



DISSERTATIO PHILOSOPHICA
INAUGURALIS
DE

S O N O.

QUAM,

ANNUENTE DEO TER OPT. MAX.

Ex Auctoritate Magnifici Rectoris,

D. FRANCISCI FABRICII,

S. S. THEOL. DOCT. HUIUSQUE, NEC NON

ORATORIÆ SACRÆ, IN ACAD. LUGD. BAT.

PROFESSORIS ORDINARIJ, UT ET EC-

CLESIAE IBIDEM PASTORIS;

NEC NON

Amplissimi SENATUS ACADEMICI Consensu,

& Nobilissimæ FACULTATIS PHILOSOPHICÆ Decreto,

PRO GRADU DOCTORATUS IN PHILOSOPHIA,

ET LIBERALIUM ARTIUM MAGISTERIO,

Summisque Honoribus & Privilegijs ritè ac

legitimè consequendis,

Publico ac Solemni Examini submittit

GODOFRIDUS DU BOIS, *Cruininga-Zelandus.*

Ad diem 6. Februarii 1725. ab hora 8. ad 10. loco solito.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN



LUGDUNI BATAVORUM,
Apud SAMUELEM LUCHTMANS, 1725.

VIRI DOCTISSIMO, EXERTISSIMO,

D. HENRICO WEERDEN;

M. D. & apud Amstelredamensis Practico feticiffi.

Avunculo suo magno iamno honore proficien-

VIRI CELEBRARIIS DOCTISSIMIS
ACUTISSIMISQUE

D. GUILIELMO JACOBO
& GRAVESANDE.

A. L. M. Phil. & Jur. Viri Doct. Regia Societ.
Lond. Socie. Astron. & Math. in Acad. Lugd. Bat.
Professori.

Promotori suo Honoratissimo.

D. JACOBO WITTICHIO.

A. L. M. Phil. Doct. ejusdemque Facultatis in Acad.
Lugd. Bat. Professor.

Excipere suo impicando.

Agud SAMUELEM
AUGUSTORUM
Dissertationem hanc inauguratam
LUGDUNI BATAVORUM
DIE 15. JUNII 1717.

VIRO DOCTISSIMO, EXPERTISSIMO,
D. HENRICO WEERDEN;

M. D. & apud Amstelodamenses Practico felicissimo,

Avunculo suo magno summo honore prosequendo.

NEC NON

VIRIS CELEBERRIMIS, DOCTISSIMIS,
ACUTISSIMISQUE,

D. GUILIELMO JACOBO
S' GRAVESANDE,

A. L. M. Phil. & Jur. Utr. Doct., Regiæ Societ.
Lond Socio, Astron. & Math. in Acad. Lugd. Bat.
Professori,

Promotori suo Honoratissimo.

D. JACOBO WITTICHIO,

A. L. M. Phil. Doct., ejusdemque Facultatis in Acad.
Lugd. Bat. Professore,

Præceptori suo suspiciendo.

Dissertationem hancce Inauguralem
Jacram scribit

AUGTOR.



P R Æ F A T I O.



Ostquàm de doctōrali gradu, summisque in PHILOSOPHIA honoribus, acquirendis cogitare cœpi; ut laudatissimis hujus Aca- demiā legibus satisfaceret, pro Inauguralis dissertationis thēmate præ cæteris mihi hæc de SONO arrisit materia; cum quod pulchra admodùm, tum quod minus vulga- ris sit. Primò autem in animum induxeram ea præmit- tere, quæ de pendulorum motu & aëris naturâ ad sonorum explicationem necessaria erant, ne dein aliquid supponere opus esset; verùm tanta fiebat moles, ut Disputationis limites longissimè excederet; quare his iterùm ablatis & suppositis, reliquam tantùm de Sono materiam, quâ potui brevitate & perspicuitate, proposui, non nunquàm etiam brevitatis causâ quarundam propositionum demonstrationes purè Mathematicas, apud alios reperiendas, vel facilè deducendas, omittens, ipsasque tantùm propositiones ad- hibens. Novi quid Lector non inveniet, sed omnia ferè ex aliis hausta; à juvene autem non alicujus rei prima inventio, sed rerum ab aliis jàm inventarum cognitio tan- tùm exigitur. Quidquid desit, Lectorem suâ benevolentiâ pensaturum, aut ubi in ratiocinio minus felix erro- rem commiserim, æqui bonique consulturum, certissimè ex- specto.

A

DIS-

DISSERTATIO PHILOSOPHICA
INAUGURALIS

D E

S O N O.

§. 1.



E SONO acturus primò noto, quod hæc vox *Soni* duplicem habeat significationem: significat enim 1. sensum illum, vel ideam hanc, quam illa corpora, quæ sonantia, vel sonora vocantur, vehiculo, seu medio aërio, vel simili, & organis auditus, mediantibus, in nobis excitant. 2. Notat etiam id, quod in corporibus sonantibus, ut est chorda, vel campana, aut fistula; in medio deferente, quale est aër; in organis auditus inest, per quod in mente excitatur sonus n. 1.

§. 2. Quidnam sonus (§. 1. n. 1.) definitus sit, nemini incognitum esse potest, qui vel semel tantum audivit: ignorant fortè à nativitate surdi: verbis autem depingi minimè potest; tales enim animi sensus, vel ideas, verbis explanare nemo mortalium potest. Sonus (§. 1. n. 2.) definitus notat tria: 1. in corporibus sonantibus, 2. in medio deferente, 3. in organis auditus illam physicam conditionem, quæ menti ideam soni, seu sonum (§. 1. n. 1.) exhibet: hæc autem physica conditio sonus eorum dicitur. De hac phyllicus tantum agere potest: hanc nunc indagare mihi proposui, quidnam sit sonus in corporibus sonantibus, & in mediis sonum ad aures nostras deferentibus, & quænam ejus præcipuæ sint proprietates ac modificationes, in hac philosophicâ; quidnam verò sit in organis auditus, in physiologico-medica dissertatione traditurus.

§. 3. Ut ergò primò videamus, quidnam illud in corporibus sonantibus sit, quod sonus eorum dicitur, primò omnium examinanda sunt illa corpora, quæ nervis, seu chordis constant, *χορδα*
sive

sive *ἔντατα* dicta Græcis. In his omnibus observamus, quod chordæ dum sonum edant, tensæ sint, & in vibrationes, seu reciprocus itus & reditus, quos ope sui elateris peragunt, agitentur, variè in variis instrumentis, ut examinanti illa perspicuum est. Hæ vibrationes ipsi nudo patent oculo; & chartula plicata chordæ imposita vel excutitur, vel, si maneat, continuò subsultat, & suo tremulo, quo agitur, motu, chordæ vibrationes satis demonstrat: ipsa elasticitatis natura præterea evincit, tales vibrationes à chordâ elasticâ, tensâ, agitâ necessariò debere fieri.

§. 4. Hinc (§. 3.) crediderunt multi, quod in his vibrationibus sensibilibus, majoribus, totalibus, chordarum sonus consisteret, si-ve quod illæ essent causâ immediata soni: verùm hæc conclusio cum ipsis experimentis non convenit; ea enim ostendunt manifestè, chordarum sonum non à motu tremulo visibili, sed ab alio motu tremulo, quo in motu memorato (§. 3.) particulæ minores afficiuntur, dependere. Ex multis pauca tantùm memoro. 1. Chorda clavicymbali agitata sonum edit: hoc sono jam cessante, tota chorda adhuc movetur, & sensibiles vibrationes adhuc peragit, ut experimur, huic chordæ ungue lenissimè admoto. Illicò autem ac unguis chordæ lenissimè tantùm admovetur, ità ut unguis non chordam, sed chorda potius unguem feriat, novus quidam sonus, seu fremitus oritur. Hic sanè non potest oriri à vibrationibus totalibus, nam ante unguem admotum non audiebatur, & hæc tamen vibrationes tunc fiebant, imò majores erant, chordæ enim admotus unguis potius ejus vibrationes totales sistit, quam auget; & præterea etiam omni momento eadem spontè fiunt minores, à resistentiâ aëris & attritu ad extrema parte quâdam motus sublatâ. Liquet ergò quod hic fremitus non dependeat immediatè à vibrationibus totalibus, sed potius à tremoribus minimarum partium hoc attactu auctis. 2. Si chorda chelyos plectro perstringatur lentissimè, vibrationes totales admodum parvæ sunt, aliquandò nudo oculo vix visibiles, sonus tamen satis intensus est; si autem digito inflectatur satis fortiter, & dimittatur, vibrationes post dimissionem sunt multò majores, sonus tamen longè obtusior & minor. 3. Eiusdem instrumenti chordæ intensum & limpidum edunt sonum, quamdiù plectro stringantur, illicò autem, ac plectrum sublatum est, evanescit sonus. Contrarium fieri deberet, si à vibrationibus totalibus dependeret sonus, sublato enim plectro hæc liberius peraguntur. Ex quibus perspicuum est, non à vibrationibus totalibus sensibilibus, sed à tremoribus

