horam. Calculus perinde se habet, si eadem manente rotæ inferiori 120 denticulorum, mutentur rotula & secunda rotæ. Itaque prima rotæ sit denticulorum 120, quæ duas circulationes intra horam efficiat, ideoque æquivaleret rotæ denticulorum 240; rotula secunda sex habeat denticulos; dividatur numeros 240 per 6, quotiens erit 40; quare secunda rotæ quadragesies intra horam rotatur; habeat autem denticulos 45, & quia, ut iam dictum est, dentculus quilibet singulis circulationibus bis librato-

rem attingit, duplicetur is numerus, fientque 90, quæ multiplicentur per 40, & habebuntur vibrationes simplices intra horam 3600, hoc est, vibratio quælibet simplex ininutum secundum æquabit.

Simili ratione initur calculus pro alio quolibet rotarum numero. Instructum ponatur horologium rotis tribus, quarum prima dentes 112 habeat, secunda rotula dentes 7, rota secunda 60; rotula seu axis tertiae rotæ habeat denticulos 8, rota occursus 15; hoc modo habebitur vibrationum numerus. Dividatur 112 numerus denticulorum primæ rotæ, quæ singulis horis semel circumvolvit per 7, nempe axem secundæ rotæ, invenietur rotam secundam intra horam decies sexies circumvolvi; habet autem hæc rota denticulos 60; quare multiplicentur 16 per 60, invenientur 960; ideoque intra horam 960 denticuli rotæ secundæ transeunt, qui numerus dividendus est per 8, axem tertiae rotæ, quæ proinde 120 circumvolutiones absolvet. Habet autem hæc rota 15 denticulos, qui vibrationes simplices 30 perficiunt; quare multiplicentur 30 per 120, invenientur vibrationes simplices 3600, quarum una minuto uni secundo æquivalebit.

Ex his omnibus intelligitur praxis horologiorum artificibus vulgatissima: querunt scilicet numeros, qui exprimunt quoties numerus dentium rotæ alicujus denticulos rotæ alterius contineat; illos autem numeros exponentes vocant. Itaque ex demonstrata pendulorum doctrina determinari debet numerus vibrationum penduli dati, quo tempore

re tota aliqua circulationem unam absolvit; quod quidem facile habetur, cum sit numerus vibrationum dato tempore peractarum in ratione subduplicata inversa longitudinis penduli. Numerus vibrationum inventus dividatur per 2, quotiens erit productum ex omnibus exponentibus, sive quod idem est, duplum productum ex singulis exponentibus æquatur numero vibrationum penduli, durante una rotæ inferioris revolutione, ut ex dictis evidens est. Itaque si construendum proponatur pendulum aliquod rotis instruendum, primo notum esse oportet numerum vibrationum penduli, quo tempore rotæ una suam circulationem perficit; tempus illud ponatur unius horæ, pendulumque ad minuta secunda suas oscillationes componat, ita ut singulæ vibrationes sint minuti

I.

unius secundi seu pars — unius horæ. Ita

3600

que interea dum rotæ seipse circuinvolvitur, pendulum absolvet vibrationes 3600, qui numeras erit duplum productum ex singulis exponentibus. Quare si exponentes dicantur  $r$ ,  $s$ ,  $t$ , erit  $3600 = 2rst$ , ac proinde  $1800 = rst$ . Quia vero exponentes  $r$ ,  $s$ ,  $t$  sunt quantitates indeterminatæ, patet id effici posse, ut nempe rotæ occurfus eundem circulationum numerum dato tempore conficiat, mutatis rotarum axiumque dentibus, dummodo productum ex singulis exponentibus idem maneat. E. G. Ponamus horologium pluribus instructum rotis quarum una denticulos habeat 48, dentibus 8 donata sit totula, cuius axi affixa sit rotæ dentibus 40.

III.

instructa, habeatque rotula dentes 6, & illius axi inseratur rota dentium 26, siue cum rotula dentium 6 connectatur; cum hac rotula jungitur tympanum vel rota occursus, numerus circulationum rotæ occursus, intereadum prima rotæ circulationem unam ab-

$$\text{solvit, erit } \frac{48}{8} \times \frac{40}{6} \times \frac{36}{6} = 240. \text{ Si autem a-}$$

$$\text{lī adhibeantur numeri } \frac{64}{20} \times \frac{50}{8} \times \frac{36}{6} = 240.$$

alia prodit rotarum series priori æquivalens. Ex his paucis derivari possunt plurima ad praxim utilissima. Cæterum unusquisque facile intelligit explicatam rotarum combinationem non solum valere in majoribus horologiis pondere appenso sollicitatis, sed etiam in horologiis portatilibus, quæ elastro aliquo moderantur. Hæc autem omnia subiecto auditorum oculis horologio exponi debent.

## C A P U T II.

### *De extensione & reliquis inde pendentibus corporum proprietatibus.*

**S**UB duplice ratione considerari potest extensio, vel quatenus est *sensibilis*, seu *physica*; vel quatenus est *notio abstracta* seu *metaphysica*. Extensio primo modo considerata, est effectus certa corporum actione in organis corporeis productus, quo fit ut corporum superficies tactu percurſæ, plures a se invicem diversas partes seu varias partium distantias nobis repræsentent. Extensio considerata quatenus est *notio abstracta*, est ipsa *notio materiæ a qualitatibus sensibili-*

sibilibus, & quibuscumque limitibus permanentem separatae. Hæc altera extensionis species ad metaphysicam proprie pertinet & spatii *imaginarii* nomine generatim venire solet. Si autem spatum undequaque expansionem certis corporum distantiis atque intervallis restringamus & limitemus, spatum illud determinatum dicitur *vacuum*. Itaque duplex extensio rursus intelligi potest, *penetrabilis* & *impenetrabilis*. Extensio penetrabilis, seu *vacuum*, illa est quæ corpora admittit; impenetrabilis autem vel *soliditas*, quæ corpora excludit. Evidens autem est *figuram* nihil aliud esse quam diversam partium extensionem diversumque ordinem, ac proinde ad idem caput referri potest corporum *figurabilitas*. Quare totum caput istud in quatuor articulos dividemus. 1 Erit de extensione penetrabili. 2 De impenetrabili. 3 De corporum figurabilitate differemus. 4 Tandem explicatis octo universalibus corporum proprietatibus, de corporis natura ultimum articulum adjunge-  
mus.

## ARTICULUS I.

*De extensione penetrabili.*

I. **C**ertissimum est, nullam extensionis etiam penetrabilis notionem sine corporum interventu, sine tactu & motu nos acquirere. Etenim fingamus hominem sensuum omnium facultatibus praeditum, qui tactus organum in unicum duntaxat materię portionem sine ullo motu exercuerit, ex-  
ten-

*Part I. Sectio II. Cap. II.*  
extensionis notionem careret talis homo , quemque acquirere inciperet , ubi primum moveretur . Et te quidem ipsa , corporis alius cuius extensionem non cognoscimus , mutatus organo ipsam corporis superficiem continue & successive percurramus . Nequaquam est ipsam corporis superficiem moveri , interim quiescente organo , ipsum quoque organum moveri necesse est . Etenim per motum extra propriam existentiam , ut ita dicam , erumpimus , objecta externa agnoscimus , illorum dimensiones , distantias novimus . Ad extensionis notionem ita necessario pertinet motus , ut existente etiam unica atomo , extensionis notionem possemus acquirere , si tactus organum moveretur , & successively ab alia atomo in diversis punctis afficeretur ; etenim organi motus & *impressions successive* continuitas ipsam atomum veluti multiplicant atque extendunt .

Re quidem vera extensionis sensatio per visus organum nobis etiam advenit ; oculus amplissimum spatium ad quod tactus non pervenit , longe lateque amplectitur , instrumentorum ope maximas etiam objectorum distantias metitur . Verum id fieri non potest , nisi oculus tactu fuerit eductus . quod quidem demonstrat exemplum cæci nati , qui ablata cataracta , oculorum usum acquisivit . Hanc historiam narravimus & explicavimus in Metaphysica , ubi de extensionis & spatii notione plura tradidimus . Id ergo compertum est , sine tactus exercitio nullum de objectorum dimensionibus , formis , distantiis , extensione fieri posse judgmentum . Neque extensionis ideam formare

*Jacq. Physica Part I. K quis*

quis posset, etiamsi objectorum imagines in fundo oculi delineatas moveri fingamus; hi enim apparentes motus, simplici *suffectionis* notioni originem præberent, non secus ac faceret tonorum vel odorum series quæ successive auditus vel olfactus organa afficeret; sed nulla motus realis ac proinde & extensionis notio nasci posset. At tactus organum in ipsam materiam immediate agit, dimensiones formasque corporum sentit, & quandam experitur resistentiam quam ad aliiquid extra nos existens referre cogimur.

II. Quamvis extensionis notio ex ipsa corporum existentia ducat originem, immerito tamen inde colligeretur nullam esse extensionem corpore vacuam seu penetrabilem. Hac de re magno animorum æstu in scholis disputatur. Vacui existentiam negabant Peripatetici, possibilitatem negant Cartesiani. Ab utraque tamen Philosophorum secta longe differunt Leibnitiani, qui nullam *realē* extensionem admittunt, sed extensionem quamlibet velut merum *phænomenum* rerumque cœxistentium ordinem arbitrantur. Hanc opinionem, quam in Metaphysica jam explicavimus, variis in locis opportune revocabimus. Porro licet sensuum testimonio circa hanc quæstionem nihil eminino definiti possit, vacuum tamen existere ostendunt rationes validissimæ. Ad præsentem articulum pertinent conclusiones duæ.

## CONCLUSIO I.

*Validissimis rationibus probatur vacuum.*

I. Fingamus nullum existere vacuum; corpora omnia sunt æqualiter plena, seu eandem materiæ quantitatem continent sub eodem volumine, quod quidem sateri coguntur qui vacuum negant. Demonstravimus autem pondera quantitatibus materiæ proportionalia esse; igitur sub eodem volumine idem pondus habent corpora singula quæ proinde forent ejusdem gravitatis specificæ; sed absurdum est autum levissimumque plumbam ejusdem dici gravitatis specificæ; diversissimas corporum gravitates specificas, ideoque & vacuum demonstrant experimenta.

II. In physica notissimum est jam antea a nobis descriptum experimentum, quo nempe corpus quodlibet in vacuo Boyleiano æqualibus temporibus æqualia spatia percurrit, sive idem corpus in amplissimum volumen extendatur, sive in angustissimum redigatur. Illud vero experimentum demonstrat non solum aerem hauriri, sed etiam illius loco nullum aliud fluidum succedere. Etenim quocumque sit fluidum illud, quo major est corporis superficies, eo plures fluidi particulae corpori descendenti resistunt, ac proinde corpus, mutata utcumque superficie, eadem non descenderent velocitate; immo corpora sibi libere relicta per aerem non descenderent; aer enim foret ejusdem gravitatis specificæ cum corpore immerso, quod proinde aeri innataret. Hujus argu-

menti vis tota intelligetur, explicata deinde fluidorum doctrina; interim vero experimentis competitum habeatur, idem corpus majori vel minori volumine donatum per idem fluidem eamdem velocitate non descendere, immo quiescere, si eandem cum fluido habet gravitatem specificam.

III. Demonstravit Newtonus motum globi intra fluidum æque densum delati, ob ipsam fluidi resistentiam totum amitti eo

8

tempore, quo globus percurreret — diamet

3

tri sue partes. Hæc quidem demonstratio ad difficiliorem fluidorum doctrinam pertinet; interim tamen evidens est & experientia compertum, fluida densissima corporum motibus maxime resistere. At si nullum admittatur vacuum, jam fluida omnia talem habent densitatem qua nulla major esse possit. Itaque a multis retro seculis perturbatus atque extintus omnino fuisset globorum cælestium motus, qui tamen certa perpetuaque periodo absolvitur. Alia quidem plurima affliri solent argumenta, sed hæc pauca omnium validissima feligere satis sit, ex quibus tandem sic concludere licet. Admittendum est vacuum quod experimenta phœnomenaque cælestia demonstrant, atqui &c. Ergo.

Objic. Admittere non repugnat fluidum aliquod subtilissimum quod corporum omnium poros libere permeat, quod proinde in *campanam pneumaticam*, extracto aere, succedit, nullumque vacuum permittat. Neque etiam repugnat fluidum illud esse omnis gra-

gravitatis expers. Etenim quid prohibet huidum aliquod concipi sine conatu vel *tendentia* ad centrum terræ? Hanc vim in subtilissimis flammæ lucisque particulis minime observamus; hinc Cartesiani ita argumentantur: Ad demonstrandum vacuum diversam corporum gravitatem specificam maxime jactant qui vacuum admittunt, atqui in praedicta hypothesi, ratio illa evanescit omnino, ergo &c.... Resp. C. Maj. D. Min. Si talis hypothesis fictitia omnino est & philosophandi regulis contraria, C. Si hypothesis illa philosophica est & philosophandi regulis consentanea, N. Quare N. Conf. Commentitium illud fluidum e cultiori physica proscribendum esse jam demonstravimus, ubi ferme fuit de vorticibus Cartesianis. Et re quidem ipsa hujus argumenti pondus gravissimum ita senserunt recentiores Cartesianæ hypotheseos reformatores, ut vacuum admittere non dubitaverint. Quod spectat flammæ lucisque materiam, tantilla est illarum gravitas, ut nullo experimento conspiqua esse possit omnemque physicorum diligentiam longe fugiat. Hæc autem levitas, quæ *relativa* est duntaxat, nostræ conclusio*n*is veritatem apprime confirmat; inde enim evincitur lucis particulas nihil fere materiæ continere, ac proinde & vacuum existere. Id rursus facili ratiocinatione intellegere licebit. Tanta est radiorum solarium velocitas ut totum illud vastissimum spatum, quod Solem inter nostrumque globum expandit, brevissimo septem vel octo minutorum intervallo percurrat; quod quidem demonstrant suo deinde loco referendæ ob-

servationes astronomicæ. Jam vero fingamus minimam materiæ portionem quæ sub experimentis cadere possit in delicatulum visionis organum tanta & fere immensa velocitate incurere, unico ictu solverentur omnino delicatissimæ oculorum partes & in pulverem redigerentur; recordandum enim est vires corporum esse ut productum ex quantitate materiæ in velocitatem, aut in quadratum velocitatis. Quare cum ex perpetuo radiorum solarium fluxu offendionem nullam patientur oculi, hinc patet exiguum omnino esse & fere nullam in radiis solariis materiæ quantitatem. Id vero magis ac magis manifestum fiet, comparatione instituta cum minimis globulis vi pulvris pyri explosis, quorum tanta vis est ut non solum homines, sed urbium quoque muros disjicere & solo æquare valeant. Tandem fatendum est nulla severa demonstratione ostendi posse talis fluidi impossibilitatem, cum ignota nobis sit intima corporum natura; verum in hisce institutionibus corporis physici & sensibilis duntaxat proprietates consideramus, illasque ad humanae societatis utilitatem transferre conamus. Quare etiam si tale fluidum liberalius concedamus, quod tamen philosophandi legibus repugnat, nobis perinde est ac si nullatenus existeret; ideoque de hoc inutilissimo fluido nihil curare debent Physici, qui multa scirent utilia, si non discerent superflua.

Instabis 1. Ad explicandam motuum cœlestium perpetuitatem atque constantiam, radiorum solarium exemplo iterum utuntur Cartesiani. Et quidem solares radii sine ul-

lo impedimento , sine perturbatione ulla fese mutuo deculant & secundum quamlibet directionem interfecant . Fingamus ergo planetas in simili fluido deferri , jam nullam resistentiam patientur ; ponamus nempe fluidi cælestis particulas omni tenacitate & inertia esse destitutas ; nullum ertorem experientur cælestes motus ; ideoque evanescit alterum vacui argumentum ; unde sic argumentantur : Non repugnat hypothesis illa quæ radiorum solarium exemplo confirmatur , atqui &c. Ergo . . . Resp. N. Min. Ad illam objectionem eadem fere est quæ ad præcedentem responsio . Etenim quod solares radii sine ulla perturbatione fese mutuo trajiciant , id repetendum est ex illorum incredibili fere subtilitate & materiæ quantitate fere infinite parva . Hæc ergo summa radiorum mobilitas & directionis cuiuscumque facilitas ipsum vacuum demonstravit . In hac objectione fingitur fluidum omni inertia & partium tenacitate destitutum ; quod quidem fingere non minus absurdum est & philosophandi regulis contrarium quam corpus aliquod gravitate spoliare .