minimarum partium, ab exasperatis resinâ plectri crinibus receptis, & omnibus chordæ particulis communicatis, sonum produci. 4. Idem etiam ex eo constat, quod hac tremulâ minimarum partium agitatione, per quamcunque causam impeditâ, suffocatâ, sublata, etiam impediatur, suffocetur, tollatur sonus, ut innumera experimenta docent. Sic si chordæ imposita sit vel lana, vel simile molle corpus, minimarum partium tremores impediens, vix sonus auditur, licet tota chorda satis sensibiles oscillationes perficiat. Sic in clavicymbalis suffocatur, & sistitur sonus ope festucarum ex panno factarum, subfiliorumque extremitatibus infixarum, quæ festucæ delapsis subfiliis fidibus incumbunt. In clavichordiis illa chordæ pars, quæ inter laminam æneam palmulæ extremitati infixam, & prisma ligneum, cui chordæ incumbunt, interjacet, sonum edit, cum memorata lamina fidem percutit, & ad eam apprimitur, tremulo tunc motu recepto: altera autem chordæ pars ad finem habet lanam sibi impositam, vel intertextam, ejus tremores in ipsâ nativitate ilicò tollentem; sed illa pars etiam nullum sonum edit: porrò, dictâ laminâ æneâ chordam deferente, tremulæ particularum agitationes per totam chordam sistuntur, quoniam tunc, sublato termino distinguente, binæ partes communicant; tunc autem sonus illius chordæ in totum tollitur. Tandem, si plectri, quo variorum instrumentorum chordæ stringuntur, crines resinâ non exasperati, sed oleo, sebo, aliâve pinguedine quâcunque affricati, & emolliti sint, atque ita lubrici facti, tremulum hunc motum chordarum partibus non concilient, verum eas non concutiendo translabantur, hæc nullum sonum reddunt. Multa adhuc alia sunt, sed quæ omnia hic memorari non possunt. Plura videantur apud *Perrault, Carré, de la Hive.*

§. 5. Hinc (§. 4.) facilè deducitur, eò intensiorem fore sonum, quò minimæ chordarum particulæ in majori numero, & majori tremulo motu agitentur, & vicissim. Hinc chordæ sunt eò etiam magis vel minus sonoræ, quò earum particulæ magis vel minus sunt aptæ ad tremulum hunc motum recipiendum, conservandum, & majori motu agitari possunt; id est, quò chordæ ex materiâ magis vel minus elasticâ sunt confectæ. Hinc etiam chordæ nunquam ex plumbo, vel stanno, utpote metallis mollioribus, minus sonoris; sed semper ex ferro, chalybe, cupro, orichalco, &c. magis elasticis, sonorisque, conficiuntur. Hinc etiam plurimæ variorum instrumentorum, chordis constantium, respectu intensitatis soni proprie-

prietates, pro variis modis, quibus chordae ad sonos incitantur, variae, facillimè explicari possunt; deprehenduntur enim convenire in eo, quod soni intensitas crescat vel minuat, prout augeatur vel minuitur minimarum particularum tremula agitatio. Sic observatur in omnibus instrumentis, quorum chordae inflexione, & sequente mox dimissione, ad sonum sollicitantur, adèoque penitus sibi commissae sunt, dùm sonum edunt; soni intensitatem augeri vel minui, auctâ vel imminutâ magnitudine sagittae, ad quam inflectitur chorda, sive vibrationum totalium, quod errori (§. 4.) notato magnam ansam dedit. Ratio autem hujus phaenomeni est, quod hoc in casu tremores minimarum partium, qui sonum producunt, (§. 4.) à vibrationibus totalibus pendentes, cum iisdem eodem modo augeantur, & minuantur. Quod tamen soni intensitas à magnitudine tremulae agitationis minimarum partium, tanquam causâ proximâ, non verò immediatè à magnitudine vibrationum totalium pendeat, ex eo liquet, quod, si tremores minimarum partium resuscitari possint, impeditis potiùs quam auctis vibrationibus totalibus, restituatur sonus. (§. 4. n. 1.) Hinc liquet, cur in his instrumentis, sensim per resistantiam aëris, & attritum ad extrema, decrefcentibus oscillationibus, donec tandem evanescant, simul continuè intensitate sonus remittat, donec tandem desinat? cur in clavicymbalis, & spinettis rigiditatem festucarum ex pennis avium factarum, & subfiliorum epiglottidibus infixarum, sequatur intensitas soni chordae, & contra? Cur adèoque, cùm certa requiratur proportio inter resistantiam chordarum, & festucarum flexibilitatem, ad bonum, limpidum, & gratum sonum ex fidibus elicendum, non omnium avium pennae huic usui sint aequae aptae; sed eae, quae ex corvorum & cornicum alis extrahuntur, à musicis praeferantur? Cur pro lubitu artificis inter modulandum chordarum sonus non possit intendi, & remitti; sed quidem in testudinibus, cytharis, harpis, similibusque, pro scopo tantùm chordas ad majores vel minores sagittas inflectendo? Patet etiam, cur in clavicordiis, & psalteriis, pro majore vel minore percussu sonus intensior vel debilior ex chordis eliciatur, & hoc in modulantis potestate sit? Cur in clavicordiis, & non tamen in psalteriis, sonus sensim possit intendi, & remitti, sine intermediâ interruptione, tremulo digito sensim magis vel minus palmulam premendo? Cur in omnibus instrumentis, quorum chordae plectro perstringuntur, sonus sit magis vel minus intensus, prout plectrum est magis vel minus resi-

nâ exasperatum, & etiam plus vel minus velociter movetur, fortiterque ad chordas apprimitur? Adeòque, cùm ipsa plectri ad chordas applicatio, appressio, velocitas, moderatio, à voluntate & peritiâ modulantis artificis pendeant, cur soni intensitas ità pro ejus scopo augeri & minui possit? Ab hac autem soni moderatione maxima pars gratiae hujus instrumenti dependet. Cùm autem soni, quem nos audimus, intensitas pendeat ab ictibus aëris in organa nostra auditoria, & horum effectû ad sensorium commune delato, latius de his agetur, cùm de aëre sonum ad nostras aures deferente fermo erit.

§. 6. In sonis datur differentia respectu gravis & acuti, à quâ dependet illud, quod musici tonum vocant. Totum hoc pendet à numero vibrationum, quas chorda in dato tempore perficit: & sive vibrationes minimarum partium sint semper in eadem ratione respectu numeri & frequentiae, ac vibrationes totales, & ideò hae pro mensurâ omnium tonorum sumi possint, quae est sententia *D. Carvé*; sive ipsae vibrationes totales determinent tonos, qualescunque etiam sint numeri vibrationum minimarum partium, utpote à quibus tonus non dependet, ut videtur esse opinio *D. de la Hire*; observatur semper, quod toni variatio sequatur mutationem numeri vibrationum totalium in dato tempore peractarum: ità ut his numeris positis aequalibus, sive ipsis vibrationibus isochronis, soni sint ejusdem toni, & contra. Suntque semper soni, vel eorum toni, tantò graviore, quò hi numeri sint minores, aut tempus singulae vibrationis majus; tantò acutiores, quò hi numeri majores, aut tempus singulae vibrationis minus: & gradus gravitatis sunt directè ut tempora vibrationum singularum, vel inversè ut numeri earundem eodem dato quolibet tempore peractarum; gradus acuminis directè ut hi numeri, vel inversè ut ipsa vibrationum singularum tempora. Haec innumeris experimentis musicis constant, & Musicis notissima sunt. Hinc sequitur, quaecunque de his vibrationibus, earumque numero, & velocitate, inventa, demonstrata, cognita sunt; ea ad determinandos chordarum tonos adhiberi posse. Videamus itaque juxta quas leges hae fiant, & varientur. Supponimus autem hunc in finem vel chordas metallicas, & quidem ex eodem metallo factas, vel etiam ex intestinis animalium confectas, homogeneas, extensiles, elasticas, dùm scilicet certâ vi tensae sint; comparando tamen semper binas chordas ejusdem generis.