Instabis 2. Non repugnat extensionem meruim esse phœnomenum , nullamque extensionem revera existere . Leibnitianam hac de re hypothesis in Metaphysica jam explicavimus ; si nempe res plures tales sint ut diversas in organis sensoriis impressiones , diversasque in nobis excitent ideas , jam res illas consideramus tanquam plures , ideoque extra se invicem existentes . Ex illa diversitatis notione per sensus & maxime per organum tactus acquisita nascitur

notio extensionis. Pari modo quod corpus determinatam repræsentet figuram, magnitudinem, motum, id sit non quod res ita se habeat: sed nihil aliud significatur nisi corpus tale esse ut illas in nobis exciter ideas quas experimur; unde sic argumentari licet: Nullum existit vacuum, si extensio merum sit phœnomenum, atqui hæc hypothesis non repugnat, cum nos lateat intima rerum natura: Ergo &c..... Resp. D. Maj. Si extensio sensibilis merum sit phœnomenum, hoc est, si mere *idealis* sit nihilque *realitatis* extra mentem habeat, C. Maj. Si extensio merum sit phœnomenum, hoc est, si nihil *substantialitatis* habeat, non sit tamen merum nihil, N. Maj. D. Min. N. C. Brevius explicari debet hæc objectio quæ deinde in meliori lumine collocabitur, ubi fermo erit de corporis natura. Cartesiani dividunt corporum proprietates in *absolutas* seu *primitivas*, & *relativas* seu *secundarias*. Proprietates absolutas dicunt illas quæ ad tactum pertinent, extensionem imprimis & soliditatem; reliquas vero, quales sunt odores, colores, sapores, soni &c. relativas appellant. Arbitrantur nimisrum proprietates absolutas eo modo in corporibus existente quo nobis repræsentantur. At proprietates relatives tales esse affirmant ut certam ad nostras ideas habeant relationem, vi cuius tales ideas constanti lege in nobis excitant, ita ut tamen res longe aliter se habeat ac nobis appareat. Verum alii subtilliores Metaphysici omnes omnino corporum proprietates æque relatives esse existimant, ignorantem prolsus nobis esse intimam.

cot-

corporis naturam afferunt, nullaque proinde afferri posse accuratam definitionem, sed a nostro duntaxat cognoscendi modo defumptam. Quod ut intelligatur, diligenter notandum est ideas nostras proprietatibus illis similes omnino esse non posse, ut externæ hominis figuræ pictura est similis; nam horum utrumque & substantiale est & æque materiale: at idea ad mentem pertinet, nihilque substantiale aut materiale habet, quale est ideæ objectum; quare hoc similitudinis genus ne in ideis quidem per tactus organum excitatis haberi potest. Deinde notandum est talem in omnibus ideis ad objecta ipsa haberi relationem, ut ab iisdem objectis eodem modo applicatis exdem in nostra mente excitentur ideæ; quod quidem in nostris institutionibus metaphysicis suse explicavimus. Itaque philosophi illi nullum inter sensibiles corporum qualitates statuunt discrimen, easque considerant tantum velut actionem, quam corpora certis legibus in sensuum nostrorum organa exercent, ex qua sensatione certa idea in mente excitatur. Sed quidquid sit de variis illis philosophorum placitis ad examen deinde revocandis, interim evidens est hanc objectionem nostræ conclusioni minime contrariam esse, si probe recordemur cultioris physices scopum; consideramus nempe sensibiles corporum qualitates quatenus sunt effectus ad nos & humanæ societatis utilitatem referendi. Perso manifestum est in hoc sensu negari non posse extensionem, *sensibilem* scilicet, quidquid sit de extensionis natura; sed nostrum non efficitas componere

*lites.* At observandum est, cum idealisti confundi non debere philosophos qui extensionem velut phœnomenum habent. Et quidem idealistæ corpora existere negabant, nostrasque omnes sensationes perpetuum errorem esse somniabant. Ab hac autem insania, quam in Metaphysica confutavimus, longe absunt prædicti philosophi qui corpora existere admittunt & ex ipsa partium coexistentia extensionis notionem oriri affirmant. Eodein nimirum sensu extensionem phœnomenum appellant quo color phœnomenum dici solet. In hac hypothesi evanescere & submoveri omnino videtur tota de *vacuo* & *pleno* controversia. Cum enim ex spatii & extensionis notione hæc questio originem habeat, tota hoc revocatur, an scilicet extensio & spatiū sint realitates quæ aliquid substantialitatis habeant, an vero in simplici partium coexistentium ordine consistant. Si questio ita explicetur, jam tota cadit; cum plenum & vacuum meta sint phœnomena. Itaque investigari non debet utrum existat plenum aut vacuum, sed potius instituenda est questio an per phœnomenum vacui aut per phœnomenum pleni naturam nobis possimus repræsentare. Immo cum hic agatur de natura, non prouest in se, sed quatenus nobis appetet, non repugnat vacui & pleni phœnomena simul existere, si non in eodem casu, saltem in casibus diversis. Et re quidem ipsa, pari jure nobis repræsentare licet extensionem ex partibus *similariibus* & sine ulla vi compositam, vel constantem ex partibus dissimilariibus & vi aliqua præditam. In primo casu

casu Leibnitiani vacui, in altero autem pleni notionem fortinamus. Hæc autem explicatio conferri debet cum ris quæ de spatio & extensione diximus in metaphysica. Cæterum hæc omnia quæ incautis nulliusque attentionis hominibus frivola videri possunt, utilissima tamen esse atque gravissima in appendice demonstrabimus.

Instrabis 3. Si vacuum existere fingamus, jam nulla est ratio cur corpora hunc vel illum locum occupent; cum enim similares sint atque uniformes singulæ spatii partes, sine ulla ratione sufficiente ad orientem vel occidentem locata suissent corpora, atque hinc in hypothesi vacui, creationis impossibilitatem arguant Leibnitiani, cum Deus sine ratione nil facere posset; unde sic argumentantur: Admittenda non est opinio illa, quæ receptissimo rationis sufficientis principio repugnat, atqui &c. Ergo . . . Resp. N. Maj. In effectibus materialibus admittendum quidem esse rationis sufficientis principium ostendimus in metaphysica; at in effectibus liberis locum habere non posse ibidem demonstravimus. Porro creatio Mundi pender ab omnipotenti Dei voluntate, quæ est suprema & ultima rerum creatarum ratio. Itaque principium illud in effectibus liberis etiam humanis rejicendum omnino est; immo in effectibus etiam materialibus parce admodum adhiberi debet; neque tantam quam Leibnitiani prædicant utilitatem habere potest; cum enim nos ut plurimum lateat rerum sufficiens ratio, mississima non sunt argumenta quæ ex ratione sufficiente desumi solent. Principium

istud adversus nostram conclusionem minime valere certissimum est; dum enim vacuum admittimus, de spatii natura nobis prorsus ignota nihil pronuntiare audemus, atque fatis nobis est rejicere plenum Cartesianum; neque aliquod affirmare volumus de obscurissima controversia, an plenum & vacuum pro phœnomenis haberi debeant, ut explicavimus in praecedenti responsione. Igitur probe observandum est discrimen inter hypothesisem Cartesianam & Leibnitianam; hæc ultima tum plenum, tum vacuum ut mera phœnomena judicat, neque hæc opinio illud laborat difficultatibus, quibus obnoxia est Cartesiana hypothesis. Ita adversus plenum Cartesianum objici solet motus impossibilitas, cuius quidem objectionis non tanza est vis quanta in vulgaribus physicorum libris jactatur; at in Leibnitiana hypothesi nulla est omnino. Dum enim dicunt Leibnitiani corpus aliquod data velocitate datum spatium percurrere, motus & spatii nomine non intelligunt realitatem aliquam in rebus existentem, sed duntaxat ideam confusam, quam mobilis perceptio diversisque coexistentiæ ordo in anima producunt. Hoc modo interpretandum esse ajunt celebratissimum Zenonis argumentum de Achille & testitudine. Et quidem minus verisimile existimant eo insanæ unquam devenerisse aliquem ut motum prout est phœnomenum negare potuerit, eumque a Zenone negatum fuisse opinantur in eo duntaxat sensu quod notiones spatii, loci, temporis, motusque sensibilis velut imaginarias habeant. Cæterum tantum abest ut ex hac rerum phys-

physicarum obscuritate tantaque opinionum varietate aliquid utilitatis præclarissimæ huic scientie detrahi possit, quin contra hinc derivari possint utilitates maximæ, quas in appendice demonstrabimus.

## C O N C L U S I O II.

*Corpora omnia innumeris poris pertusa esse demonstratur.*

I. Corpora omnia etiam ponderosissima infinitis propemodum poris seu foraminibus cibrata esse manifestum est exemplo crystalli. Nulla in crystalli superficie assignari potest pars vel minima, quæ non sit eximie pellucida. Hæc autem pelluciditas summa intelligi nequaquam potest, nisi ad oppositæ superficerum puncta radiis lucis pateat facilis transitus. Hinc evidens est crystallum non solum innumeris poris scatere sed nihil fere materiæ omnino solidæ continere. Inde autem ad examen revocari potest auri porositas; notum enim est experimentis, pondus auri esse ad pondus crystalli sub eodem volumine ut 8 ad 1, quare quantitas materiæ in auro est ad quantitatem materiæ in crystallo ut 8 ad 1, ideoque aurum licet si corporum omnium, quæ nobis nota sunt, ponderosissimum, nihil fere habet materiæ, ac proinde infinitis propemodum poris pertusum est. Et quidem si aurum redigamus in tenues lamellas easque microscopio contemplemur, non solum apparent pellucidae, sed variis modis implexæ innumerisque meatus hiantes observantur. Simili ratione

argumentando a *fortiori*, ut dicunt, demonstratur multo magis porosa esse corpora alia.

II. Praecedens demonstratio satis quidem esset; sed affirre non abs te erit experientia nonnulla quæ utilissima esse possunt. Durissima etiam marmora a fluidis plurimis penetrantur, a spiritu vini, a spiritu terebinthinae. Parare docuit clariss. Dufaius di mon. Paris. ann. 1728, 1732, liquores plurimos qui compactissimos quoque lapides facile pervadunt suaque reliquunt vestigia. Hinc si liquores illi variis tingantur coloribus, atque in aliqua superficie ducantur lineamenta, per varia lapidis strata ad oppositam usque superficiem, liquorum vi transmittâ poterit imago qualibet suis pictâ coloribus. Notissima est Physicis perspiratio insensibilis, quæ a primo observatore Sanctorio nomen *Sanctoriana* retinuit; ex octo alimentorum libris quas aliquid uno die fumeret, quinque circiter hic apud nos, ætate vegeta, vita commoda, victu moderato, per transpirationem elabuntur, hujus tamen transpirationis copia major vel minor est pro regionum varietate diversaque cœli temperie. Omnium animalium cutis scatet valis innumeris, quorum aliqua *absorbentia*, alia *exhalantia* vocantur; haec vascula, quæ sub squamulis *epidermidis* oblique patent, tantæ sunt subtilitatis ut computante Leeuwenhoekio in spacio unius arenæ globuli non majori, hient plusquam 125000 hujusmodi meatus. Hi, *absorbentes* scilicet, subtilissimis particulis ingressum; isti autem, nempe *exhalantes*, exitum permittunt. Ex hac corporis humani porositate intelligitur

balneorum usus, per totam corporis superficiem introducili aquæ particulis ad sanguinem usque, cujus moleculas nimium cohaerentes dividunt & ad circulationem facilitiores reddunt. Hæc summa porositas in arboribus plantisque omnibus observatur; vegetabilia omnia e terræ gremio per pores suos succum nutritum hauriunt & per totam substantiam quaquaversum propagant. Legenda sunt pulcherrima hac de re experimenta quæ habuit clariss. Haleius in *Historia vegetabilium*.

Neque prætermittenda est ovorum porositas ex qua trahi potest utilitas non exigua. In suprema ovi recens exclusi superficie videte est substantiam quandam lacteam; hæc autem progressu temporis evanescit per ipsos corticis poros. elapsa, atque hinc ova nutritioni minus fiunt idonea & tandem corruptioni obnoxia. Ut autem hæc materia servetur integra ovaque a putredine liberentur, hoc remedium excogitavit Reamutius. Ovi putamen adipe ovina, vel etiam vernice, ut vocant, facta ex spiritu vini ex omni parte imbuunt; hoc artificio materie lacteæ exitus precluditur, & ova per plures menses integra servari possunt, non secus ac si recens fuerint exclusa; quod quidem in longinquis navigationibus imprimitis uile esse potest.

In vulgaribus physices institutionibus describitur atramentum quod *simpaticum* vocant; hoc autem modo parari solet. Lythargyri uncia una sumatur quæ cum acetii distillati uncus quinque vel iex misceatur; ubi autem acetum lythargyro probe saturatum

est, illud per chartam de more percoletur. Hoc liquore qui *acesum Saturni* a chymicis appellatur, utendum est ad exarandos characteres, quos non magis conspicies quam si aqua scriperis; verum si adhibeatur liquor alias mox dicendo artificio comparandus; jam characteres pulchre sunt conspicui. Itaque capiatur auripigmenti uncia una, quam cum calcis vivæ uncis duabus mixtetur, mixturæ immittatur aqua, habebitur liquor alter quo imbuenda est charta aliqua characteribus antea descriptis imposita, centum etiam interpositis chartarum soliis, statim hujus liquoris particule multa permeant chartæ solia, & characteres qui antea oculos fugiebant præclare nigros legemus taque intrabimur.

Ex descriptis experimentis patet innumeris poris pertusa esse dura cuiuslibet speciei corpora; unum duntaxat in corporibus fluidis experimentum afferre satis erit. Fluidorum porositas inde facile colligitur quod fluida quædam se invicem imbibant. Si intra tubum in quo oleum vitrioli continetur cera infundatur aquæ quantitas & volumina respectiva notentur, mixtione facta atque fermentatione sedata, volumen invenitur justo minus. In aliis mixtionibus plurimis idem se expertum fuisse testatur Muskebroekius; sed generatim fluidorum omnium porositas ex diversa eorum gravitate specifica facile patet. Iraque ex his omnibus sic concluditur: Admittenda est summa illa corporum porositas, quam capta in omni corporum genere experimenta demonstrant; atque &c. Ergo ..

Qbjc.

Objic. Si corpora omnia innumeris poris pertusa sunt, jam absoluta corporum pondera non cognoscimus; ignota enim est materiæ quantitas, ac proinde & ignotum pondus, quod materiæ quantitati proportionale est; atqui id repugnare videtur. Ergo &c...

Resp. C. Maj. N. Min. Nullum inveniri potest corpus perfecte solidum, quod quidem si invenire liceret, jam innotesceret quantitas materiæ in singulis corporibus, illorumque proinde pondus absolutum, conferendo scilicet datam aliquam materiæ portionem cum pari volumine diversorum corporum. Quamobrem cum tali corpore perfecte solido careamus, superfluis conjecturis indulgent otiosi philosophi, qui fictitiis hypothesibus materiæ quantitatem determinare conantur; immo totum hoc Universum ex materiæ quantitate valde exigua constare probabilissimum est, & præjudicatas hac de re vulgari opiniones demonstrabimus, ubi sermo erit de materiæ subtilitate.

Inst. I. Si tanta sit corporum porositas, in errorem nos perpetuo inducerent sensuum organa, falsisque sensationibus nos perpetuo deciperet Deus; atqui hæc illusio divinæ veracitatis repugnat. Ergo . . . Resp. N. Maj. Plerimæ sensuum fallaciae per ratiocinationem philosophicam ad examen revocari atque emendari possunt, nec sensibus temere credendum est: *Non est judicium veritatis in sensibus*, inquit S. Augustinus. Itaque Deus ad sensuum errorem nos minime cogit. Præterea superbissimos se ostendunt philosophi qui humanas cognitiones ultra justos limites longius extendunt:

pauca admodum novimus in rebus philosophicis; atque in hac cognitionum nostratum imbecillitate non violatur divina veracitas, sed contra maxime commendatur optimi Numinis infinita bonitas, cui placuit eas tantum hominibus concedere cognitiones quæ ad justas vitæ hujus utilitates, & ad finem ultimam vitam scilicet æternam perducere possunt.

Inst. 2. Si corpora tot poris pertusa sint, jam per omnium corporum poros perpetua effluenter corpuscula, per ipsos quoque corporis humani poros necessaria ad vitam fluida erumperent; atqui hæc perpetua effluvia repugnant oinnino. Ergo &c. Resp. N. Min. Re quidem vera ex singulis corporibus perpetua exeunt effluvia, quæ quidem ponderis jacturam aliquando demonstrant, interdum autem nullam, pro varia effluviorum subtilitate. Hanc effluviorum tenuitatem fere incredibilem ostendunt corpora odorifera, quæ per plures annos absque ullo, quod observationibus & experimentis conspicuum esse possit, ponderis detimento, subtilissimas emitunt particulas quibus organi olfactori papillas pungi atque vellicari necessum est. Quod autem per corporis humani poros necessaria ad vivendum fluida non erumpant, id repetendum est ex diversa fluidorum pororumque figura, cuius eam oportuit esse varietatem ut in sani corporis statu necessariis fluidis exitum prohiberet. Itaque rursus semperque laudanda est divina bonitas, quæ admirabilem corporis nostri structuram ita composuit ut vivere possemus, & quantum ipse Dens vel-

Ict viveremus ad immortalem vitam deinde transituri.

## ARTICULUS II.

*De extensione impenetrabili.*

I. Impenetrabilitatem jam definivimus eam corporis proprietatem, qua sit ut singula corpora omnibus aliis corporibus undiqueaque prementibus resistant, & quandiu aliquem occupant locum corpora alia ab eodem loco excludant. Porro hic sermone habemus de impenetrabilitate sensibili quallem per contactum sese manifestat. Non desunt quidem doctissimi viri qui nullam accuratam continuitatem, aut soliditatem admittunt; omnemque contactum immedio- tum excludunt. Censem ergo materiam omnem & corpora constare punctis prossimis indivisibilibus & inextensis, que puncta semper a se invicem distent aliquo inter- vallo quod imminui quidem possit in infinitum, sed non possit auferri sine punctorum penetratione; putant scilicet puncta illa praedita esse quibusdam viribus quas *repulsivas* appellant; vires nempe illæ, immunitis in infinitum distantiis augmentur in infinitum, ac proinde puncta in minimis distantiis cogunt a se invicem recedere, donec tandem in certa distantia, adhuc tamen minima nullæ sunt, tum directio- nem mutent, & mutato nomine dicantur attractivæ. In hac igitur hypothesi punctorum vires crescunt atque decrescent, mutataque directione migrant ex attractivis.

in

in repulsivas, & contra. Illa tamen puncta viribus attractivis & repulsivis donata firmissimas possunt massas constituere, ubi nempe posita sunt in iis a se invicem distantia, in quibus, immunita vel tantisper distantia, ingens habetur vis repulsiva, distantia autem aucta ingens habetur vis attractiva. Itaque ex harum virium natura oritur impenetrabilitas, non ex immediato contactu. Porro quamvis in hac opinione nullus sit contactus immediatus, existit tamen contactus physicus & sensibilis; tantillæ enim sunt punctorum distantiae ut omnem sensum subtilitatem longe surgant. De hoc argumento, iterum oblata occasione, breviter nobis dicendum erit; quia vero minima punctorum intervalla sub sensu non cadunt, sed omnes perinde se habent quoad effectus physicos quos quidem in nostris institutionibus unice considerandos nobis proponimus; hinc de impenetrabilitate sensibili & physica duntaxat hic sermo est.

II. Hanc impenetrabilitatis seu soliditatis speciem perpetuo experimur; sive enim quiescamus, sive moveamur, continuo deprehendimus alia corpora quibus nostrum corpus innititur, resistere & resistendo impedit ne telluris superficiem profundius penetremus. Dum quotidiana necessitate corpora contractare cogimur, resistentiam manu sentimus, atque ex hac resistentia originem habent explicatae antea conflictum leges. Hæc proprietas corporibus omnibus competit, sive fluida sint, sive firma, sive dura & fixa, seu mollia & facile

cile mobilia; fluida enim in vasculis conclusa atque compressa resistentiam ostendunt, ne quidem excepto aere fluido tenuissimo. Quamobrem licet sensu tactus illam non deprehendamus resistentiam nisi in materiæ partibus quæ possunt tactus organum afficere, tamen, per analogiam naturæ, hanc eandem resistendi vim ad corpora subtiliora sensibus impervia transferre licet. Cæterum patet hanc corporum proprietatem cum vi inertiarum conjunctam esse & ex ea pendere, atque hinc intelligitur ratio, cur præter vulgarem consuetudinem, ultimo loco tractatum sit de extensione impenetrabili atque etiam de penetrabili, cuius notionem ex ipsa impenetrabilitate hauimus atque derivamus.

III. Ex hactenus explicatis manifestum est impenetrabilitatem sive soliditatem corporum duritie longe distinguendam esse, quod quidem non satis accurate præstiterunt aliqui. Et quidem durities est firma quædam partium connexio saltē *sensibilis*, qua fit ut partes illæ ægre divelli possint & molem quandam constituant cuius figura difficulter mutatur. At soliditas de qua hic agimus mollioribus durisque corporibus competit. Nec confundi debet soliditas geometrica cum soliditate physica. His gradibus progrediuntur Geometræ. Corpora primum considerant simul cum sensibilibus eorum proprietatibus, a quibus deinde abstractibunt; & tandem corpora velut quandam extensionis penetrabilis, divisibilis & figuratae portionem contemplantur. Itaque corpus geometricum nihil est aliud quam exten-

tensionis pars aliqua undequaque terminata. Tres hujus extensionis dimensiones generali velut prospicuū primum spectamus; verum ad facilius determinandas proprietates singulas, unicam deinde separamus dimensionem, longitudinem scilicet, alteram postea adjungimus nempe latitudinem & superficiem consideramus; tandem tres dimensiones simul, hoc est, totam soliditatem complectimur. Hinc facile refellitur duplex censorum genus; alii sunt sceptici qui inconcussa matheſeos theorematā laheſtare conantur, eaque falsis hypothēſibus commentitiis, nempe lineis & superficiebus innixa esse obganniant. Alii sunt imperiti quidam physici, qui veritates geometricas velut superfluis abstractionibus fundatas fatidiose traducunt. Ad hunc ipsum articulum referri potest celeberrima in scholis controversia de extensionis divisibilitate in infinitum; hæc quæſtio nobis videtur *logomachia* aliqua labore; quod quidem in disputationibus plurimis persæpe contingit. Dum disputant philosophi de extensionis divisibilitate, vel rem intelligunt de extensione *abtracta* & *geometrica*, vel de extensione *physica*, & de qualibet materia portione. Rursus autem divisibilitas illa vel est *geometrica*, hoc est, in qualibet extensione concipi possunt & revera existunt partes numero infinite, vel divisibilitas illa est *physica* & *actualis* ita ut extensio quælibet in infinitum dividi possit. Hic est celeberrimæ quæſtionis status, jam partes singulas explicabimus.

IV. Physicam & actualem extensionis di-  
vi-

visibilitatem in infinitum locum habere non posse evidens est; cum experimentis certissimum sit post certum divisionum numerum sensibus nostris evanescere omnino extensionis phœnomenum, ita ut subtilissimis etiam organis sese subducatur. Si quæstio sit de extensione physica & de qualibet materiae portione, jam tota res pender ex philosophicis litibus, quæ adhuc sunt sub iudice. Etenim cum ignota nobis sit int̄ corporum natura, certo afferere non possumus corpora ex simplicissimis inextensisque particulis esse composita; in hac autem opinione manifestum est materiam non esse in infinitum divisibilem. At si eam teneamus aliorum philosophorum sententiam quæ materiæ portionem quamlibet etiam minimam velut continuam & extensam admittit, jam certum est materiam esse in infinitum geometrice divisibilem. Itaque tota quæstio pender ex corporis natura; quam quidem in ultimo physices articulo, quantum partitur rei obscuritas, meditabimur, nostramque ignorantiam fateri non dubitabimus. Interim sit

### C O N C L U S I O .

*Extensio qualibet in infinitum geometrice divisibilis demonstratur.*

1. Extensio qualibet geometrice considerata nullas habet partes determinatas; cum enim tota extensionis geometricæ notio in sola partium coexistentium coniunctione posita sit; indeterminatus omnino est partium

ista-

istarum numerus, nec extensionis notionem ingredi debet. Itaque pro arbitrio assumi potest partium numerus; nempe fingere sicer in extensione aliqua contineri decem vel mille partes &c. prout pars aliqua pro unitate adhibetur; ita linea aliqua duas continebit partes, si pars dimidia pro unitate habeatur, decem vel mille partes habebit, si pars decima vel millesima usurpetur pro unitate. Quare cum unitas illa sit omnino indeterminata, indeterminatus etiam erit partium numerus, quem proinde numerum in seriem infinitam abire concipi potest. Igitur extensio continua erit geometricae divisibilis in infinitum.

Hanc eandem ratiocinationem in qualiter corporum dimensione obtinere evidens est. Et quidem corpus triplici dimensione praeditum suos habere debet limites atque terminos; alioquin finitum non foret atque determinatum. Igitur corpus habere debet reales limites, qui binas tantummodo habeant dimensiones in longum & latum. Etenim utcumque exigua profunditas assumeratur, ejus pars interior ad terminum seu limitem pertinere non potest. Is autem terminus latitudine sola & longitudine praeditus, dicitur *superficies*. Item superficies quævis finita suum habere deber terminum qui simili argumento latitudine careat, & is dicitur *linea*. Eodem pacto terminus erit *punctum* nulla extensione praeditum. Igitur superficies, linea, punctum non sunt materia seu corpus, sed meræ corporis affectiones, quæ sine ipso & per se subsistere non possunt, nempe haberi debent tanquam

quam termini & limites materiae reales quidem; neque a nostra imaginandi vi pendet quod dimensiones finitae terminum aliquem seu limitem habeant, qui ad ipsas non pertineat. Itaque nec superficies erit pars corporis, nec linea pars superficie, nec punctum pars linea, sed realis terminus, nec proinde corpus repetitione & suprapositione superficii, nec superficies repetitione linea, nec linea repetitione puncti, sed ductu quodam continuo generabitur. Hinc statim patet binas quasque superficies vel in unicam coalescere & congruere, vel corpus aliquod triplici dimensione praeditum intercipere, binas lineas intercipere superficiem, bina puncta intercipere lineam; nec ullam proinde superficiem superficie, lineam lineas ita proximam esse, aut punctum puncto ita vicinum ut nihil mediæ distantiæ intersit. Ita si corpus quod continuum concipiatur & solidum, sectione quadam plana secetur, evidens est alteram sectionem priori ita proximam fieri non posse ut nihil corporis inter ipsas sit, sed nova sectio vel aliquid intercipiet, vel cum priore penitus congruet. Intervalli autem hujus medium aliquod erit quod nimirum cum neutro extremito congruere potest, ne ipsa itidem extrema congruant, intervalllo omni sublato. Quare dimidiis intervalli rursus haberi poterit pars dimidia & ita deinceps in infinitum, ac proinde habebitur necessario divisibilitas in infinitum.

II. Eandem extensionis divisibilitatem in infinitum evincunt argumenta geometrica

Jaco. Phisica Pars I. L. in-

innumerā. Infiniti numero duci possunt circuli, alii aliis maiores qui eandem rectam & se invicem contingant in uno puncto, ideoque in infinitum dividere possunt finitum intervallum, quod inter tangentem circumflexum minimum intimum comprehendetur. Inter easdem parallelas duci possunt parallelogrammi, alii aliis longiores in infinitum, exigui utcumque parallelogrammo aequales. Ex longissimæ cujusvis lineæ rectæ divisionibus quotcumque agi possunt lineæ parallelæ, itaut extremæ transeant per extrema puncta rectæ cujusvis utcumque exiguae, quam omnes secabunt in totidem aequales partes quot illa longissima recta habebat, nec unquam exhaustetur exiguum illud intervallum, quod semper superest, nec rectæ congruent. Alia ejusmodi sexcenta adhiberi solent, & quæ vim habent summam & severam demonstrationem efformant pro spatii & extensionis divisibilitate; si enim continua realisque extensio admittatur, jam superficies, linea, punctum non sunt mentis nostræ figmenta, sed realis extensionis reales termini. Nihil tamen ex geometria petitum evidentius faciliusque demonstrat extensionis divisibilitatem in infinitum, quam illud Geometris notissimum, quod nenie datis binis rectis possit semper inveniti tertia continue proportionalis post ipsas. Si enim assumatur recta quævis utcumque parva, cum alia utcumque magna quæ illam contineat vicibus quotcumque, semper invenietur tertia post hanc & illam, quam hæc totidem vicibus contineat, ideoque continebit hæc tot pars.

tes

tes quot libuerit, & quemadmodum nullus erit limes ultra quem augeri non possit hæc magna linea, ita nullus itidem erit ultra quem illa tertia imminui non possit.

Hæc quidem argumenta ex primis Geometriæ elementis desumpta sunt; sed iis quoque consolendum qui rebus geometricis haud astueti, demonstrationum evidentiam facile non percipiunt; quare liber argumentum unum physicum ex motu peritum proferre. Si extensum constaret ex indivisibilibus, æque veloces forent motus omnes, nec minus spatium eodem tempore percurreret segnissima testudo quam velocissimus cursor. Etenim non posset testudo minus spatium eodem temporis puncto percurrere; indivisible enim ponitur spatium temporis puncto indivisibili descriptum, ac proinde cum repugnet indivisibile alio indivisibili minus, spatium minus a testudine percutri repugnat, quare spatium æquale describet. Idem dicendum de alio quovis tempore, ac proinde spatia æqualia ab utroque semper describentur, & cursor velocissimus non plus conficiet spatii quam testudo tardissima, quod est absurdum. Plurima alia ejusdem generis absurdia ex eadem indivisibilium hypothesi colliguntur, verum quæ dicta sunt sufficient; cæterum evidens est præcedentes demonstratione valere etiam pro materia divisibilitate, si materia continuam extensionem habere ponatur. Etenim singulis spatii partibus singulæ respondebunt materiae partes quæ proinde non fecus ac spatium erunt in infinitum divisibles. Verum in hypothesi Leibnitiano-

rum & aliorum philosophorum qui inextensa & simplicissima materiae puncta admittunt, jam materia non erit divisibilis infinitum, & ideo hanc nostram conclusio-  
nem de sola extensione enuntiavimus.