§. 7. Tales chordae (§. 6.) tensae, fixatis extremitatibus, inflecti possunt, & quidem ad sagittam majorem vel minorem pro majori vel minori vi inflectente; hac autem sublatâ, redeunt ex elasticitate; & locum, ubi quiescendum foret, celerrimè praetergressi, longius feruntur, & sic inflectuntur versùs partem oppositam; inde iterùm redeunt; & sic varios itus & reditus, sive vibrationes peragunt, antequàm ad situm naturalem, seu lineam quietis redeant, quod fit tandem, ipsis diadromis priùs in infinitum per aëris resistantiam, & attritum ad extrema, diminutis. Haec omnibus sunt nota. Demonstrant autem experimenta multa quam accuratissimè capta, quod, si chorda variis viribus inflectentibus seorsim inflectatur, verbi gr: ponderibus appensis, sagittae, quamdiù inflexiones parvae admodum sunt, sint praecisè ut vires inflectentes: si verò majores sint inflexiones, vires inflectentes crescant in majori ratione quam sagittae; undè tunc superadditis viribus inflectentibus aequalibus, sagittae crescunt per partes inaequales, & quidem continuè per minores. Cùm nunc chordae inflexae elater, quo renititur ulteriori inflexioni, seu elongationi, & quo redit, si, sublatâ vi inflectente, sibi permittatur, sit aequalis vi inflectenti; adeòque positis inflexionibus minimis, quales hìc ubique supponimus, semper ut sagitta: cùmque, dùm chorda inflexa redit ex elasticitate, haec chordam motam premit tanquam quiescentem, quoniam ipsa causa movens cum corpore moto transfertur; sequitur quod chordae motus sit acceleratus, & vis acceleratrix in omni puncto sagittae ut via percurrenda. Hinc liquet, quod motus chordae per sagittam redeuntis conveniat cum motu gravium per cycloïdales lineas descendendum. Et cùm motus chordae, velocitate acquisitâ versùs partem oppositam inflexae, retardetur eodem modo, quo antea accelerabatur, adeòque pro lege corporis gravis per cycloïdem ascendens; liquet, quod oscillationes chordarum sequantur easdem leges, quas oscillationes pendulorum per cycloïdes motorum: undè, quae de his demonstrata habentur, & hìc supponenda sunt, ad chordae diadromos applicari possunt. Sunt ergo omnes ejusdem chordae vibrationes isochronae, sive majores sint, sive minores.

§. 8. Ex eo nunc quod tonus maneat idem, positis iisdem temporibus oscillationum, (§. 6.) & omnes ejusdem chordae vibrationes re verâ isochronae sint, (§. 7.) manifestum evadit, cur sonus chordae agitatae ab initio usque ad finem sit ejusdem toni, licet vibrationes

tiones continuè magnitudine decreſcant? Hinc acumen ſoni non à velocitate motus dependet, ut credidit *Ariſtoteles*, quod ritè obſervavit *Merſennus*, ſed tantùm à numero vibrationum; & poteſt conjungi velox motus cum ſono gravi, & tardus cum acuto. Li-quet etiam, quid dicendum de his, qui ſtatuunt chordas edere ſonos acutiores in initio, gravioreſ circa finem, quia in initio magis, circa finem minus tenſae ſunt, propter majorem in initio, & minorem circa finem inflexionem; ut voluit *Kircherus*: Chordatum ſonos eſſe acutiores in principio, cùm earum motus adhuc magnus, recens dimiſſarum à digito; gravioreſ & remiſſioreſ, cùm latitudo vibrationis contrahitur in anguſtum, chordâ in ſe redeunte, ut dixit *Kepplerus*: quod una eademque chorda, quantò intenſior eſt, tantò acutiorem ſonum edat; ut habet *Carteſius*: &c. Hiſce ſtatuendis procul dubio anſam dedit mirum Phaenomenon, ſcilicet, chordam ad ſatis magnam ſagittam inflexam, edere ſonum in initio, ipſo ſenſuum judicio teſte, acutiorem, quam paulò poſt, cùm diadromi ſint minoreſ. Verùm hoc phaenomenon dependet ex eo, quod, poſitâ ſagittâ nimis magnâ, vires acceleratrices, viribus inflectentibus ſemper aequaleſ, creſcant in majori ratione quam ſagittae (§. 7.): cùm enim tunc ipſae accelerationeſ magis augeantur, quam pro ratione viarum percurrendarum, primae vibrationeſ minori tempore abſolvuntur, quam reliquae, adeòque tunc ſonus eſt acutior. (§. 6.) Cùm verò, poſitis ſagittis iterùm non nimis magnis, vires acceleratriceſ ſiant ut ſagittae, adeòque tempora vibrationum prioribus majora, ruruſ aequalia inter ſe; ſoni acumen priori minus manet conſtans. Si chorda, non inflectatur in medio, verùm alio in loco quocunq; extremo tamen non nimis proximo, tempora vibrationum non mutantur, adeòque nec tonus, ut ipſa experientia demonſtrat. Cùm nunc intenſitas ſoni varietur pro magnitudine ſagittae (§. 5.) & loco inflexionis, ut unicuique notum eſt, ſequitur quod tonus ab intenſitate non dependeat. Hinc poteſt ſonus eſſe valdè intenſus, & ſimul graviffimus; etiam valdè intenſus, & ſimul acutus, & contra.

§. 9. Si eadem chorda, vel binae in omnibus ſimileſ, tendantur viribus tendentibus diverſis, ut ad eandem datam ſagittam inflectantur, requiruntur vires inflectenteſ viribus tendentibus proportionaleſ, ut demonſtrant experimenta. Sunt ergo vires elateriſ, ſeu acceleratriceſ, ut pondera tendentia; adeòque tempora vibrationum inverſè in ſubduplicatâ ratione virium tendentium, quia in pendulis in cycloidibus vibratiſ, quorum eadem eſt ratio, (§. 7.)

tempora vibrationum sunt inversè in subduplicatâ ratione virium gravitatis. Cùm verò omnes vibrationes ejusdem chordae sint aequidistantes, (§. 7.) non refert, ad quamnam sagittam inflectantur chordae, & tempora vibrationum erunt semper in dictâ ratione; adeoque numeri vibrationum in dato tempore peractarum, qui sunt inversè ut tempora, quibus singulae vibrationes absolvuntur, erunt directè in subduplicatâ ratione virium tendentium; suntque gradus acuminis in eadem ratione. (§. 6.) Cum his perfectè congruunt experimenta Mersenniana; dixit enim *Mersennus* in suâ Harmoniâ universali, quod chorda 17. pedes longa, & medio ex 12. intestinis arietum confecta, quae habet crassitiem & longitudinem tantam, ut cursus ac recursus oculis facilè sistat, bis currat & recurrat tempore unius minuti secundi, cùm tendatur $\frac{1}{2}$ librâ; quater currat & recurrat, cùm tendatur 2 libris; & octies currat & recurrat, cùm tendatur 8 libris. Sunt ergò numeri vibrationum ut 2, 4, 8; horum quadrata 4, 16, 64. sunt exactè ut vires tendentes $\frac{1}{2}$, 2, 8. Undè magnus ille vir etiam conclusit, quod numerus diadromorum sit in subduplicatâ ratione ponderum chordas tendentium. Liquet hinc simul, quod chordarum ex intestinis animalium confectarum eadem in hoc casu sit ratio; & error eorum, qui voluerunt sonos esse acumine proportionales viribus tendentibus.

§. 10. Ex his (§. 9.) intelligitur, cur in instrumentis musicis itâ varientur solâ tensione chordarum toni? Quomodò per tensionem concordari possint? Cur in clavichordiis, si lamina aenea satis fortiter apprimatur ad chordam, eamque satis validè inflectendo, plus tendat; illa pars, quae inter laminam illam, & prisma ligneum, cui chordae incumbunt, interjacet, quae sola tantùm sonum edit, (§. 4. n. 4.) tunc sonum edat magis acutum? Cur in chelybus, si plectrum paulò fortiùs apprimatur ad chordas, soni acumen paululùm etiam crescat? cur etiam, prout in chelybus major vel minor chordarum à subjecto manubrio distantia est, chordae modulantis digitis in iisdem locis ad manubrium appressae, acutiores vel graviore sonos edant? Cur in chelybus majoribus hexachordis & heptachordis, tonorum illae divisiones in manubrio notatae, exhibeant longitudes partium chordae majores iis, quae ipsis tonis requisitis sunt proportionatae? scilicet, quia major longitudo compensat sic tensionem, quae oritur ex appensione chordae ad manubrium. Ex majori tensione per submissum ponticulum etiam fortè oritur,

quod secundum *Marii* observata, si chorda crassa admodum chordotomo dividatur bifariam, ejus pars dimidia non tantum ad octavam, sed paulo altius ascendat. Frigus omnia corpora contrahit & abbreviat, calor contra expandit, ut multis observationibus constat accuratissimis. Sic *Piccartus* observavit, quod virga ferrea, quae tempore hyberno, ubi gelabant frigora, erat pedis unius longitudine, ad ignem calefacta evasit pedis unius cum $\frac{1}{4}$ lineae. Deinde *D. de la Hire* observavit, quod virga ferrea, quae tempore consimili hyberno sex erat pedum longitudinis, ubi soli aetivo exponeretur, evasit 6 pedum cum $\frac{2}{3}$ partibus lineae. *Mersennus* observavit in templis majoribus, quorum fornices altissimae sunt, funes, quibus lampades sustinentur, hyeme aliquot pedibus quam aestate breviores esse. Hinc frigus idem efficit, ac si plus tenderentur, calor verò, ac si relaxarentur: undè intelligitur, cur frigus acuat, calor verò deprimat chordarum sonos? Cur tempore frigido tam facile sponte crepent chordae? Cur discordentur clavicymbala, quamcùm aër fit calidior vel frigidior? Cur eadem sponte aliquandò iterum concordentur, si prior tempestas redeat? Haec Musicis notissima sunt. Non tantum frigus, sed etiam humor contrahit funes cannabinos, & chordas, maximè ex intestinis animalium confectas. Sic notum est exemplum, (quod refert *Busbequius*,) architecti Constantinopolitani, qui cum obeliscum, qui est in Hippodromo, dejectum suae basi restituendum suscepisset, funesque trochlearum breviores repertae fuissent, adeò ut lapis ille ingens in sublime evehctus, digito abesset à dorso astragalorum, quibus imponi debebat, cumque jam à spectante populo irrideretur, magnam aquae frigidae copiam iniecit in funes, quibus obeliscus librabatur, qui sensim madefacti, ita se contraxerunt, ut obeliscum altius sublatum in astragalis statuerit magnà cum admiratione & plausu vulgi. *Schwenkerus* auctor est, cum aliquandò exercitiis geometricis in campo vacaret, longitudinem funis, quae erat 16 pedum, cadente pruiâ horae unius intervallo ad 15 pedes rediisse. Hinc non mirum, quod in violis & testudinibus chordae tempore sicco graviores, humido verò acutiores sonos edant; imò & in locis humidis frequenter crepent, &c.

§. 11. Si chordae binae similes, ejusdem crassitudinis, & iidem viribus tensae, diversae autem longitudinis, viribus aequalibus inflectantur, sagittae sunt ut chordarum longitudines, ut docent experimenta. Hinc facile demonstratur, quod elongationes talium chordarum sint

ut longitudes; quod etiam per alia experimenta directè constat: si enim chordae certâ vi tensae pondus tendens superadditâ quâdam parte augeatur, est semper productio hujus chordae hinc oriunda ut ejus longitudo. Ex eo autem, quod chordae semper ab eâdem vi elongentur proportionaliter ad longitudinem, sequitur, quod in omni puncto aequaliter suae elongationi resistent, adeoque aequaliter tensae sint; undè liquet, majorem ad extrema tensionem non esse causam, cur plerumque circa extrema, non verò circa medium chordae rumpantur: dependet ergò hoc potius ab allâ causâ, verbi gr: à rubigine, quam ibi plerumque chordae contrahunt, vel à flexurâ, &c. Ut autem tempora vibrationum determinentur, vires elateris, quae in hoc casu sunt aequales. dividi debent per quantitatem materiae in chordis; & quotientes, qui sunt inversè ut longitudes, dant vires accelerantes. Erunt adeoque quadrata temporum vibrationum (quae in pendulis in cycloidibus vibratis sunt inversè ut vires, & directè ut longitudes pendulorum) in ratione compositâ ex bis directâ longitudinum, id est ut quadrata longitudinum: (§. 7.) ergò tempora ut longitudes, qualescunque etiam fuerint sagittae. (§. 7.) Hinc numeri vibrationum in dato tempore peractarum, adeoque & gradus acuminis sonorum, sunt ut chordarum longitudes inversè, & gradus gravitatis ut eadem directè. (§. 6.) Cùm tamen pendulorum diversae longitudinis quadrata temporum vibrationum sint ut longitudes pendulorum, quaeri fortè posset, cur in chordis diversae longitudinis non quadrata temporum diadromorum, sed ipsa oscillationum tempora sint ut chordarum longitudes? Respondemus autem, rationem hanc esse, quod in chordis augmentum quantitatis materiae movendae, quae semper cum longitudine in eadem ratione crescit vel minuitur, (sunt enim chordae cylindri,) minuat accelerationem, adeoque augeat tempus vibrationis; quod non fit in pendulis, nam sive major vel minor detur quantitas materiae, eadem est velocitas, ut docent experimenta; & ratio est, quia causa movens, id est gravitas, semper quantitati materiae proportionalis est; non ergò in his potest mutari acceleratio, nisi mutetur ipsa vis gravitatis agens in singulas particulas. Hinc in pendulis imminutio vis gravitatis efficit idem, quod augmentum materiae in chordis; ergò, cùm in chordis quantitas materiae crescat in ratione longitudinum, in pendulis vis gravitatis debet in ratione longitudinum imminui. ut perfecta fiat comparatio. In pendulis autem, quorum vires gra-

vitatis sunt inversè ut longitudines, quadrata temporum vibrationum sunt ut vires inversè & longitudines directè, id est in ratione compositâ & bis directâ longitudinum, seu ut longitudinum quadrata; ergò etiam tempora ut longitudines.

§. 12. Cùm acumina sonorum chordarum similium, soliâ longitudine differentium, sint inversè ut earum longitudines; (§. 11.) intelligitur, cur in multis instrumentis musicis, clavicymbalis, clavichordiis, psalteriis, harpis, &c. adhibeantur chordae tam variae longitudinis? Cur in chelybus cujuscunque generis, eadem chordae tam diversorum tonorum sonos edant pro variâ digitorum modulantis dispositione? Cur in clavichordiis quibusdam eadem chordae, laminis aeneis variis palmulis infixis percussae, varios tonos producant? Variae enim digitorum dispositiones, & varia loca à laminis percussa, determinant varias longitudines partium sonantium chordarum. Hinc simul intelligitur pro concordatione clavichordii, quod tono unius palmulae existente bono, simul habeatur tonus alterius palmulae, qui eandem chordam incitat: qui, si tunc justus non sit, non per tensionem chordae, sed per flexionem laminae corrigi debet; per tensionem enim chordae semper mutantur omnes soni omnium palmularum huic chordae respondentium simul. Notari autem hic & explicari merentur mira quaedam in chelybus observata phaenomena circa mutationem toni alicujus chordae pro mutatâ ejus longitudine. Si modulantis digitus chordae impositus, eam non ulque ad subjectum manubrium deprimat, sed leviter tantùm tangat, (quod in sequentibus leve obstaculum vocabo,) binæ partes, in quas chorda per leve obstaculum dividitur, plectro seorsim agitatae, dant eundem tonum, utcunque longitudine differant: & sonus qui auditur est ejus toni, qui proprius est parti minori, si haec sit pars aliquota chordae; vel maximae communi mensurae binarum partium, si eadem fuerit pars aliquanta. Haec ex observationibus constant. Ut autem haec explicemus, notandum, quod tale leve obstaculum non impediât communicationem vibrationum binarum chordae partium; si enim plectro una pars tantummodò agiteretur, altera etiam simul concipiet vibrationes, nudo oculo, imposito digito sensibiles, chartulam impositam moventes, excutientes; quod non fit, si chorda fortiter ad manubrium apprimatur: est tamen aliquod obstaculum, efficiens ut singulae partes seorsim suas vibrationes distinctas perficiant, ut autopsia docet. His positis, pars agitata motum suum