Objic. Si extensio divisibilis esset in infinitum, in quovis extenso existeret numerus partium infinitus, quo posito maximum sequeretur absurdum. Nam si numerus partium infinitus in quovis extenso datur, nullus haberi posset motus, ne quidem per minimum spatium, cum in minimo spatio numerus partium sit infinitus. Ergo &c. .... Resp. N. sequelam Ant. & Conf. Quamvis numero infinitae sint spatii percurrendi partes, eaque nonnisi tempore aliquo a mobili percurri possint, illae ta-  
men partes non sunt finitae magnitudinis, sed infinite parvae; hoc est, ut vocant, *infinite* *parvae*. Hinc ut percurrantur non egent tempore finito, sed tantum particula tem-  
poris infinite parva, nisi fingamus mobilis celeritatem esse infinite exiguam. Ratio est quia tempus non secus ac spatium divi-  
di potest in partes multitudine infinitas & magnitudine infinite parvas. Itaque si mo-  
bilis celeritas finita sit, qualibet infinite parva spatii particula in homologa tempo-  
ris particula a mobili absolvetur; ac proin-  
de totum aggregatum multitudinis infinitae particularum infinite parvarum spatii, seu  
totum spatium finitum describetur a cor-  
pore in aggregato multitudinis infinitae tem-  
pusculorum infinite parvorum; seu tempo-  
re finito. Quare falsum est, posita divisi-  
bilitate in infinitum, nullum haberi posse

motum, ne quidem per minimum spatium, sive minimum spatium nonnisi infinito tempore percurri posse. Quod ut magis declaretur, probe attendi debet jam antea fusi explicata temporis, motus, spatiique analogia. Tres illae notiones ita necessario sunt conjunctae ut una alteram individuali nexo contineat. Nulla extensionis alicujus determinatae clara idea haberi potest, nisi nobis exhibeamus mobilis alicujus velocitatem datum spatium dato tempore percurrentis; & viceversa mobilis alicujus velocitatem clare intelligere non possumus, nisi ope spatii dato tempore descripti. Hinc sit ut ex tribus temporis, velocitatis, spatiique conditionibus, datis duabus, tertiam inveniant Geometrae; ut explicavimus in articulo de motu.

Instabis r. Si extensio contineat partes numero infinitas; infinitum contineretur in infinito; extensio enim finita haberet partes multitudine infinitas; quod quidem absurdissimum est. Ergo &c. . . . Resp. Dicit. Ant. extensio finita contineret partes numero infinitas, sed infinite parvas, C. Ant. partes numero infinitas & finitæ magnitudinis, N. Ant. Quate N. Cons. Hoc objectio falsa laborat hypothesei, quod nempe quantitas aliqua ex partium numero tantum estimari debeat; cum tamen certum est sit eam ex partium multitudine & magnitudine simul estimandam esse. Igitur quantitas finita continere quidem non potest partes finitas numero infinitas; potest tamen dividiri in partes numero infinitas & infinite parvas. Et quidem si partium ma-

gnitudo eadem ratione minuatur, qua eorum numerus augetur, totum ex his omnibus partibus compositum idem manebit, ac proinde finitum erit, etiamsi partium numerus augeatur in infinitum. Exempli plurima suppeditat Arithmetica, fateatibus ipsis adversariis, ubi numerorum series est infinita, manente tamen summa seriei finita. Ita demonstrant Arithmetici seriem in infinitum.

I I I I  
continuatam  $\frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{8}, \frac{1}{16}$  &c. unita-

ti aequaliter esse; at nemo negabit seriem hanc infinitas partes habere. Verum ut huic argumento aliisque id genus plurimis parentur responsio, tollenda est omnis vocabuli ambiguitas. Dum extensionem in infinitum geometrice divisibilem esse demonstramus, quæstio minime est de *actuali* infinitæ divisionis possibilitate; hoc unum intelligi volumus, in minima qualibet extensionis parte minores alias concipi posse particulas, atque hoc ipsum est quod divisibilitas in infinitum appellari solet; nomine enim infiniti venit id omne cuius limites assignari non possunt.

Instabis 2. Si extensio qualibet finita dividì possit in partes numero infinitas, magnitudo quantumvis exigua in tot partes dividì poterit ac qualibet alia quantumvis maxima. Maxima itaque aequaliter minima; immo omnes quotcumque magnitudines utcumque diversæ, aequales erunt, utpote ex æquali partium numero, nempe infinito, constitutæ; quod quidem absurdum vitari non potest, nisi dicatur magnitudines esse infinitas alias aliis majores, hic autem ip.

infinitus infinitorum ordo a ratione omnino alienus videtur; ergo quocunque se vertant hujus opinionis patroni, multis fere implicant ambagibus & absurdis. . . . Resp. N. seq. Ant. & Conf. Responsio ad primam objectionis partem patet ex responsione praecedenti. Etenim quodnam est absurdum duas magnitudines inaequales in eundem partium numerum dividiri? An quia partes sunt numero aequales, composita sunt aequalia? Si hoc verum esset, verum irideum foret pedem digito aequari; pes enim non secus ac digitus in duodecim partes dividitur. Quod spectat alteram objectionis partem, diversum nempe infinitorum ordinem, res est difficilior. Ut autem haec objecatio & rora simul quæstio in bono lumine colloctetur, sublimem quantitatum infinitarum & infinitesimarum doctrinam, quantum per harum institutionem prescriptam facilitatem nobis facere licet, explicabimus.

Quantitatum infinite parvarum nomine haec tenus adhibuimus, verum id fecimus brevitatis causa & ut receptum servaremus loquendi usum. Et quidem nulla quantitas in se spectata & sine nostro cogitandi modo, aut infinite parva est aut infinite magna, sed in se determinata est & finita, quod facile patet ex demonstratis de extensionis divisibilitate. Et certe data quavis magnitudine utcumque parva vel utcumque magna, illa semper minor in primo casu, & alia semper major in casu altero haberi potest; nobis enim licet quantitatem exiguum vel ingentem considerare, primaque minuere, alteram augere, abstra-

hendo animuin a quovis limite determinato. Priorem quantitatem dicimus *infinitesimam* vel *infinite parvam*, quantitatem alteram appellamus *infinitanam* vel *infinite magnam*, accipiendo infinitum pro indefinito, quod diligenter notandum est, cum infinitum nusquam sit in rebus, sed in nostro concipiendi modo. *Finitam* disimus quantitatem quamvis, quæ vel non concipiatur variabilis, vel si concipiatur variabilis, ultra quosdam determinatos limites variabilis non consideratur; rationem quam duas quantitates finitæ habent ad se invicem, *rationem finitam* vocamus. Unam e quantitatibus, quæ imminutæ concipiuntur ultra quoscunque limites & *ad arbitrium assumptas*, dicimus *infinitesimam primi ordinis*. Si sit quantitas alia, quæ ad hanc *infinitesimam* habeat rationem, quam ipsa *infinitesima* habet ad quantitatem finitam, quantitatem hanc dicimus *infinitesimam secundi ordinis*, & ita deinceps. Viceversa, si quædam quantitas sit ad finitam quantitatem illam ut illa ad *infinitesimam primi ordinis*, eam dicimus *infinitam ordinis primi*, & eodem patere superiores infinitorum ordines definimus. Hæ autem quantitatum *infinitesimatum* & *infinitatum* notiones sunt omnino distinctæ.

His explicatis jam pater diversos esse infinitorum & infinitesimorum ordines; nam circuli diameter, quæ finita est se habet semper ad chordam ut est chorda ipsa ad abscessam, ac proinde si in circulo singatur chorda infinite parva primi ordinis, erit abscessa infinitesima ordinis secundi. Si autem chorda sit infinitesima ordinis secundi, erit ab-

abscissa infinitesima ordinis tertii & ita deinceps. Itaque ex infinitesimis primi ordinis statim derivari evidens est quantitates infinitesimas aliorum ordinum, ac proinde etiam varios infinitorum ordines. Hinc non satis claram hujus doctrinæ cognitionem habuisse videtur D. Niewentit, qui concessis infinitesimis primi ordinis, alios infinitesimorum ordines rejectit. Id ergo probe recordandum est, infinite parvas & infinite magnas quantitates a nobis quidem admitti; sed in eo duntaxat sensu quod quantitates istæ sint indefinitæ, hoc est, ut augeri vel minui concipientur ultra quoscumque limites. Constituta autem talium quantitatum definitione accurata, alteri objectionis partis factum est, atque eriam aliis objectionibus plurimis, que ex quantitatuum illarum natura non satis explicata desumi solent.

Superest ut de eorumdem quantitatuum usum quem quidem in nostra physica aliquando usurpavimus, breviter aliquid adjungamus. Utus omnis positus est in compatandis inter se quantitatibus finitis, eorumque rationibus & affectionibus determinandis. Si comparatis inter se binis quantitatibus finitis, negligantur differentiae, que eorumdem quantitatuum respectu sunt infinite parvae, vera æqualitas haberi debet, nec ullus ne infinitesimus quidem error committi potest. Etenim finitæ quantitates dicuntur illæ, quæ sunt in se determinatæ, infinite autem parvae ex vocantur, quæ concipiuntur minuti ad arbitrium ultra quoscumque limites in se determinatos. Porro his neglectis quantitatibus, nullus error ne quidem ini-

Finiteimus oriri potest; si enim inæquales essent finitæ quantitates illæ, haberent differentiam aliquam in se determinatam. Quoniam autem quantitates infinitesimæ minuti possunt ultra quoscumque limites in se determinatos, omnes simul poterunt esse minores differentia qualibet determinata. Itaque minus accurate loquuntur aliqui dum dicunt negligi posse quantitates infinite parvas, quia error est infinite parvus; revera enim nullus est. Igitur tota res huc reducitur, ut nempe, ad demonstrandam duarum quantitatuum æqualitatem, ostendatur differentiam esse assignabili qualibet differentia minorem. Hanc autem methodum accuratissimam omnino esse, nullique errori obnoxiam evidens est; tota enim pendet ex hoc Euclidis theoremate, nempe: *Quantitates duas sunt æquales, si differentia sit quantitate quilibet assignabili minor; etenim si forent inæquales, differentia posset assignari; quod est contra hypothesim.* His fundamentis innitur calculus infinitesimalis, qui primarum & ultimarum rationum vel etiam limitum calculus, cum Newtono rectius appellari potest.

### ARTICULUS III.

#### *De figurabilitate.*

I. **F**igurabilitas appellatur illa corporum proprietas qua sit ut externa illorum superficies in longum, latum, & profundum certo modo extendatur atque terminetur. Intricatissimæ a philosophis proponi solent quæstiones duas: 1. est: An minimæ elementares particulae, ex quibus corpora componuntur perpetuam ac determinatam habeant figuram, quæ nulla naturæ vi frangi possit:

2. au-

autem est: An corpora per diversam minimarum particularum naturam specie distinguantur; an per solam earumdem particularum dispositionem. Sed quidquid sit de illis duabus questionibus speciali conclusione mox explicandis, certum est corpora in tenuitatem immanem reduci posse; quod paucis utilioribus experimentis demonstrare satius erit. Auri difficultatem fere incredibilem contemplemur & ad calculum revoce-  
mus. Aurum malleo tunditur & in lamellas extenditur. Pes cubicus auri pondus habet librarum 1349, seu unciarum 21584; nam 16 unciae libram Parisiensem consti-  
tuunt. Jam vero linea eandem habet rationem ad pedem, quam habet i ad 144. Quare si numeri ad potentiam cubicam eveniantur, erit linea cubica ad pedem cubicum ut 1 ad 2985984, hoc est pes cubicus lineas cubicas 2985984 continet, sed pes cubicus auri pondus habet unciarum 21584; ergo si per hunc numerum antecedens numerus di-

vidatur, quotus 138 +  $\frac{739^2}{1584}$  exprimet quo-

lineas cubicas uncia auri comprehendat. Jam si ex uncia auri formetur cubus, illius

latus seu altitudo erit  $5 + \frac{1}{6}$ ; haec enim

est radix cubica numeri praecedentis quam proxime. Quare si numerus hic in seipsum

ducatur, erit basis cubi  $26 + \frac{25}{36}$  linearum

quadratum. Præterea sciendum est artifices,

qui aurum tundunt ac in tenues lamellas extendunt, unciam auri ita attenuare & in tam amplam redigere laminam, ut ex illa commode ducant 2730 bracteas quarum latera quaquaversum sunt linearum 34, negligitis segminibus quæ tamen sunt ponderis dimidii. Jam si bractearum latera sunt 34 lin. erunt in bractea qualibet lineæ quadratae 1156, ita ut, si bracteæ omnes in unam denuo coeant superficiem, habeatur superficies linearum quadratarum 3155880, cui numero si vel tertia pars pro segminibus addatur, id est, si addas 1091560, patet opifices ex unica auri uncia efficere 4207840 lin. quadratas visibiles; sed hujus superficie ampliudo nempe linearum quadratarum 4207840,

25

continet basim istius cubi nempe 26 + —  
36

vicibus 159092. Ergo uncia auri efformata

in cubum 3 + —  
6

lineis altum, dividitur in lamellas quadratas 159092. Porro quodlibet lineæ quadratae latus, instrumenti acuti mucrone in 6 saltem partes dividitur, ac proinde integra quadrata linea in partes 36. Quare si numerus linearum quadratarum 4207840 multiplicetur per 36, nemper per numerum partium in quavis linea facile visibilium, productum 151482840 exprimet numerum partium, quæ in unica auri uncia conspici possunt, quod prorsus mirum videbitur.

Sed longe major appareat auri ductilitas, si tenuissimæ aureæ lamellæ argentum ac filum

filam fericum circumvestientis crassities examinetur. Artifices massam argenteam sumunt ponderis 8 libr. quam componunt in cylindricam figuram altitudinis duorum pedum cum digitis 8, seu lin. 284 cujus peripheria est 2 dig. cum lin. 8. seu 35 lin. quæ si ducatur in altitudinem cylindri, superficies prodibit 13440 lin. quadr. superficiem hujusmodi aureis bracleis obducunt quarum pondus semiunciam adæquat. Tum cylindrum sic inauratum per diversa laminae chalibeæ foramina trajiciunt, & massam illam ita extendunt ut capillarem subtilitatem imitetur & in ipsa tamen superficie inaurata maneat; atque hinc massa cylindrica in tenuissimum filum traducitur, cujus fili pondus grana 36 adæquat; in 150 pedes extenditur, ac proinde totus cylindrus in filum 307200 pedes longum extendi potuerit; reducatur enim cylindri pondus in grana, libra Gallica 16 uncias continet, hec drachmas 8; drachma 3 scrupulos, hic 2 obolos, obulus 12 grana, pondus 8 libr. continebit grana 73728. Itaque ad habendam longitudinem ad quam totum cylindrus produci potest, dicatur 36: 150 = 13728. ad quantum proportionalem 307200, atque hec ent. longitudo tenuissimi fili: Ergo semiuncia auri in tot visibiles partes distribui potest quot lineas complestantur pedes 307200, nempe 44236800 lineas; sed linea in 6 visibiles partes ad minimum dividiri potest; quare si 44236800 numerus linearum quæ in 307200 continentur, in 6 ducatur, numerus 265420800 designabit partes visibiles in dimidia auri uncia. Verum postquam filum per

per angustissimum laminæ chalybeæ foramen  
trajectum est, inter duas rotas chalybeas  
lævigatissimas complanatur, & cylindrus in  
binas planities parallelogrammas reducitur;  
ac proinde numerus partium quadruplo ma-  
jor distingui poterit in tenuissima lamella,  
quæ tamen semper continua & inaurata ap-  
paret, itaque numerus partium in auri se-  
minutia oculo inermi conspicuarum erit  
1061682200. Postquam massa cylindrica in  
prædictam longitudinem exporreta est, te-  
nuissimam acquirit crassitatem ita ut illius  
diameter vix aequalis sit crassitatem auri lon-  
gissimam argenteam lamellam vestientis, quæ  
quidem crassities a Clariss. Reamurio statui-

tur non major —— lineæ. Immo si con-

274881 sideremus auri bracteas non ubique ejusdem  
crassitiei, sed in aliquibus locis duplo graci-  
fiores apparet crassitie auri argenteam la-  
mellam obducentis, in quibusdam partibus

major non erit —— unius lineæ; quæ qui-

100000 dem crassities minor adhuc fieri poterit, si  
argentea lamina sic inaurata rotis diligentius  
fuerit subacta. Rem longius describere & cal-  
culi apparatus subjicere placuit, ob miran-  
dam omnino & stupendam artis subtilitatem.