suum vibratorium communicat alteri, quae si major est, peragit singulas suas vibrationes tantò majori tempore, quantò longior est: (§. 11.) ergò à parte agitâ, breviori, celerius suas vibrationes singulas absolvente, omni momento acceleratur, & cogitur absolvere suas vibrationes eodem tempore, quo minor pars absolvit suas; quod impossibile est, nisi imminutâ longitudine, donec sit aequalis parti minori, tensio enim non mutatur. Hinc, si pars minor agitata metiatur majorem, longior pars se dividit in partes breviori aequales, & sic ipsi velocitate praevaletenti obedit, fiuntque vibrationes omnium partium ob aequalem longitudinem isochronae; verbi gr. si leve obstaculum positum fuerit ad $\frac{1}{3}$, vel $\frac{1}{4}$, vel $\frac{1}{5}$ &c. partem chordae. Si non metiatur minor pars agitata majorem, residuum etiam à communicato motu agitatum habebit ob minimam longitudinem vibrationes omnium celerissimas. (§. 11.) Haec autem pars, licet non determinata ilicò per obstaculum, sed tantùm deindè formata per consequentiam formationis aliarum, dat tamen legem omnibus reliquis; & si haec metiatur binas chordae partes, in quas primò per obstaculum leve divisa est, ambae dividuntur in partes huic aequales, peragentes omnes suos diadromos illi isochronos, ut si obstaculum positum fuerit ad $\frac{1}{3}$, $\frac{2}{7}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{4}{7}$, $\frac{3}{7}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{1}{3}$, &c. Si autem haec communis mensura non sit, residuum secundum dividit chordam in partes aequales, seorsim oscillantes; v. gr. si obstaculum leve positum fuerit ad $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{10}$, &c. Si deniquè nec hoc residuum sit communis mensura, ulterius pergitur & quidem donec ad communem mensuram perveniatur; quae si non detur, aut nimis remota sit, adeòque & nimis parva, non distinctus aut clarus sonus, sed ingratus & horridus potiùs quidam stridor ex agitatione hujus chordae auditur, quod undè oriatur, dein clariùs explicabimus. Si nunc pars agitata sit major, idem est, ilicò enim ac altera brevior motum vibratorium communicatum recepit, illa praedominat ob majorem velocitatem vibrationum, & leges dat toti chordae. Dividitur adeoque semper chorda vel in partes aequales parti minori, vel in partes aequales maximae communi mensurae binarum partium per leve obstaculum determinatarum. Si bina ponantur levia obstacula, dividitur chorda in partes aequales maximae communi mensurae trium partium: v. gr. si unum ad $\frac{1}{2}$, alterum ad $\frac{1}{3}$ ponatur, dividetur chorda in partes 6.; & sic de caeteris. Si fortè quis effectam à nobis puter spontaneam hanc chordae in partes aequales seorsim vibrantes divisionem, ipsis experimentis talem

divisionem ad oculum demonstrantibus faciliè convincetur: punctis enim quiescentibus divisionum, quae nodi vocantur, & ventribus vibrationum partialium imponantur chartulae plicatae, parvae, minimum motum ilicò indicantes, & agitetur in loco conveniente chorda plectro, semper impositae assignatis nodis immotae quiescunt, impositae verò ventribus moventur & cadunt; unde evidentissimè haec spontanea divisio, partiales vibrationes, & puncta intermedia immota apparent. Ex his nunc faciliè intelliguntur mira haec observata; & liquet simul, chordas verè edere sonos acumine suis longitudinibus inversè proportionales juxta (§. 11.) utcumque contraria haec primâ frontè videbantur. Semper etiam nodum dari patet, ubi leve obstaculum ponitur; ibi enim est primum principium vibrationes dividens, & eas mutans.

§. 13. Si habeantur duae chordae ejusdem generis & longitudinis, sed diversae crassitiè, erunt, quoniam chordae sunt cylindri, & tanquàm ex fibris constare concipi possunt, si dividantur in fibras ejusdem crassitiè, (positis scilicet chordis magnitudinibus, quarum diametri saltem sunt commensurabiles potentiâ) numeri harum fibrarum ut quadrata diametrorum, vel ut pondera chordarum. Si ergò hae chordae tendantur viribus aequalibus, erunt, quia, dum chordae tenduntur, tenduntur omnes fibrae eas constituentes, vires tendentes singulas fibras inversè ut harum numeri, sive inversè in duplicatâ ratione diametrorum chordarum. Si nunc vires inflectentes chordas sint etiam aequales, vires inflectentes singulas fibras erunt in eadem ratione ac vires tendentes; ergò sagittae aequales. (§. 9.) Inflexio autem omnium fibrarum simul est inflexio totius chordae; hae ergò ambae ad aequales sagittas inflectentur, si vires eas tendentes, & inflectentes sint aequales, quaecunque fuerit crassitiè diversitas. Idem etiam experimentis immediatè constat. Ex his faciliè determinantur vibrationum tempora; nam vires, quibus singulae fibrae redeunt & accelerantur, sunt inversè ut quadrata diametrorum chordarum; ergò quadrata temporum vibrationum, quae inversè sunt ut vires accelerantes, sunt ut eadem diametrorum quadrata directè; adeoque tempora ut diametri. Chordae autem totius vibrationes sunt vibrationes omnium fibrarum simul, & hypothesis de sagittarum aequalitate universalitatem propositionis de omnibus vibrationibus non minuit: (§. 7.) chordarum ergò diversae crassitiè, positae caeteris iisdem, tempora vibrationum sunt ut diametri. Idem etiam liquet ex eo, quod, cum quantitates materiae in chordis sint ut qua-

quadrata diametrorum, aequales vires inflectentes per haec dividi debeant, ut habeantur accelerationes: undè quadrata temporum vibrationum iterum directè ut quadrata diametrorum, seu tempora ut diametri, & sonorum acumina in hac ratione inversâ, sunt enim ut numeri vibrationum eodem tempore peractarum. (§. 6.)

§. 14. Ex his (§. 13.) detegitur error eorum, qui statuunt chordarum ejusdem materiae, & longitudinis, viribusque aequalibus tensorum, crassissimam eduram sonum acutissimum: contrarium docent etiam experimenta. Sic quod chorda crassior minus debeat tendi, ut ad certum acuminis gradum ascendat, quam tenuis, testibus experimentis ipsis falsum est. Patet nunc etiam, cur in clavicymbalis, clavichordiis, harpis, &c. praesertim in inferiori octavâ, ubi non ita longitudine differunt, adhibeantur chordae tam diversae crassitiæ? Cur praesertim in chelybus cujuscunque generis, ubi omnes chordae sunt ejusdem longitudinis, requirantur tam diversae crassities? Liquet etiam, quod positis chordis crassities solummodò diversas habentibus, tempora vibrationum sint in subduplicatâ ratione ponderum: si verò cum longitudine chordae augeatur pondus, tempora sunt ut ipsa pondera. (§. 11.) Ratio autem est, quia tunc tempora sunt in ratione compositâ ex subduplicatâ longitudinum, & subduplicatâ ponderum, id est ut ipsa pondera, vel longitudines; sunt enim pondera & longitudines in illo casu in eadem ratione. Liquet etiam faciliè, quod, si chordae densitate differant, tempora vibrationum sint in ratione subduplicatâ densitatum, positis caeteris iisdem, ut & has per easdem vires ad aequales etiam sagittas inflecti. Sed quia vix densitate differre possunt chordae, quam diù sunt ejusdem generis, de his nil amplius addemus. Varia experimenta circa sonos, & pondera fidiùm ex diversâ materiâ confectarum, & circa earum robor, videri possunt apud *Mersennum* & *Kircherum*.

§. 15. Ex his omnibus hùc usque dictis nunc colligimus, chordarum sonos respectu acuminis, 1^o. datis longitudinibus & diametris, esse in subduplicatâ ratione virium tendentium; (§. 9.) 2^o. datis viribus tendentibus & diametris, in ratione longitudinum inversâ; (§. 11.) 3^o. datis viribus tendentibus & longitudinibus, in ratione inversâ diametrorum. (§. 13.) Est ergò horum acumen dependens ex pluribus causis simul, quarum una illud auget, binae minuunt in eadem ratione, quâ ipsae augentur: erit adeoque in ratione

tione compositâ ex directâ augmentis, & inversâ minuentium. Et hinc ulterius erunt soni eodem respectu, 4^o. datâ diametro chordarum, ut radices quadratae virium tendentium directè & longitudines inversè; 5^o. datâ longitudine, ut eadem radices directè & diametri inversè; 6^o. datâ vi tendente, inversè ut longitudines & diametri; 7^o. & nihilo dato, ut radices quadratae virium tendentium directè, & tam longitudines quam diametri inversè. Conveniunt cum his rursus experimenta *Mersenni*, qui scripsit, chordam 20 pollices longam, tensam 8 libris, edere sonum ejusdem toni cum chordâ aequè crassâ, 5 pollicum, tensa $\frac{1}{2}$ libra: quod idem ex his sequitur; nam datâ crassitie, si radices quadratae virium tendentium sint ut chordarum longitudines, sive, quod idem est, vires tendentes ut quadrata longitudo, adeoque dividendi & divisores in eadem ratione, quoti sunt iidem, ut ex arithmetico notum est; ergo toni ejusdem acuminis: hic autem quadrata longitudinum 400. & 25. perfectè sunt ut vires tendentes 8 & $\frac{1}{2}$, seu 16 & 1. Ex his etiam manifestum fit, quot & quibus modis efficere possimus, ut chordarum soni sint vel ejusdem toni, vel in datâ tonorum ratione; quos hic enumerare supervacaneum foret, cum facilè ex dictis deduci queant.

§. 16. A tonorum, sive numerorum vibrationum, eodem tempore peractarum ratione pendent omnia intervalla musica, adeoque & consonantiae, & dissonantiae. Cum nunc Musici consonantias dixerint simultaneos sonitus diversorum sonorum amoenos, suaves, gratos; dissonantias verò, si mali & ingrati sint: cumque gratia haec pendeat à concursu seu convenientia inter varias vibrationes eodem tempore peractas, sequitur, eò gratiores & perfectiores esse consonantias, quò saepius vibrationes concurrant, seu quò simpliciores sint; quò verò magis ab hac simplicitate recedant, eò esse imperfectiores, auribusque minus gratas. Hinc si nimis multae sint peragendae vibrationes, antequàm detur concurrentia; auribus ingratus fit hic sonitus, & vocatur dissonantia, quae eò perfectior, quò concurrentiae sint rariores; undè perfectissima omnium foret, si vibrationes nunquam convenirent, etsi in infinitum duraret sonus; qualis esset, si binae chordae ejusdem crassitiæ, iisdem viribus tensae, haberent longitudines incommensurabiles, v. gr. una latus altera diagonalem quadrati; de incommensurabilibus verò lineis videantur geometrae. Idem etiam eveniet, si, positis caeteris iisdem, diametri vel vires tendentes, aut saltem

ha-

harum radices quadratae, sint incommensurabiles. Cùm autem infinitae possint esse concordantiae seu intervalla pro infinità rationum varietate, quae possunt esse inter numeros vibrationum, praecipua & magis apud Musicos usitata hac sequenti tabellâ tantùm propono. Si numeri vibrationum eodem tempore à duabus chordis pera-

1	1	1	Isotonos seu Unifonus.
2	1	1	Diapason five Octava.
3	2	2	Diapente seu Quinta.
4	3	3	Diateffaron seu Quarta.
5	4	4	Ditonus seu Tertia major.
6	5	5	Semiditonus seu Tertia minor.
5	3	3	Hexachordon majus five Sexta major.
8	5	5	Hexachordon minus five Sexta minor.
9	5	5	Septima minor.
15	8	8	Septima major.
45	32	32	Tritonus seu Quarta falsa.
64	45	45	Semidiapente seu Quinta falsa.
9	8	8	Tonus five secunda major.
10	9	9	Tonus minor.
16	15	15	Semitonium majus seu secunda minor.
25	24	24	Semitonium minus.

& sic porro; omnia enim alia intervalla, ut comma, schisma, diaschisma, &c. enumerare huc non spectat; nec etiam examinare, quomodo dicta intervalla à Musicis dividantur, usurpentur. Nil etiam de horum generibus, compositionibus, additionibus, aggregatis, subtractionibus, excessibus, multiplicationibus, divisionibus, factis, quotis, combinationibus, &c. addam; cum haec non sint hujus loci, sed ad Musicam pertineant.

§. 17. Ex dictis (§. 16.) liquet, quanam intervalla consonantiora sint, quanam magis dissona. Potest etiam ex hoc fundamento determinari, quanam differentia sit inter quintam & duodecimam, & quanam sit dulcior; & sic de caeteris intervallis octavâ majoribus, nonâ, decimâ, undecimâ, &c. quas Musici vulgò pro iisdem cum simplicibus secundâ, tertiâ, quartâ, &c. usurpant. Patet etiam, eadem intervalla majorem habere gratiam, si, posito quod fridor non offendat aures, soni sint acutiores; minorem verò, si iidem sint depressiores. Completur enim tunc praecisè consonantia, quandò utraque chorda tot peregit vibrationes, quot sunt monades in utroque numero rationem consonantiae in minimis terminis

explicante; adeoque tempora, quibus completur consonantia quae-
libet, sunt ut sonorum gravitates, & numeri completionum in da-
to tempore in hac ratione inversâ; sed completiones consonantia-
rum dant concursus, & ab his pendet gratia consonantiae, videtur
ergo haec esse inversè ut gravitas, seu directè ut acumen sonorum
dictam consonantiam efficientium. Undè intelligitur, cur in in-
strumentis multarum octavarum extensum habentibus, & ad mag-
nam soni gravitatem descendentibus, v. gr. clavicymbalis, & or-
ganis, eadem consonantiae v. gr. tertiae in superioribus octavis
benè, in inferioribus non tam gratè sonent? Cur dissonantiae ingra-
tiores in inferioribus vocibus, quam in superioribus? Cur concentus
vocum superiorum plerumque magis placeant, quam inferiorum?
Cur faciliùs audiamus, num soni acutiores, quam num graviore
sint consonantes? Non possumus enim perfectè judicare de conso-
nantia nisi per completionem; undè eò faciliùs, quò plures com-
pletiones seu concursus in dato tempore fiant. Hinc, si utraque
chorda nondùm tot vibrationes perfecit, quot unitates continent
numeri radicales rationem consonantiae exhibentes, ritè nullum de
consonantia fieri potest judicium. Hinc etiam, si chorda tantùm
unam vibrationem faceret, audiretur quidam ictus, respectu toni ta-
men non distinguendus. Hinc faciliùs audimus octavas quam
quintas, & quintas faciliùs quam tertia; & sic in genere faciliùs
perfectiores consonantias quam imperfectiores. Ex his verae re-
gulae ad gratas auribus symphonias componendas deduci possunt;
sed de his consulendi sunt Musici. Quomodò omnia cognita inter-
valla obtineri possint, ex dictis §. 9, 11, 13, 15, manifestum est. Sic
ex §. 11. intelligitur tota monochordi divisio, & quomodò per
suppositum magadem chordotomum obtineri possit, ut vel binae
chordae partes, vel una cum totâ chordâ, exhibeant quaecunque da-
ta intervalla; & sic porò in chelybus, testudinibus, clavicymba-
lis, &c. intelligitur adeoque etiam ex §. 9., quot pondera sint ap-
plicanda chordis, ut à suo tono ad datum intervallum assurgant;
posito, quod pondus, quo chorda tensa erat antea, cognitum sit:
hoc est quanto ponderi respondeant, verticilla, quibus chordae
tenduntur; adeoque quantum pondus manus verticilla torquens quâ-
libet vice suppleat; & innumera alia, quae hic recenseri non pos-
sunt. Haec omnia tamen in praxi musicâ non ita geometricè fiunt,
sed solummodò ad auris doctae judicium. Si nunc ad chordae,
cujus tonus cognitus est, datum punctum ponatur leve obstaculum,
faci-

facile etiam determinari potest, quisnam orietur tonus, si plectro in loco conveniente agitetur: inveniatur enim communis mensura maxima duarum partium per leve obstaculum determinatarum, haec dat longitudinem sono audito correspondentem. (§. 12.) Cognoscitur adeoque etiam intervallum, quod est inter hunc sonum, & sonum totius chordae, vel partis cujuslibet cognitae. Ex his varia elegantissima deduci, intelligi, explicari possunt, quae hic brevitate causâ apponi non possunt: pauca memoro. Idem est tonus, sive in medio chordae majus vel minus fiat obstaculum; quae proprietates soli puncto medio competit. Si chorda in 5, vel 7, vel 11 partes aequales dividatur, idem erit sonus, ad quam divisionem ponatur leve obstaculum: si verò in 6, 8, 12, &c. dividatur, varius pro variâ divisione, ad quam idem ponitur; quaedam tamen dant eundem tonum. Ad quodcunque punctum chordae fiat leve obstaculum, intervallum cum sono totius chordae semper octavâ majus est, solo puncto medio excepto, ubi praecisè est octava. Si leve obstaculum moveatur successivè ab uno chordae extremo ad aliud, & interea plectro chorda prope ponticulum agitetur, producit irregularis admodum tonorum consequentia, nunc eosdem, nunc alios, varios saltus, sine proportione cognitâ, contra omnes cognitatas regulas exhibens, ex hac doctrinâ tamen facillimè intelligenda. Quaedam intervalla in chordâ duplici modo possunt determinari, vel modo vulgari ponendo ad locum requisitum obstaculum perfectum, ut in praxi musica vulgò fit; vel ponendo leve obstaculum in tali chordae puncto, ut maxima communis mensura binarum partium requisitam exhibeat longitudinem: oportet autem, ut intervalla sint majora quam octava. Hinc Musicus hujus doctrinae peritus stupefacit alios, efficiendo eadem in chelybus intervalla longè aliâ digitorum positurâ. Instrumentum illud monochordon, *la trompette Marine* Gallis dictum, ubi digitus vicem gerit levis obstaculi, tales saltus tonorum & anomalitates etiam habet, alias inexplicabiles, hinc explicatu faciles.