Quamvis tanta non sit vitri ductilitas,  
hæc tamen philosophorum meditationibus  
dignissima est, & artificum laboribus ali-  
quando fortasse perficienda. Notissimum est  
artificium quo vitrum in longissima subti-  
lissimaque fila protrahi solet. Vitri frustu-

læna

Iam flammæ admovetut, vi ignis subigitur & in mollem veluti ceram redigitur. Quo facto, uncinus vitreus fuso vitro adhibetur & deinde retrahitur; uncino autem retracto abducitur filum vitreum massæ vitreæ perpetuo adhærescens; filum illud uncino interceptum rotæ circumponitur, & rotæ rapidissime pro arbitrio circummagitur quæ fila vitrea ipsam rotæ circumferentiam perpetuo amplectuntur. Tanta autem aliquando obtinetur filorum subtilitas ut araneæ telæ tenuitatem amulentur. Observavit clarissimus Reaumurius cum filorum tenuitate ipsam quoque flexibilitatem crescere, ita ut vitrea fila ad majorem subtilitatis gradum perducta pannos atque hominibus vestimenta præbere possent. Hujus utilitatis specimen aliquod videre est in puerilibus ornamentis ex mobili vitreorum filorum fasciculo contextis; talia enim ornamenta capiti imposita capillorum instar flectuntur, nec franguntur aeris motu agitata. Plurima alia experimenta legere est in vulgaribus physicorum libris qui omnium manibus teruntur.

II. Admiranda plane est materiæ subtilitas ad quam ars pervenire potuit; sed longe major est & omnem imaginandi vim superat particularum tenuitas quam in corporibus nonnullis ipsa natura demonstrat. Lucis radios corporaque odorifera iterum contemplare satis esset; sed jucundissimum argumentum alio exemplo illustrare non abs te erit. Solertissimus naturæ indagator Leewenhoekius in aqua per aliquot dies asservata exquisite microscopii ope minima ob-

obseruavit animalcula , quorum mille ce-  
tena millia vulgaris arenæ globuli magni-  
tudinem non excedunt . Jam cum animal-  
culum quodvis sit corpus organicum , per-  
pendamus paulisper quam delicatulæ & sub-  
tiles esse debent partes ad ipsum consti-  
tuendum & ad vitalem actionem conservan-  
dam necessariæ . Haud facile concipitur quo  
pacto in tam angusto spatiolo comprehendit  
possit cor quod vitæ fons est , musculi ad  
motum necessarii , glandulæ ad liquorē se-  
cernendos , ventriculus & intestina ad ali-  
menta digerenda , & alia membra innume-  
ra sine quibus animal esse non potest . Præ-  
terea cum singula memorata membra sint  
etiam corpora organica , aliis carere non  
possunt partibus ad suas actiones necessa-  
riis . Constatunt ergo ex fibris , membra-  
nulis , tunicis , vents , arteriis , nervis &  
his similibus canaliculis numero fere infi-  
nitis , quotum exilitas imaginationis vites  
longe superat . At his infinite propemodum  
minores esse debent partes fluidi quod peri-  
canaliculos decurrit , nempe sanguis , lym-  
pha & spiritus animales , quorum in grandiorib[us] animalibus incredibilis est subtili-  
tas . En quanta in vilissime animalculo por-  
tenta divinæque omnipotentie argumenta !  
Ex tanta & fere infinita actuali materiæ  
divisione evidens omnino fit a præjudicatis  
vulgi opinionibus longe differte Mundi  
hujus strukturam . Sibi facile persuadet im-  
peritum vulgus corpora magnam continere  
materiæ quantitatem , illorumque partes sin-  
gulas stricte continuas esse ; cum tamen cer-  
tissimum sit corpora etiam compactissima exi-  
guam

quam omnino & fere nullam habere materiæ portionem, eamque in tenuitatem incomprehensibilem esse divisam.

Neque hic prætermittendum est eximium problema, quod analyticè solvit Clariss. Keilhus in institutionibus astronomicis; problema est hujusmodi: *Data utcumque exigua materiæ particula, eam per spatum utcumque magnum ita distribuere, ut nusquam habeatur spatium vacuum majus data mensura utcumque exigua.* Facili ratiocinatione rem intelligere licebit. Fingamus pellicem cubicum materiae solidæ in sphæram cavam ad Saturnum usque extendi; quod certe non repugnat cum materia sit in indefinitum divisibilis; hæc autem sphæra exiguum habet crassitatem omnino tamen solidam. Jam sphæra ad minimam intervalla minimeisque poris pertusa fингatur, ita ut pororum distantia & magnitudo, datam mensuram utcumque exiguum non excedant. Tum ex decidua materia, quæ poros antea occupabat, componatur iterum sphæra, quæ priori sphæra sit quam proxime contigua. Hæc autem secunda sphæra minimis poris rursus perforata intelligatur, atque ex materia ramentis testa sit sphæra, & ita deinceps. Manifestum est hoc modo obrineri posse sphæram integrain ex aliis sphæris ita compositam, ut eadem maneat phœnomena, quæ in presenti hujus Mundi structura cernimus, eademque servetur appatens corporum continuitas. Jam vero ad propositas quæstiones duas redeamus. Quin itaque corpora quævis corporumque partes naturæ artisque vitibus in minima corpuscula dissolvantur, a philosophis quæsumum

situm est num primigeniæ corporum , particulae certos habeant limites , ita ut perpetuam servent figuram , atque ex sola homogenearum particularum coniunctione varia que dispositione repetenda sit diversa corporum natura vel species . His præmissis sit :

### C O N C L U S I O .

*De perfecta minimarum Particularum duritate , diversaque illarum natura nihil affirmandum videtur .*

Prob. i pars. Nihil certo affirmare licet de illis quæstionibus philosophicis , quæ nulla observatione , nullo experimento , nulla que fatis valida ratiocinatione probari possunt ; atqui &c. Ergo .... Prob. Min. Quod spectat observationes & experimenta , res est evidens , cum minimæ etiam corporum particulæ quæ ab alimentorum tenuitate si quam habent , longissime distant , nullis observationibus vel experimentis subjici possint . Neque etiam metaphysicis rationibus quidquam evinci potest . Re quidem vera nullum corpus perfecte durum in hac rerum univeritate novimus : durissima quæque corpora in pulverem franguntur , ex silicibus ipsoque adamante sumum exprimunt solares radit in speculi ustoriis foco collecti . Sed quid inde concludi poterit de primigeniis corporum elementis ? nihil sane . Neque falsa demonstrari potest eorum philosophorum hypothesis , quæ simplicissima materiae clementa atque inextensa admittit ,

et

ut jam observavimus & in sequenti articulo fuisse explicabimus. Nec etiam invicte refelli possunt contrariae opinionis patroni; quod enim de continuitatis lege proferri solet, demonstrationis vim non habere ex objectionum serie manifestum fiet.

Prob. 2 pars, quæ ex prima omnino pendet. Et quidem si nos latet utrum elementa sint simplicissima, an extensa; utrum sint perfecte dura, an artis & naturæ viribus divisibilia, multo minus de elementorum natura aliquid pronuntiare licet. Æque felici successu per diversam elementorum naturam, vel per diversam elementorum similiun dispositionem explicari posse videntur diversæ corporum species. Et quidem mirum est quantam specierum varietatem induant corporum partes variis motibus vexatae atque mutatae. Ad hoc argumentum referuntur quæ diximus in Appendice ad caput tertium, atque de eadem re nonnulla adjungemus in objectionibus. His rationibus inductus Cartesius dicere ausus est: *Da mihi materiam & motum, Mundumque componam.* Hic autem data occasione, depellenda est conjecta in Cartesium calumnia, qua nulla gravior esse potest. Dum hæc verba protulit Cartesius materiam creationem & supremi motoris necessitatem. inficiatus non est magnus ille Philosophus; sed nihil aliud significare voluit, nisi supremum rerum omnium auctorem figura duntaxat & motu usum foisse ad diversas corporum species distinguendas. Quod' quidem breviter observatum volui, ut a falsis criminacionibus religiose abstineant auditores nostri ad-

Objic. adversus primam partem. Physicis notissima est lex *continuitatis*, qua jubetur nihil in terum natura fieri per *saltum*, ita ut corpus ex aliquo statu ad alium transire non possit, nisi omnes percurrat status intermedios. Vi hujus legis corpus e motu ad quietem statim transire non potest, nisi singulos velocitatis decrescentis gradus trahijat. At si aliqua sint corpora perfecte dura, jam viofatur lex illa. Etenim si corpora duo perfecte dura æquali motu quantitate in partes contrarias sibi invicem occurrant, ambo post conflictum statim quiescent; si autem inæqualis fuerit motuum quantitas, corpus quod minorem haberet velocitatem, directionem statim mutat ut patet ex demonstratis conflictuum legibus; unde sic argumentantur: Existere repugnat corpora illa quibus admissis violatur lex continuitatis, atqui &c. Ergo . . . Resp. N. Maj. Lex continuitatis tota innititur principio rationis sufficientis. Sic enim rationcinari solent qui hanc tuentur legem: Status in quo reperitur ens aliquod suam habere debet rationem sufficientem cur in tali statu existat potius quam in alio. Hec autem ratio contineri non potest nisi in statu antecedenti. Igitur status antecedens continebat aliquid ex quo natus est status subsequens; illi nempe duo status ita sunt inter se conjuncti ut nullus possibilis sit status intermedius. Si enim inter statum praesentem & antecedentem aliquis foret status possibilis, primum statum natura mutat

set nondum a secundo statu determinata, ac proinde sine ratione sufficiens. Hæc est vulgata apud Leibnitianos ratiocinatio. Verum de principio rationis sufficientis sèpius sermonem habuimus, illudque ita explicavimus ut in præsenti casu minime valere possit. Itaque lex continuitatis huic principio innixa tanquam universalis naturæ lex demonstrari non potest. Quidquid sit de lege illa in magnis corporibus observata, eandem legem in minimis corporum elementis vigere nequaquam evincunt instituta in magnis corporibus experimenta, nisi ostendatur ex ipsa corporum natura continuitatis legem profluere, quod certe nemo affirmaverit.

Quamvis autem perfecta elementorum durities nullo satis valido refelli possit arguento, hanc tamen ad intelligendam & explicandam specierum varietatem minime necessariam esse credimus. Neque enim vim maximam habere videntur hæc quæ vulgo afferri solent, nempe: natura semper est uniformis; ex iisdem seminibus eadem oriuntur plantæ, eadem nascuntur animalia; novæ non generantur corporum species. Porro, inquit Newtoniani, si dura non sint materiæ elementa, jam vehementissimis frequentissimisque naturæ motibus jactata perpetuo frangerentur. Hinc minimæ corporum particulæ modo subtiliores, modo crassiores factæ, modo duriores, modo molliores, varias constituerent species, naturæque universam faciem perpetuo mutarent. His autem rationibus hæc in promptu esse potest responsio. Ad servandam specierum

uniformitatem satis esset minima materiæ elementa nullis frangi viribus *atlu* existentibus, quamvis tamen majoribus viribus superari possent. Præterea elementa illa viribus licet naturæ frangenda, suam tamen servare possent propriam unicuique speciei naturam. Itaque argumentum illud supponit quod est in quæstione, nempe specierum diversitatem ex sola partium dispositione pendere; quam quidem hypothesis mox expendens.

Objic. adversus secundam partem. Per diversam similium particularum coagmentationem & dispositionem simplicius atque elegantius explicatur specifica corporum diversitas. Et quidem infinita proptermodum varietate, formam speciemque mutat eadem materiæ portio. Sic metalli quantur, ignis vi dissolvuntur, corpora fluida imitantur, in minutissimam cinerem rediguntur, in alia transeunt corpora variasque constituant species. Hanc sententiam confirmare videntur colorati lucis radii prismate vitreo separati; ii enim nullam coloris diversitatem induunt. Quare minima lucis corpuscula quæ coloratum radium constituant sibi sunt similia. Ex sola partium dispositione fit ut corpora certos colorum radios reflectant propinquique colorem exhibeant. His positis, ne ratiocinatur plerique physici. Tenenda est intentio illa quæ divinæ simplicitati magis est consentanea, & innumeris experimentis confirmatur; atqñ &c. Ergo . . .

Resp. N. Min. Quamvis infinita sit Dei simplicitas per se nisi unusque illius operandi modus, exigui tamen ponderis estimari debent

argu-

argumenta, quæ inde promere solent philosophi, qui divinorum operum simplicitatem atque perfectionem ex limitato atque imperfectissimo nostro intelligendi modo metiri præsumunt. Etenim quæ nobis videntur composita, simplicissima omnino sunt Deo qui omnia unico & simplicissimo intellectus actu cognoscit, itemque unico & simplicissimo voluntatis actu decernit atque exequitur.

Quod reliquas spectat objectionis partes, certum quidem est ex varia partium dispositione pendere plurimas *sensibiles* corporum species; verum quæstio non est de corporum *massis*, sed de minimis *moleculis*, quæ *Elementa* solent appellari. Itaque mixtæ corporum species mutantur quidem, si naturæ vel artis viribus separati vel aggregari possint componentes particulæ. Verum diligentissimis experimentis compertum est immutatas manere corporum species nonnullas, etiamsi vehementius torqueantur, variisque modis utcunque vexentur. Ita ex puriori aqua, nil nisi aquam, ex igne nil nisi ignem elicere valent chymici. Porro etiam corpora omnia quæ chymicis physicique experimentis agitari possunt in varias transient species, ad minimas corporum moleculas trahi non possunt experimenta illa; id ergo multo minus facere licebit, si corporibus quibusdam nulla mutatio vi etiam maxima inferri possit. Quod autem de diversis colorum radiis in objectione adjungitur hoc unum probat, pro varia corporum texture variaene partium dispositione diversos reflecti colorum radios; at inde minime colligitur similia esse radiorum corpuscula. Pro-

lixiōri responsioni non est hīc locus ; sed ad colorum doctrinam pertinet . Cæterum licet in tota hac responſione de materiæ homogeneitate nihil affirmare velimus , haud potiori jure pronuntiant aliqui philosophi nulla esse nequidem duo similia materiæ elemen- ta . Tali ratiocinatione suam conantur pro- hāre opinionem quam principium indiscerni- bilium appellant Leibnitiani . Si duæ sint perfecte similes materiæ portiones ita ut una alteri substitui possit , cæteris paribus , jam nulla est ratio cur hæc vel illa hunc vel il- lum locum occupet ; cum ambæ cunctem lo- cum occupare potuerint ; id vero repugnare ajunt rationis sufficientis principio . At cum hoc principium ita generatim explicatum ſepe ſepiuſ a nobis rejectum fuerit & va- lide confutatum , non eſt quod refellendo indiscernibilium principio diutius immo- mutur .