§. 18. Si chorda chelyos plectro stringatur, sonus, qui auditur, videtur simplex, unicus; sed illi, qui acutas habent & exercitatas aures, affirmant se varios distinctos sonos diversorum tonorum, sed omnes harmonicis audire; ita ut sonus revera sit compositus ex variis harmonicis sonis simul unitis, sc: octavâ, duodecimâ, decimâ quintâ, decimâ septimâ, caeterisque, donec praec nimio acumine auditum fugiant; nulli autem audiuntur, qui non sunt in serie sono-

rum harmonicorum. Confirmatur illud ex hisce experimentis: si levia fiant obstacula ad $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$ partem ipsius chordae, oriuntur mox memoratae consonantiae, ut ex ante dictis (§. 12, 17, 18) manifestum est: lentè tunc stringatur chorda, & intereà remotis obstaculis, attentus auditor distinctè audiet perseverantes illos sonos, & simul accedentem sonum totius chordae, cum prioribus unitum. Si verò ad $\frac{1}{7}$, $\frac{1}{9}$, &c. talia levia fiant obstacula, & caeterum idem fiat experimentum, dissonantiae, quae tunc oriuntur, evanescent perfectè & non uniuntur cum sono totius chordae. Undè liquet, quod chorda eodem tempore verè edat varios sonos simul, sed tantum harmonicos. Hinc satis verosimilis videtur illorum sententia, qui credunt, quod, dum tota chorda suas totales vibrationes perficiat, partes ejus habeant praetereà alias vibrationes, sibi proprias, minus sensibiles; & sic quaevis $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$, &c. habeat suas particulares vibrationes; quae partiales minores vibrationes producant sonos illos acutos harmonicos, chordâ se non dividente, nisi in partes tales, quarum soni sunt harmonici respectu soni fundamentalis. Confirmatur maximè haec opinio ex eo, quod, si ad $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, &c. fiant levissima obstacula, verbi gr: circumplicando filum crassius, quod resectis extremitatibus quasi nodulum efficit, soni praedicti acuti harmonici multò distinctiùs audiantur. Cum hac opinione ulterius etiam mirè conspirant alia non minus mira phaenomena. Observatur, quod, si chordae, cui impositum est leve obstaculum, iis in locis applicetur plectrum, ubi sunt nodi, oriatur inconditus modum, falsus, horridus, auribus ingratus strepitus. Ratio est, quia quiete necessariâ nodorum impeditâ per applicatum ope plectri motum, & sic totâ spontaneâ divisione turbatâ, confunduntur omnia, turbantur vibrationes partiales, adeoque earum toni, & nil distincti auribus exhibetur. Si autem chordae liberae applicetur plectrum iisdem in locis, ubi divisionis spontaneae verosimilis essent nodi, idem contingit; sed falsitas est tantò minus observabilis, quò tonus, qui à dictâ divisione pendebat, esset acutior. Ex quibus omnibus haec opinio non parvum acquirit robur. In quâvis etiam parte seorsim vibrante chordae leve obstaculum sibi impositum habentis idem contingit, ut experimentis constat.

§. 19. Ex his (§. 18.) innumera satis abstrusa facilè intelliguntur. Cur ex simplici agitatâ chordâ integra harmonia percipitur? Cur, si plectrum applicetur puncto medio chordae, fiat horridus strepitus? Cur idem contingat ad $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$, & in omnibus trisectionis, qua-

dri-

drifectionis, &c. punctis? Cur, si chordae impositum sit leve obstaculum, tot inveniatur puncta, quae, si plectro agitantur, dant falsum & ingratum admodum sonum? Cur discipuli, qui nondum didicerunt chordas ad manubrium usque deprimere, toties tam ingratum sonum ex chordis eliciunt? Quisnam locus vel quaedam loca agitari debent, ut bonus, limpidus, & gratus habeatur sonus? Quisnam adeoque sit *locus conveniens* §. 12. & 17? Cur chelyum chordae semper plectro non procul à magade stringuntur? Cur in clavicymbalis, in quibus chordae post inflexionem illicò sibi committuntur, tales differentiae non animadvertantur? Ex his fortè etiam reddi potest ratio, cur chorda quandam sui partem valde rubigine infectam habens, aut ubique non ejusdem crassitiè, vel etiam ubique non rotunda, aut cylindrica perfectè, vel etiam intorta, falsa inveniatur, ut experimenta docent saepissimè? deradatur enim chorda in uno loco cultro, falsa evadet, licet optima fuerit, & sic de caeteris. Cur etiam chordae ex animalium intestinis confectae nodosae, inaequalis crassitiè, minus cylindricae, filamentis exstantibus asperae, plerumque falsae sint, & à Musicis peritis rejiciantur? Ex his enim causis spontanea chordae divisio fortè turbatur, aut soni illi acutiores respectu soni fundamentalis minus harmonici fiunt. Sic falsa potest reddi chorda, si levissima obstacula fiant ad talia loca, ut ex hac divisione oriantur dissonantiae cum sono fundamentalis: quidnè etiam, si ibi nodosae sint chordae? & sic de caeteris. Multa hic adhuc inquirenda restant. Aliud etiam mirum admodum phaenomenon circa chordas harmonicas notarunt Musici, quod sc: unà agitatâ, moveatur & sponte altera; verùm illud postea aptiori loco proponam, ubi praecipuos ejus casus enumerabo, & simul causas physicas adducam, quae hic nondum dari possunt.

§. 20. Instituit jam suo tempore *Mersennus* varia experimenta, quibus inquisivit in numerum vibrationum, quas quaevis chorda absolvet dato tempore, ut sic stabilem, exemplaremque sonum haberet. Dixit etiam inter alia, se invenisse, quod chorda 17 pedes longa, & pondere 8 librarum tensa, octies currat & recurrat spatio unius minuti secundi. Si verò hic numerus vibrationum alicujus chordae certò inveniri possit, semper fixus quidam terminus haberi potest, ad quem reliqui soni referri possunt, horumque numerum vibrationum in dato tempore peractarum ex cognito cum termino fixo intervallo cognosci. (§. 16.) Verùm cum huic, ut & reliquis

Mersenni experimentis, non nimium confidi possit, quia vibrationes alicujus chordae tremulae difficulter distingui sensu, multò minus intra breve tempus unius minuti secundi satis accuratè numerari possunt; & *Kircherus* se illud experimentum fallax comperisse asserit; quaerendum fuit, num alio modo magis tuto & certo ad hanc cognitionem perveniri potuerit. Credidit *Sauveur*, se ope fistularum organicarum sonum fixum quam optimè determinare potuisse, quod in sequentibus proponemus, ubi de sonis fistularum erit sermo. Idem ille etiam, conferendo vibrationes chordarum cum funependuli vibrationibus, invenire conatus est pendulum simplex, eodem tempore suas oscillationes perficiens, quo chorda data peragit suas. Dùm enim cognitum est, quod pendulum Parisiense 3 pedum 8 3/4 linearum mensurae Parisinae, absolvat unam vibrationem tempore unius minuti secundi; ut & quod in pendulis diversae longitudinis tempora vibrationum sint ut radices quadratae longitudinum pendulorum; tempora vibrationum cujusvis penduli, cujus longitudo datur, facile determinantur: adeòque & tempora vibrationum chordarum, quarum vibrationes sunt cum vibrationibus cognitorum pendulorum isochronae. Hunc ergò in finem quaesivit *Sauveur* quandam lineam geometricè determinatam, ad quam sonorum acumina certam habent relationem. Considerando autem, quod quævis chorda horizontaliter extensa, & certo pondere tensa, non rectam praecisè, sed curvam aliquam constituat lineam, cujus convexitas ad terram conversa est, quoniam semper pondus ipsius chordae non est nullum respectu ponderis tendentis, sed aliquam ad illud rationem habeat; cum, ut chorda esset perfectè in lineam rectam extensa, requiratur pondus infinitè magnum respectu ponderis ipsius chordae; hujus curvaturae maximam à rectâ horizontali profunditatem chordae sagittam appellavit, quae adeòque est recta ducta à puncto medio hujus arcuatae chordae perpendiculariter ad rectam horizontalem subtendentem. Haec sagitta est semper in ratione compositâ ex inversâ ponderum chordas tendentium, & directâ quadratorum diametrorum, & longitudinum chordarum: sunt ergò sonorum acumina, quae sunt ut radices quadratae virium tendentium directè, & tam longitudines quam diametri chordarum inversè, (§. 15.) in ratione subduplicatâ inversâ harum sagittarum; ergò ad illas certam habent rationem. Ulteriùs nunc considerando hanc curvam tanquam arcum circuli, quoniam curvatura tam parva à curvaturâ