Ex hactenſis dictis intelligitur quid ſen- tiendum ſit de per vulgatis apud nonnullos Philosophos corporum elementis . Aristote- les quatuor enumerat corporum elementa , terram nempe , aquam , ignem & aerem , ex his autem mixta omnia componi ducit , & re quidem ipſa , ex omnibus fere mixtis hæc quator corporum vel horum aliqua eliciunt Chymici . At patet elementa illa eſte ſen- ſibilitia duntaxat corporum principia , minime vero tanquam primigenia elementa conſiderari posse . Idem dicendum eſt de Chymico- ruin elementis . Corpus in elementa ſua re- ſolvendum , exempli cauſa , vinum , in cli- banum mitunt , ſubjectoque igne , quasdam partes ſolvunt in vapores qui frigore adden- ſari .

vale excipiuntur, sicutque liquor poris quem *Mercurium, spiritum seu vite* appellant. Deinde continuato uorem saporis expertem exprimunt *Phlegma* vocant; idque facere pergunt glutinosa tantum materia, *Mellis* in libano superfit. Materiam illam glu-  
in ampullam retortam injiciunt,  
et igne *Phlegma*, ut prius ex-  
postea liquorem acidum quem iterum  
~~um~~ dicunt; dein liquorem alium mi-  
norem in modum olei ignique con-  
cio aptum quem *Sulphur* nominant.  
O quod in ampulla retorta superest  
tunc ejusque cineres in cymbium si-  
mittunt, admixta aqua portione, qua  
revi tempore salis saporem referat,  
endo purgatur, remanetque in cymbio  
pulverulenta quedam & expers sa-  
terra quam *caput mortuum*, seu *terram*  
*etiam* appellant. Aqua autem limpida  
ase excepta lento igne in vapores sol-  
tumque in fundo vasis superest cor-  
utum & *friabile*, salis speciem rese-  
quod ideo *Salem* dicunt. Hæc quinque  
nta ex vino aliisque corporibus plu-  
erunt chymici, ex corporibus aliis  
elementorum aliqua duntaxat edu-  
Hinc ex illis elementis varie permix-  
inem oriri corporum varietatem sibi  
persuadent.

elementis tria alia substituit Carte-  
ni rem totam hoc modo explicavit,  
tius implicavit. Deus creavit mate-  
remogeneam, hanc divisit in particu-  
xime aequales, tali scilicet modo ut  
*Physica Pars I.* M

Exiori responsioni non est hic locus ; scilicet  
colorum doctrinam pertinet. Ceterum  
in tota hac responsione de materiae *boni*  
*neitate* nihil affirmare velimus , haud per  
pri jure pronuntiant aliqui philosophi r  
eſſe nequidem duo similia materiae elec  
ta . Tali ratiocinatione suam conantur  
bare opinionem quam *principium indisc  
ibilium* appellant Leibnitiani . Si dua  
perfecte similes materiae portiones ita ut  
alteri substitui possit , ceteris paribus ,  
nulla est ratio cur hæc vel illa hunc v  
olum locum occupet ; cum ambæ eundem  
cum occupare potuerint ; id vero repug  
ajunt rationis iuſſicientis principio . At  
hoc principium ita generatim explic  
ſepe ſepiuſ a nobis rejectum fuerit &  
lide confutatum , non est quod reſelle  
*indiscernibilium* principio diutius imm  
inur .

Ex haſtenis dictis intelligitur quid ſ  
tiendum sit de perulgatis apud nonnū  
Philosophos corporum elementis . Arist  
otes quatuor enumerat corporum elemen  
terram nempe , aquam , ignem & aerem ,  
his autem mixta omnia componi docuit  
re quidem ipſa , ex omnibus fere mixtis  
quator corporum vel horum aliqua elic  
Chymici . At patet elementa illa eſſe  
ſimilia duntaxat corporum principia , mir  
vero tanquam primigenia elementa cor  
rari posse . Idem dicendum eſt de Chy  
rum elementis . Corpus in elementa ſ  
olvendum , exempli cauſa , vinum , i  
banum mittunt , ſubiecto queigne , qui  
partes ſolvunt in vapores qui frigore

sati alio vase excipiuntur, siuntque liquor acuti saporis quem *Mercurium*, *spiritum* seu *aquam vitae* appellant. Deinde continuato igne liquorem saporis expertem exprimunt quem *Phlegma* vocant; idque facere pergununt donec glutinosa tantum materia, *Mellis* instar in cibano supersit. Materiam illam glutinosam in ampullam retortam injiciunt, & subiecto igne *Phlegma*, ut prius exprimunt; postea liquorem acidum quem iterum *Mercurium* dicunt; dein liquorem alium minus fluentem in modum olei ignique concipiendo aptum quem *Sulphur* nominaat. Postremo quod in ampulla retorta superest comburunt ejusque cineres in cymbium fistile immittunt, admixta aquæ portione, quæ cum brevi tempore salis saporem referat, percolando purgatur, remanetque in cambio fistili pulverulenta quedam & expers saporis terra quam *caput mortuum*, seu *terram damnaram* appellant. Aqua autem limpida alio vase excepta lento igne in vapores solvit, tumque in fundo vasis superest corpus durum & friabile, salis speciem referens quod ideo *Salem* dicunt. Hæc quinque elementa ex vino aliisque corporibus plurimis eruunt chymici, ex corporibus aliis horum elementorum aliqua duntaxat edificant. Hinc ex illis elementis varie permixtis omnem oriri corporum varietatem sibi facile persuadent.

His elementis tria alia substituit Cartesius, qui rem totam hoc modo explicavit, seu potius implicavit. Deus creavit materiam homogeneam, hanc divisit in particulæ proxime æquales, tali scilicet modo ut

*Jacq. Physice Pars I.* M cc-

earum anguli spatium accurate replerent, puta in partes cubicas. Creatam & divitiam materiam Deus moveri jussit ea motus quantitate, quam etiamnum eandem invariata in corporibus perseverate fingit Cartesius; hoc autem motu factum esse ait ut omnes materiae partes circa centrum commune & singulæ circa proprium revoluerentur. Ex hac rotatione mutuoque partium conflictu angulos abradi oportuit, indeque duo prodierunt ramentorum genera; aliud nempe fuit pulvis tenuissimus & agitissimus, quem materiam *aetheream* vocant Cartesiani; aliud autem emersit ex attritis fractisque partibus, sed crassiusculis & ad motum minus idoneis. Tandem partes cubicæ abrasis angularis abierunt in spheras ad motum maxime accommodatas. Ex his tribus elementis univetsum dicunt compositum; & quidem materia subtilis solem præsertim constituit nostri systematis planetari centrum. Secundum elementum constans ex attritis particulis & in rotunditatem conformatis *globulosa* materia dicitur, spatiisque cœlestibus replendis destinatur. Tertium denique elementum conponit globum terraueum cœterosque planetas. At materia *subtilis* sive *aetherea* illa est quæ replendis omnibus intersticiis sese citissime accommodat. Verum hoc modo philosophari, fabulari omnino est, atque hinc factum est ut hoc Cartesiani systematis commentum rejiciant severiores Cartesianæ physicæ reformatores. Quod autem spectat materiam *aetheream*, in tota physices serie de ea jam plura diximus. Quia vero materia illa sub sensu cadere non

non potest, mirum non est quod de hujus materiæ natura & proprietatibus tot hypotheses proferant philosophi, qui conjecturis delectantur. Sed de hujus materiæ usu vel potius abusu sermo deinde sœpius recurret in physica particulari. Cæterum quod in hac quæstione prolixius quidem tractari solita rerumque physicarum copiosissima, brevius egerimus, nemo nos tanquam justo breviores reprehendat; brevissimas enim curtissimasque esse nostras hac in re cognitiones ingenue fatemur.

#### ARTICULUS IV.

##### *De corporis natura.*

I. **C**UM de universalibus corporum proprietatibus in universa physica generali hactenus disputatum sit; hinc doctrinæ ordo postulat, ut celeberrimam de corporis natura sive essentia quæstioneim adgradiamur atque tandem primæ physices parti finem imponamus. Hinc autem caveri maxime debet vocum ambiguitas. Observavimus jam in metaphysica duplicem esse *essentiae* significationem; vel enim essentia est *realis*, hoc est, primarium illud attributum ex quo derivari possunt illa omnia attributa, quam quidem essentiam nobis ignotam esse demonstravimus; vel essentia est *nominalis*, collectio nempe omnium attributorum, quæ in te aliqua observantur. Rursum autem attributa vel sunt *essentialia*, vel *universalia* duntaxat; hæc autem duo probe distingueda sunt; fieri enim potest ut at-

tributa quædam in omnibus corporibus deprehendantur quæ tamen ad ipsam corporum naturam non pertineant, sed pro mera naturæ lege haberi debeant. His præmissis quæ quidem in metaphysica atque etiam in logica accurate explicavimus, jam *corpus*, sive *materiam* definire licet *substantiam* quæ explicatas in *Physica generali* proprietates habet. Illas autem proprietates uno, ut ita dicam, oculi isto contemplari iterumque revocare opera pretium est.

II. In præcedenti definitione notandum est diligenter, *corpus* dici *substantiam sensibilem*; hinc enim consideramus tantum *corpus physicum*, nihilque de simplicissimis & inextensis materiæ elementis affirmare audemus. Et quidem si elementorum naturam investigantes, ea extensa esse dicamus, nihil proorsus dictum videtur; rursus enim elementa illa alias haberent partes aliaque elementa. Si autem ea extensa non esse dicamus, res videtur absurdæ; quia enim intelligi potest id quod extensum non est extensionem aliquam constituere? Respondere quidem posset Leibnitianus extensionem verius *phanomenum* habendam esse: verum hypothesis illa, de qua frequens mentis iam ante incidit, preearia omnino est, totaque innixa sufficientis rationis principio, quod saepè saepius impugnavimus. Alii autem & quidem per celebres viri corporis nomine intelligunt punctorum systema pro diversis viribus attractivis & repulsivis per varia spatii *realis* loca, ad diversas distantias dispositum, ut antea explicavimus. In hac scilicet opinione nullus est contactus *immediatus*,

tus, nulla *continuitas* vera & accurata, sed *relativa* duntaxat & *apparens*. Et certe a nobis persæpe creditur *continuitas* vera quæ procul dubio est *apparens*. Si enim corpora quædam ad talem inter se distantiam constituta sint, ut sub angulo 16° minori videantur, in corpus unicum perfecteque *continuum* coalescere oculis apparent.

Verum hæc opinio tota fundatur in ipsa *continuitatis* lege, quam quidem in omnibus corporibus & in minimis materiæ elementis accurate demonstratam esse, nemo affirmabit. Quæ cum ita sint, præsens *questio* difficultatis, & *periculosa* plena alee nobis videtur; quare ab ullo hac in re *judicio* nobis abstinentum esse existimamus, subtilioremque *controversiam* sagacioribus *ingeniis* relinquimus. Unum observare sat is erit, nihil omnino esse in his *opinionibus* quod fidei vel leviter contrarium reprehendi possit; inter *animas* & *corpora* *essentiale* & *intrinsecum* semper manebit discrimen in his duobus positum, quod *materia* sit *sensibilis* & *cogitationis* ac *voluntatis* *incapax*; at *spiritus* neque *sensus* *nostros* afficiunt neque possunt non cogitare aut velle. Nec quis sibi persuadeat *Metaphysicis* deatrahi desumptum ex *materiæ* *extensione* argumentum, quo scilicet validissime probant *materiam* cogitare non posse; totam enim vim retinet argumentum, etiam si *corpus* *physicum* constet ex simplicissimis & inextensis elementis. Si autem elementa conjuncta cogitare non possint, ea quoque seorsim cogitare repugnat. Hæc autem omnia comparari debent cum iis quæ de *anima* *spiritua-*

270 *Institutiones Physicae*  
litate in metaphysicis, institutionibus tuis &  
magno rationum pondere explicavimus.

III. Iisdem fere difficultatibus obnoxia  
est gravissima alia de *impenetrabilitate* contro-  
verbia, an scilicet ad corporis essentiam  
proprietas illa pertineat. Et quidem si ex-  
tentio inter essentiales corporis proprietati-  
es numerari non debeat, jam nihil absur-  
di videtur quod plures corporis partes cum-  
dem occupent locum: iu quidem praeter  
universales naturae leges & corporum om-  
nium proprietates, ac proinde non sine mira-  
culo contingere: at immutabili corporum ei-  
ssentiaz minime repugnaret. Simili ratione si  
admittantur in minimis & simplicissimis ma-  
teriaie elementis vires quedam ad certos limi-  
tes repulsivæ, ex quibus oriatur impenetrabi-  
litas; illæ quidem vires pro naturae legib[us]  
haberi debent, quas proinde leges supremus  
naturae auctor suspendere & immutare  
potest, ideoque ad corporum essentiam non  
pertinent; cum essentias rerum immutabili-  
les omnino esse & necessarias demonstra-  
tum sit in metaphysica. Nec minus diffi-  
cili atque implicata evadit questio in hy-  
pothesi Leibnitiana juxta quam *extensio*, *lo-  
cus*, *spatium pro meritis phænomenis haberi*  
debent, ac proinde & pro merito phæno-  
meno haberi etiam posset impenetrabilitas  
qua ex notione loci omnino pendet. Ig-  
nit in hac hypothesi, extensio & impene-  
trabilitas sunt proprietates corporum rela-  
tive duntaxat, non *absolutæ* & *essentiales*.  
Sed quidquid sit de questionibus illis nulla  
ingenii subtilitate unquam fortasse solven-  
dis, certissimum est inter universales cor-  
po-

poris naturalis proprietates recensendam es-  
se impenerabilitatem.

IV. quod spectat corporum vires, *gravitatis* scilicet, *attractionis & inertiae*; illarum quidem virium effectus in rerum natura con- stanter observamus; sed quid sint vires il- le, an ad ipsam corporum essentiam perti- neant nobis omnino ignotum fatemur; eas velut universales corporum proprietates ha- bere nobis satis sit; in nostris enim insti- tutionibus physicis effectus præsertim con- sideramus, eosque calculo, quantum nobis li- cet, æstimamus, quod quidem sæpe vos mo- nitos voluimus. Probe autem observari de- bet virium illarum notio, neque credendum est sibi mutuo repugnare vim *inertiae* & vim *attractionis*. Re quidem vera, si omnes ma- teriae partes sese mutuo attrahant, jam nul- la erit perfecta quiete in rerum natura, id- quæ etiam verum erit in ipsa Peripatetico- rum sententia. Etenim secundum Peripate- ticos, *cælestia* omnia corpora que intueimur in perpetuo sunt motu & centrum gravium in ipso telluris centro positum est, ac proinde ne- cessum est ad cujusvis lapidis jactum, æquili- brii nonnihil mutato, totam telluris mo- lem commoveri. Id quidem vi *inertiae* con- trarium videri posset; corpora enim ten- derent ad motum. Verum dum dicimus per vim *inertiae* corpora manere in quiete, seclusa vi qualibet impressa, res in- telligenda est de quiete *apparente*; atque hinc patet qua ratione intelligi debeat *quiescibilitas* inter naturales materiæ proprie- tates numeranda. Neque tamen dicendum est materiæ motum esse necessarium; cum

enim vim quamlibet motricem materie indiderit supremus rerum omnium Author, hanc eandem vim pro arbitrio potest auferre & corpora hac proprietate exuere. Tandem patet in iis quæ hactenus explicavimus contineri etiam figurabilitatem, quæ ex mutua attractione virtuimque varietate pendet; sed monuisse oportet *vis* nomine nihil aliud a nobis intelligi nisi effectum aliquem. Itaque corpus naturale merito definitivius substantiam sensibilem oculo universalibus jam recentitis proprietatibus praeditum. Probe autem notandum est proprietates illas a nobis dici *universales*, non *essentiales*. Si quis igitur corpus consideraret omessa ex his proprietatibus aliqua, is quidem *incompletam* haberet corporis notionem, nec tamen essentiale aliquod corporis attributum prætermisso dici posset.

V. Ex his quæ in hoc articulo explicavimus lux fortasse aliqua accedere potest itis quæ de *materia*, *forma*, & *privatione* obscure tradunt plerique scholastici. Affirmant scilicet omnium corporum principium esse materiam *primam*, formam, & privationem. Materiam primam definitiunt, *quod neque est quid, neque quantum, neque quale, neque quicquam eorum quibus ens denominatur*. Hæc autem definitio ita potest intelligi ut materiam *indeterminate* & *abstrakte* consideratam significet, non attenta illius forma. Verum ut siat corpus aliquod *determinatum formam substancialē adjungi oportet*; vocant autem formam substancialē id per quod singulæ corporum species a se invicem differunt. Hæc autem omnia licet a veteribus Philo-

sophis paulo obscurius dicta, cum recentiorum opinionibus componi fortasse possent. Etenim si in corporibus admittamus vires quasdam motrices, attractivas scilicet & repulsivas, ex quibus oriatur specifica corporum differentia, vires illas pro formis substantialibus haberi minime repugnat. Et quidem illas *substantiales* appellari nihil absurdum est; etenim cum diversa motus directio, diversaque velocitas vi motrice diversa generentur; murationes illae considerari possunt tanquam modi, qui proinde ad substantiam aliquam referri debent; atque hinc contingit ut vites motrices tanquam modorum subjectum ac proinde tanquam substantiaz apparet; qua de causa formaz substantiales satis apte appellari potuerunt. Hanc explicationem a veteri philosophia non longe aberrare colligitur ex ipsa formaz substantialis definitione; hanc enim his verbis definiunt Peripatetici: *Actus primus substantialis unum per se cum materia constitutens; principium motus & quietis per se & non per accidens.* Ex qua definitione oritur alia forma quam accidentalem dicunt, quæ nihil aliud est quam *modificatio contingens*. Tandem quod spectat privationem, hoc vocabulum fecerunt Peripatetici, ut distinguenter corpus factum & actuale, seu ut dicunt *in facto esse*, a corpore faciendo quod vocant *in fieri*; corporis actualis duo distinguunt principia: materiam & formam. At corporis in fieri tria principia admittunt, materiam, formam, & privationem. Et quidem formam substantialem præcedere debet privatio. Hæc pauca de veteris scholæ op-

nionibus sine ullo partium studio observata; sint ut antiquos philosophos a recentiorum quorundam reprehensione vindicemus; aliqui enim recentiores nihil fere in veteri philosophia inveniunt, quod non rideant, & Peripateticorum opinionibus sua non magis solida & probata substituunt dogmata, seu potius figmenta. Aristotelem virum fuisse ingenio excellentem satis demonstrant plurima, illius opera, quibus sane non parum honoris & gloriae detraherunt aliqui interpres. At non sine maxima recentiorum injuria negari posset, in effectuum observatione & cognitione longe feliciorem & locupletiorem esse hodiernam Physicam, quamvis post longam saeculorum seriem circa effectuum causas nihil fere plus scire datum sit, nec fortasse dabitur unquam, donec rerum effectuunque omnium causam D.O.M. æternum intueamur.

## APPENDIX

*De quibusdam capitis precedentis utilitatibus.*

1. **A**mplissimam meditationum Philosophicarum copiam suppeditat caput praecedens: ex multis pauca utiliora feligemus. De summa corporum porositate perpetuisque effluviis sermonem habuimus: hinc vero occasionem nocti, quotidianas corporis nostri mutationes & vicissitudines contemplabimur. Accuratissimis observationibus competitum habuit Sanctorius, ex octo alimentorum libris quas quis quotidie sumeret, quinquagesimam circiter partem in corporis substantiam converti. Sumpta igitur quinquagesima parte 8 libr. provenient  $\frac{3}{25}$

semi-

semiunciae quas scilicet singulis diebus acquirimus, ac proinde per anni spatium corpori nostro accedunt.  $\frac{5}{8}$  libr. 12  $\frac{4}{5}$  semiunciae, hoc est, plusquam tertia pars totius corporis; tantumdem ergo per continuam dissipationem de corporis substantia decedere debet; alioqui in enormem excrescere molem. Jam vero si jactura eum in modum sese haberet ut vetustissima corporis materia prium abiret, deinde quae proxime thinus vetusta est, sic per gradus ad recentissimam usque, manifestum est ita omnino dissipari corporis nostri substantiam, ut post tres annos, nihil vetustae materie superstes esset; alia plane ejus locum occupante. At quoniam veteres succedentesque particulæ simul pro ratione utriusque quantitatis promiscue expelli debent, fieri non potest ut omnis materia in auras avolat, etiam si mille annos homo viveret. Rem exemplo illustrabimus. Ponatur vas aquæ plenum, continens 150 libras, ex quibus hauriantur  $\frac{5}{8}$  semiunciae, & loco haustæ aquæ infundantur vini puri semiunciae  $\frac{3}{8}$ . Sequenti die ex hoc mixto detrahantur iterum semiunciae  $\frac{5}{8}$ , & dein adjiciantur  $\frac{3}{8}$  vini puri & ita deinceps singulis diebus per annum integrum, quaritur quantum aquæ & quantum vini post annum futurum sit. Problematis hujus solvendi modum indicabimus: 150 libræ aquæ confidunt.

clunt 4800 semiuncias ex quibus detractis 5  $\frac{3}{25}$  semiunciis aquæ & iterum effusa æquali quantitate vini puri, remanent in vase 4794  $\frac{22}{25}$  semiunciae aquæ cum 5  $\frac{3}{25}$  semiunciarum vini permixtæ. Jam si secundo die ex hac mixtura rursus detrahas 5  $\frac{3}{25}$  semiuncias & tantumdem vini puri adjicias, illæ semiunciae detractæ 5  $\frac{3}{25}$  non ex aqua pura constabunt, sed tantillum vini continent, quod in eadem proportione erit ad aquam ut 5  $\frac{3}{25}$  ad 4794  $\frac{22}{25}$ , id est, numerus semiunciarum aquæ residuæ post secundam detractionem erit tertius proportionalis ad 4800 & 4794  $\frac{22}{25}$ , quod quidem evidens est. Simili ratione, tertio die detractis ex mixto semiunciiis 5  $\frac{3}{25}$ , patet numerum semiunciarum aquæ residuæ esse quartum proportionalem ad 4800 & 4794  $\frac{22}{25}$ , & ita porro. Ergo completo anno, scilicet post 365am extractionem, residuæ aquæ pondus habebitur sumendo 366am proportionalem ad 4800 & 4794  $\frac{22}{25}$ , seu eveniendo 4794  $\frac{22}{25}$  ad 365am potestatem & dividendo per numerum 4800 iridem ad 464am potestatem eveniendum, quod quidem laboriosissimum per plures menses calculum postularet. At rem per logarithmorum tabulas

compendiose absolvunt Algebristæ, inveniuntque post completum annum remansu-

ras in vase 3251 — semiuncias aquæ ideoque

1548 — semiuncias vini. Exemplum ad præ-

sentem casum transfaratur. Aquæ puræ 150  
libræ repræsentent materiam ex qua cor-

pus componitur 5 —: semiunciae vini puri  
25.

quætidie infusi referant novam materiam  
corpori nostro singulis diebus additam, erit

materia vetus semiunciarum 3251 — seu libr.

101, semiunciarum 19 —; nova autem sub-  
stantia erit libr. 48, semiunciarum 12 —.

Itaque corpus humanum tertiam fere sub-  
stantiaz partem post annum integrum amittet, & protracto calculo invenitur elapsio  
decennio superstitem futuram esse dumtaxat  
partem quinquagesimam. Prætermittendum  
tamen non est a nobis positum fuisse omnes  
corporis partes æquabiliter, & uniformiter  
dissipari; quamquam certissimum sit officium  
dissipationem multo lentiorem esse quam  
partium fluidarum. Sed quidquid sit, ex  
his taltem manifestum est in corporibus no-  
stris. velocissimam mutationem contingere,  
arque huic perpetuæ vicissitudini obnoxias  
quoque esse durissimas corporis nostri partes;  
& quidem nullum est in corpore animali

278 *Institutiones Physicae*  
qs tam durum, tam compactum, quod non  
nutriatur, ac proinde, quod non mutetur &  
partem sui amittat novamque recuperet.

Ecquis non mirabitur omnipotentis Dei  
manum, quæ in corporis nostri structura, tor-  
futilissima disposuit instrumenta ad nutri-  
tionem & evaporationem necessaria? At singu-  
los ætatis humanæ gradus diversoque cor-  
poris nostri status paulo attentius contem-  
plemur. In puerili ætate partes sunt tenellæ,  
vifcosæ, aqua abundant, infinitisque canali-  
culis perforatae, quos quidem canaliculos in  
ossibus, membranis, cartilaginibus, vasorum  
tunicis, tendinibus & in cure ipsa demon-  
strant injectiones anatomicæ. Hinc fit ut vis  
quæ in corpore animalis motus principium  
est, quæcumque fit vis illa, moliores partes  
facilius extendat. Progressu temporis robu-  
stiores fiant partes atque confirmantur, in  
adulta scilicet ætate; atque id tandem fit,  
donec tandem extendendis solidis haud amplius  
satis sint cordis vires. Attamen facile  
adhuc flexibilis manet cellularis textura, mul-  
tis in locis pinguedinem sanguinemque ad-  
mittit; hinc pinguiores fiant adulti ad cer-  
tum usque tempus, nec tamen crescunt. Pro-  
vecta ætate textura cellularis fit crassior, ri-  
gescunt senum ossa, cartilaginiæ in ossa con-  
vertuntur, vasa excretoria comprimuntur,  
minima orificia clauduntur, secretiones mi-  
nuuntur, sanguis exsiccatur, & in singulis  
corporis partibus terrestrem veluti humorem  
deponit. Hinc partes omnes duros obser-  
vantur, hinc crustæ ossæ in ipsis arteriis,  
in ossium superficie & maxime in vertebris  
prehenduntur. His gradibus ad senectutem

maor-

mortemque ipsam pergimus, solvitur tandem  
fragilis hæc corporis nostri machina iterum  
reparanda & ad meliorem æternamque vi-  
tam revocanda.

II. *Resurreccio mortuorum*, inquit S. Au-  
gustinus Serm. 150, *præcipua fides Christiano-  
rum*. Et quidem, statutum est hominibus se-  
mel mori, post hoc autem judicium, ait S. Paul.  
ad Hebr. 9. Itaque cum increduli quidem  
impiique homines, ex iis quæ num. præc.  
diximus plurima objiciant resurrectionis dog-  
mati contraria, hinc officii nostri partes  
esse duximus sanctum illud Religionis de-  
cretum spei timorisque plenum a cavillatio-  
nibus vindicare. Quomodo, inquit, ex  
corporis particulæ quæ per insensibilem  
transpirationem assidue evanescunt, in idem  
corpus iterum coalescent; illæ eadem par-  
ticulæ in alia corpora, in aliorum homi-  
num substantiam transeunt; objectioni vim  
addere conantur, fingendo hominum corpo-  
ra ab animalibus carnivoris vel anthropo-  
phagis hominibus absorpta. Qua ratione fieri  
poterit ut unusquisque carnem suam re-  
petat atque revocet, cum unius hominis  
caro in canem alterius transmigravit? Por-  
tro quamvis corporum resurreccio solius divine  
potestatis opus sit, cuius causas & rationem te-  
mere quis investigaret, ait Athenagoras de  
mortuorum resurrectione, everti tamen de-  
bent argumenta quibus fidem nostram oppu-  
gnare conantur Religionis hostes. Igitur  
quamvis corporis nostri materia per insen-  
sibilem transpirationem avolaverit & in bel-  
luæ carnivoræ aut barbari hominis substan-  
tiam,

tiam transiverit, Deus eamdem discerneret & corporis cuius erit restituet. Particulae omnes quæ ab ortu ad mortem usque corpus nostrum per diversas ætates compegerunt, nobiscum non resurgent; tunc enim enormis magnitudinis monstra excitaremur, Deus eam nobis restituet quam ipse decrevit magnitudinem, de qua quidem magnitudine nihil Fides docet. Nihil autem a ratione alienum est, immoratio ipsa demonstrat Deum omnipotentem dispersas materiæ particulas, quæ uniuscuiusque hominis substantiam per totum vitæ decursum componebant, colligere & eligere posse atque in eam quam jubet magnitudinem revocare: Ita modificabitur illa in unoque muteris, ut nec aliquid ex ea pereat, & quod alicui defuerit ille suppleat, qui etiam de nihilo potuit quod voluit operari, ut ait S. Augustinus in Enchiridio cap. 90. Quamvis ergo mortuorum resurrectio & omnes quæ ad eam pertinent mutationes divina sunt potestatis opus altissimumque mysterium, id tamen rationi minime contrarium est & certa fide tenendum omnes homines in propria carne resurrecturos, ante divini judicis tribunal constitundos, ut probi donentur premio improbi autem supplicio mancipentur.

III. Quamvis in adorando Eucharistie Sacramento potentia, amoris, & benevolentiae thesauros effuderit & explicaverit Christus Dominus, non desunt tamen ingratissimi implissimique homines qui ad oppugnandum illud divinæ bonitatis mysterium, in disputationibus philosophicis de corporum na-

natura ineptissimas cavillationes querunt  
& audacissime jaclitent. Cavendum qui-  
dem est ne sacrosancta Religionis myste-  
ria curiosius scrutari atque explicare præ-  
fumant philosophi ; si enim opinio aliqua  
aut theologica aut philosophica mysterii  
rationem ita afferat ut nullum fidei locum  
relinquat , hæc statim rejicienda est atque  
detestanda . At omnes ingenii sui vires  
intendere debent religiosi verique philoso-  
phi ut sanctissima Fidei dogmata ab im-  
piorum hominum conatibus defendant , ea-  
que supra rationem esse , non tamen ratio-  
ni contraria , ostendant . Quatuor sunt ar-  
gumenta philosophica quæ Novatores ma-  
xime jaclitare solent . 1 *Corpus Christi simus*  
*esse in pluribus locis :* 2 *Corpus Christi ve-*  
*ras non habere corporis proprietates , non*  
*esse quantum , locum non occupare :* 3 *Acci-*  
*dentia panis & vini remanere post fa-*  
*ctam consecrationem sine subiecto :* 4 *Acci-*  
*dentia illa habere omnes proprietates substanciæ .* Ex illis objectionibus duas pertinent  
ad corpus Christi , duæ aliae ad accidentia ;  
quæ quidem omnes ex dictis de corporis  
natura facile refelluntur . Quod duas pri-  
ores objections spectat , patet rationi con-  
trarium non esse illum existendi modum  
quo Christum in Eucratistia existere certa  
fide docemur . Etenim de ipsa corporis es-  
sentia non consentiunt inter se philosophi ;  
immo plurimi apud ipsos Novatores cultissi-  
mi docissimum Physici extensionem & im-  
penetrabilitatem ad corporis essentiam non  
pertinere sine ulla dubitatione affirmant ;  
in qua quidem sententia duæ priores ob-  
jectiones

jectiones evanescunt. Certissimum omnino est corpus Christi in Eucaristia suam habere quantitatem; nempe partes revera sunt diversæ & extra se invicem; alioqui non esset corpus humanum. At quantitas illa quam habet corpus Christi in Eucharistia dicit quidem extensionem partium *in ordine ad se*, seu per eam quantitatem sit ut pars sit extra aliam partem; sed non dicit extensionem *in ordine ad locum*, hoc est, per eam non sit ut pars occupet locum. Igitur corpus Christi in Eucharistia nec *definitive*, nec *circumscriptive* continetur; non quidem definitive; nam corpus Christi contineri definitive sub speciebus, est ita sub illis existere ut non sit alibi, quod repugnat Fidei quæ docet Christum esse in cælis & in hostiis consecratis. Neque continetur circumscriptive; nam contineri circumspective est respondere variis spatiis partibus, cum non habeat extensionem impenetrabilem. Ille quidem existendi modus nullum in rebus creatis exemplum habet & miraculis plenus est, ac proinde merito vocatur *sacramentalis*, seu modus qui soli Sacramento conveniat. At modum illum existendi absurdum non esse & divinæ omnipotentiæ ac rationi non repugnare patet ex iis quæ de extensione, impenetrabilitate, loco, & spatio, fuse differuimus.

Quod spectat *accidentia*. Accidentium nomine intelligunt panis & vini qualitates, colorem, quantitatem, saporem. Ex autem qualitates remanent in Eucaristia, iis afficiuntur sensus nostri, facta consecratione.

Qua-

Qualitates illæ a Concilio Later. IV. vocantur: *Panis & vini species*: a Concilio Constantiensi dicuntur: *Accidentia panis & vini*: Concilium Tridentinum, Lateranensis Concilii phrasim retinuit. Observandum est duplice in Peripateticis distingui *quantitatem*; aliam *internam*, *externam*. aliam. Primam dicunt partes *entitativas* & *substantiales* quæ ita sunt de *essentia corporis*, ut iis sublati destruantur corpus. Hæc *quantitas* corpus extendit in ordine ad se, hoc est, partes *entitativas* alias extra alias ita constituit, ut *entiras partis unius tota* sit *extera entitatem partis alterius* & tamen omnes in eodem loco reperiantur. Quantitas *externa nihil est aliud quam extensio*. sensibilis quæ partes jam extensas in ordine ad se, extendit in ordine ad locum. Hæc Peripateticorum opinio aliqua ex parte convenit cum hypothesi Leibnitiana quæ corporum partes ab ipsa extensione distinguunt, sed *extensionem sensibilem velut merum phœnomenum*, non tamquam aliquid *substantiale aut accidens absolutum* admittit. De fide est *accidentia remanere sine subiecto substantiali panis & vini*; at de fide non est ea non habere subiectum aliquod *accidentale*. Accidentia manere ajunt plerique Theologi in *panis & vini quantitate externa* scilicet, quæ remanet in Eucaristia consecrata, & *quantitatem illam aliasque sensibiles qualitates accidentia absoluta* appellant, eo quod sine ullo subiecto manent. Novam opinionem excogitavit aut saltem maxime illustravit atque amplificavit *Magnanus noster*. Species sensibiles quas

intentionales vocat, non aliud esse docet quam actionem ipsam objectorum in sensu. Cum autem in Eucharistia non superfit panis substantia, in sensu illa agere non potest; sed Deus per seipsum soloque imperio supplet actionem substantiae panis, facta in sensibus nostris eadem modificatione sive impressione quam panis ante consecrationem producebat. Unum hic diligenter monere oportet, Concilia Lateranense, Florentinum, & Tridentinum accidentium nomen non usurpare, sed specierum. Quæ cum ita sint, catholica Fide certum ac definitum non est accidentia absoluta ad fidem pertinere; sed hoc certissime tenendum est, totam panis & vini substantiam converti seu transmutari in corpus & sanguinem Christi; species vero seu accidentia remanere fidei auctoritate & sensuum judicio indubitatum est; verum quid sint & in quo consistant species illæ Ecclesia non pronuntiavit. Quamobrem dum Synodus Constantiensis damnavit hanc Wicleffi propositionem: *In Eucharistia non manent accidentia sine subiecto*, censent Theologi censuram non cadere in accidentia, sed in accidentium subiectum, scilicet in substantiam panis & vini quam superesse dicebat Wiclef-fus. Quod autem nutritionem spectat, responderi solet vel Deum aliam substituere materiam qua corpora nutrientur, vel per se corpora nostra sustentare; qui enim corpora ex nihilo produxit, potest haud dubie illa sustentare ac nutrire. Itaque ex his omnibus concludere licet sacro-sanctum Eucharistiae mysterium incomprehensibile qui-

quidem esse & ineffabile, non tamen a di-  
vina omnipotentia & ratione alienum. Qua-  
re hanc appendicem absolvemus Concilii  
Tridentini verbis sess. 12, cap. 1, ubi ser-  
mo est de ratione qua Christus est in Eu-  
charistia: *Et si eam verbis exprimere vix pos-  
simus, possibilem tamen esse Deo, nosque co-  
gitatione per fidem illustrata asequi eam pos-  
se & constantissime credere debere: quæ qui-  
dem verba non de hoc Sacramento tantum,  
sed de aliis omnibus fidei nostræ mysteriis  
sancle tenenda sunt.*

F I N I S.

I N-

# I N D E X

## IN UNIVERSAM PHYSICAM.

### P R O M I U M .

- Caput I. **D**e natura & divisione physicae. pag. 12
- Caput II. *De regulis philosophandi.* 18
- Reg. I. Effectuum naturalium causae non plures sunt admittendae quam que & verae sunt, & effectibus explicandis sufficiunt. 19
- Reg. II. Effectuum naturalium ejusdem generis eadem sunt cause. 20
- Reg. III. Qualitates, que in omnibus corporibus, in quibus experimenta sumere licet sine ullo earumdem qualitatem incremento vel decreto observantur, pro universalibus Corporum qualitatibus habere debent. 22
- Reg. IV. In philosophia experimentali propositiones ex phænomenis per inductionem collectæ, non obstantibus contrariis hypothesis, pro veris aut accurate, aut quam proxime haberi debent, donec alia occurrant phænomena, per que aut accuriores redundantur, aut exceptionibus obnoxiae. 24

### P A R S P R I M A P H Y S I C E S .

- Sectio I. *De universalibus Corporum viribus.* 25
- Caput I. *De vi inertiae plurimisque inde colligendis physices principiis.* 26
- Artic. I. *De vera notione & existentia vis inertiae.* ibid.
- Concl.

Concl. Demonstratur vis inertiae.	29
Artic. II. De principio actionis & reactio- nis.	38
Concl. Reactionem actioni contrariam & qualem esse demonstratur.	39
Artic. III. De virium compositione.	46
Append. De quibusdam capitulis precedentis utilitatibus.	54
Caput II. De vi attractionis variisque illius speciebus.	59
Artic. I. De attractione generatim considera- ta.	ibid.
Concl. Universalem inter corpora omnia attra- ctionem demonstrant phænomena.	63
Artic. II. De prima attractionis lege.	73
Concl. Attractionis universalis lex est ut corpora omnia se attrahant in ratione di- recta massarum & duplicata inversa di- stantiarum.	75
Artic. III. De altera attractionis specie.	83
Concl. Præter attractionis legem in ratione distantiarum duplicata decrescentem, ad- mittenda est lex alia in ratione plusquam duplicata decrescens.	87
Append. De quibusdam capitulis precedentis utilitatibus.	97
Caput III. De gravitate constanti.	105
Artic. I. De gravitatis terrestris affectioni- bus præcipuis.	106
Artic. II. De causa gravitatis.	114
Concl. A vortice Cartesiano repeti non potest gravitatis causa, neque ab ullo impellen- te fluido, quod easdem cum fluidis cogniti- tis proprietates habeat.	117
Artic. III. De centro gravitatis.	128
Append. De quibusdam capitulis precedentis utilitatibus.	132

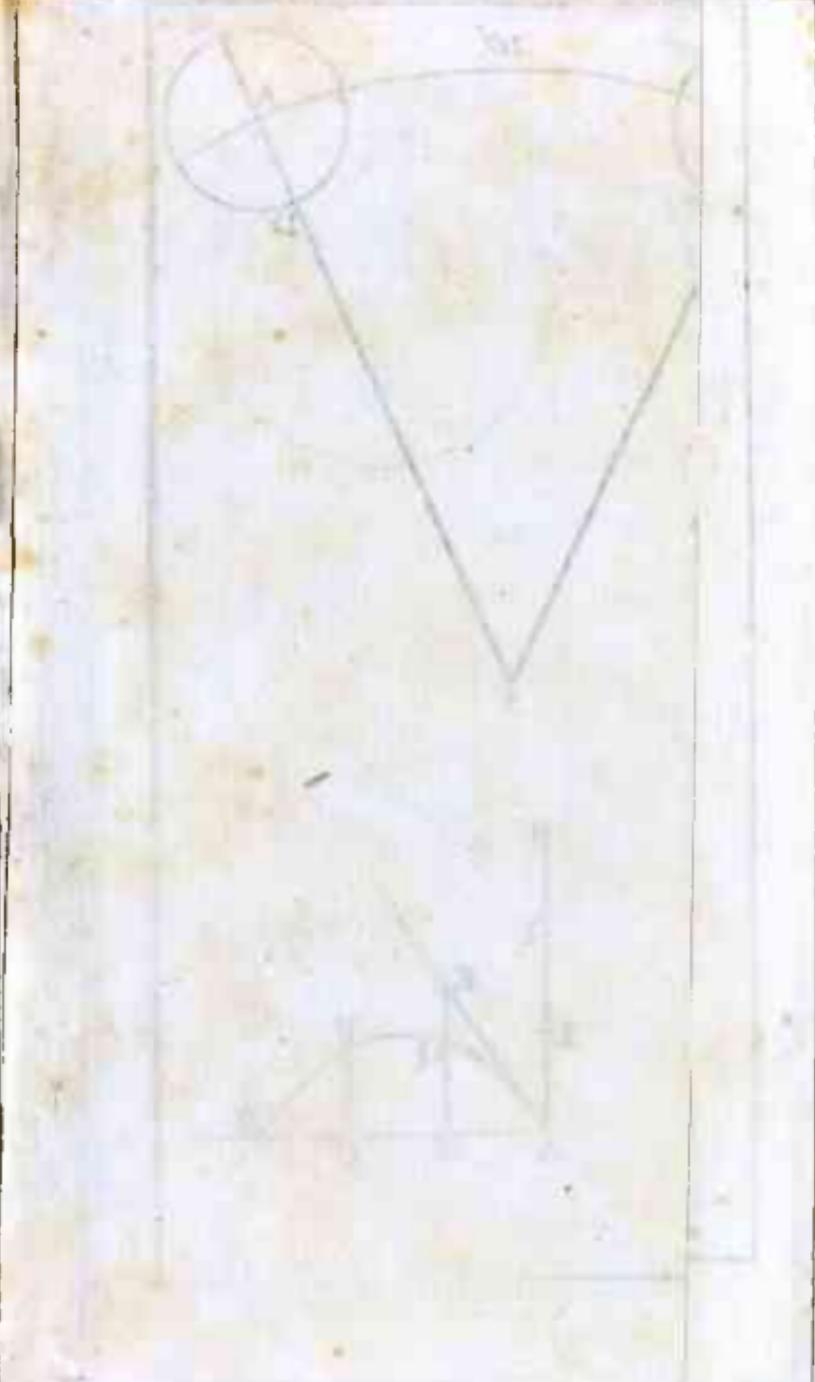
utilitatibus.

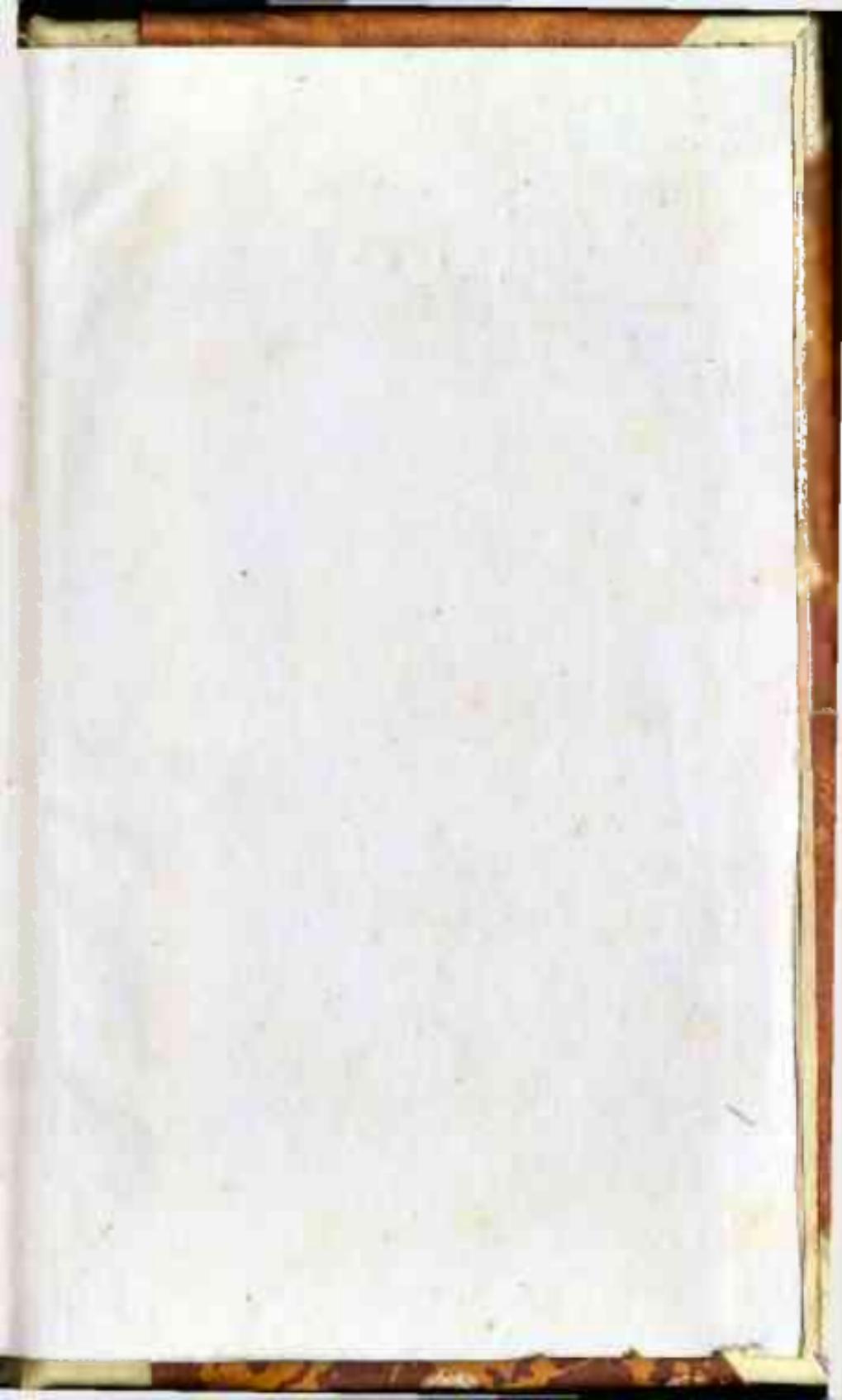
- 142
- Sectio II. De reliquis universalibus corporum proprietatibus ex virium notione derivandis.**
- 149
- Caput I. De motu in genere, variisque illius speciebus.**
- ibid.
- Artic. I. De motu generatim considerato.** 150
- Artic. II. De rectilineo corporum descensu.** 155
- Artic. III. De motu curvilineo.** 163
- Concl. Gravitatis terrestris inaequalitatem demonstrant accuratissime instituta pendulorum experimenta.** 172
- Artic. IV. De corporum conflictu.** 190
- Append. De quibusdam capitulis precedentibus utilitatibus.** 207
- Caput II. De extensione & reliquis independentibus corporum proprietatibus.** 215
- Artic. I. De extensione penetrabili.** 216
- Concl. I. Validissimis rationibus probatur vacuum.** 219
- Concl. II. Corpora omnia innumeris poris pertusa esse demonstratur.** 229
- Artic. II. De extensione impenetrabili.** 235
- Concl. Extensio quelibet in infinitum geometrica divisibilis demonstratur.** 239
- Artic. III. De figurabilitate.** 250
- Concl. De perfecta minimarum particularum duritate, diversaque illarum natura nihil affirmandum videtur.** 258
- Artic. IV. De corporis natura.** 267
- Append. De quibusdam capitulis precedentibus utilitatibus.** 274

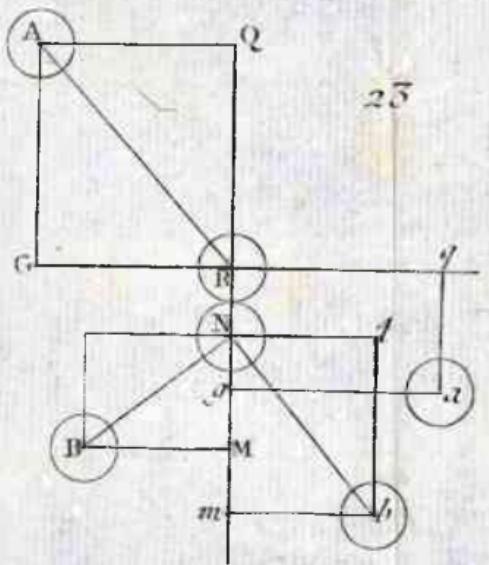
BIBLIOTECA "C. L. M. S."

N. 355  
del 16/08/1936

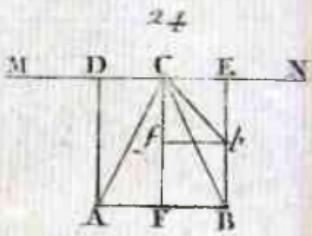




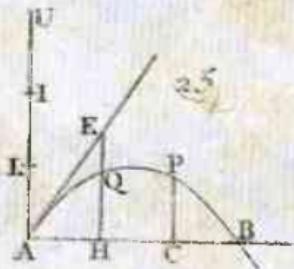




25



24



四