cir-

circulari non differt sensibiliter, qui arcus suas vibrationes perficit loco subtendentis; considerandoque hunc tanquam pendulum compositum ex infinitis numero parvis pendulis simul vibrantibus; determinavit centrum oscillationis, sive pendulum simplex suas oscillationes eodem tempore perficiens, quo hoc pendulum compositum sive arcus oscillans suas: & hujus longitudinem invenit aequalem $\frac{1}{2}$ sagittae. Ex his nunc putat, quod hoc inventum pendulum simplex, cujus longitudo est $\frac{1}{2}$ sagittae chordae sonorae, sit huic chordae isochronum. Sed quis non videt, quod hic supponatur, chordam in circuli arcum pondere suo inflexam eodem tempore suas vibrationes ex elasticitate conficere, quo arcus hic circa basin suam gravitate seu proprio pondere oscillans suas vibrationes perficeret: quod absque demonstratione supponere non oportet; non enim confundi debet motus, qui ex elasticitate oritur, cum motu, qui provenit à gravitate, nisi prius identitas horum motuum probata sit. Hanc ob causam aliam tale pendulum inveniendi methodum substituit *Phoronomiae* auctor *Hermannus*, assumens chordam ejusdem materiae & crassitiei cum chorda sonora, cui isochronum inveniendum est pendulum; tantaeque longitudinis, ut pondus ejus sit aequale ponderi chordam dictam sonoram tendenti: quae longitudo facile cognoscitur; cum enim chordarum ejusdem materiae & crassitiei pondera sint ut earum longitudines, erit ut pondus chordae sonorae ad pondus eam tendens, ita longitudo ejus ad longitudinem quaesitam, vel chordae assumptae; haec ergo invenitur assignando quartam proportionalem. Dicit nunc *Hermannus*, inveniri, quod numeri exhibentis longitudinem chordae sonorae in se ducti factam divisum per numerum exponentem longitudinem chordae assumptae, det longitudinem penduli simplicis, eodem tempore vibrationes suas conficientis, quo chorda sonora; invenit enim penduli longitudinem l : L . & notat ipsi l longitudinem chordae sonorae, & L longitudinem assumptae. Cognita autem penduli chordae datae isochroni longitudine, cognoscitur etiam numerus vibrationum, quas pendulum & chorda conficiunt in dato tempore. Hoc posito, constitui posset tonus quidam pro termino fixo, & cognosci numeri vibrationum omnium sonorum, quorum ad terminum fixum cognita est ratio: sic detegi possent limites, quibus soni chordarum nobis sensibiles includuntur. Facili negotio etiam semper ubique inveniri posset chorda datum numerum vibrationum in dato tempore absolvens, & sic da-

datum tonum edens: & hinc in quibuslibet remotissimis locis constantem idem sonus quolibet tempore excitari posset, sicque instrumenta longè à se distita ad unisonum mitti, & differentia sonorum quorumcunque in quibuslibet locis detegi, &c.

§. 21. Hisce de chordarum sonis absolutis, pergo ad alia maxime etiam sonora corpora, ad sonos edendos ex lignis, metallis, vel aliâ quâcunque elasticâ sonorâ materiâ constructa; ex quibus percussu elicitur sonus, *ῥῆσα* Graecis, *pulsatilia* Latinis dicta. Dùm haec corpora percutiuntur, laminae elasticae, ex quibus constare concipi possunt, quae singulae iterum pro congerie chordarum haberi possunt, inflectuntur, deinceps ex elasticitate redeunt: & sic vibrationes aliquamdiu peragunt. Hae omnes etiam isochronae sunt; nam in corporibus elasticis percussis introcessiones sunt in subduplicatâ ratione virium comprimentium, ut ratione & experimentis constat: undè, si vires elateris viribus comprimentibus aequales, per materiam movendam, id est numerum laminarum introcessioni proportionalem, dividantur; accelerationes erunt ut introcessiones, seu viae percurrendae; adeoque vibrationes omnes, siue majores, siue minores, isochronae. Sic etiam, si simplex lamina elastica, qualiscunque etiam sit, inflectatur, positis etiam inflexionibus non nimis magnis, inflexiones, seu descensus puncti pressi, sunt semper ut vires inflectentes, ut demonstrant experimenta: undè constat, omnes ejus vibrationes etiam esse aequidistantes. Vibratorius hic corporum elasticorum percussorum motus in campanis majoribus & multis aliis corporibus admodum sensibilis est, & in campanâ vitreâ sonum edente quodam experimento visibilis fieri potest: videatur *Clar. s'Gravesande cap. de Sono*. Cùmque hic tremor applicatâ manu in omnibus pulsatae campanae locis sentiri possit, sequitur hunc motum omnibus campanae partibus communicari.

§. 22. Non tamen tremulus hic motus, visibilis, sensibilis, (§. 21.) est causa immediata soni; sed sonus pendet à motu tremulo alio invisibili minimarum partium, ut de sono chordarum etiam vidimus (§. 4.) Patet hoc ex eo, quod sonus satis clarus audiri possit, licet talis motus visibilis minimè adsit; & etiam vibrationes admodum visibiles fieri sine sono. Sic apice aciculae perfricetur campana, auditur sonus, non tamen visibiles sunt vibrationes. Si lamina ferrea, elastica, in medio inflexa, funiculo arcui inflexionis alligato suspendatur, & frusto ferri percutiatur versus extrema, sonus oritur satis clarus, si verò clave vel

vel cultri dorso arcui supposito sustineatur lamina, sonus ferè totus extinctus est, licet vibrationes visibiles sint eadem ac antea; si denique bina extrema digitis ad se invicem adducta subito dimittantur, vibrationes maximae fiunt, & vix tamen ullus sonus. Etiam sublato, suffocato, impedito, languescente hoc minimarum partium motu, tollitur, suffocatur, impeditur, languescit sonus. Hinc si campanae sonanti applicetur manus, ilicò sonus imminuitur, suffocatur, tollitur. Si funis campanae circumplicetur, vel manus applicetur, vel multa nix, lana, gossypium, plumae, aut similia corpora mollia ei imponantur; & tunc pulsetur campana: sonus impeditur, & in ipsâ nativitate quasi iterum suffocatur. Consuli possunt de his ulterius *Perrault, Carré, de la Hire*. Hinc intelligitur, cur corpora maximè elastica etiam plerùmque maximè sint sonora? Cur alia corpora magis, alia minus sint sonora? Sic lutum, cera, sebum, plumbum, quae molliora sunt & non elastica, etiam non sunt sonora, quia tales tremores sonoros recipere non valent. Hinc etiam liquet, cur in conficiendis campanis adhibeantur misturae ex variis metallis ad augendam sonoritatem, & soni limpeditatem? Cur, si nimium stanni vel plumbi in misturâ adhibitum fuerit, obtusior sit sonus? Idem etiam fieret, si aurum purissimum adiberetur; illud enim molle est, minimè elasticum, & ferè nullum sonum edens.

§. 23. Ut autem corporum pulsatilium sonos paulò accuratiùs examinemus, & varios acuminis & gravitatis gradus pro varia corporum magnitudine determinemus, videndum, quid experimenta doceant. Hunc in finem considerabimus primò cylindros solidos, qui ad chordas quam proximè accedere videntur, sunt enim chordae tantum cylindri tenues & longi. Sumit *D. Carré* quatuor cylindros ligneos A, B, C, D, ex eodem frusto ligni maximè sonori confectos, omnes ejusdem diametri, sed quorum longitudines erant ut 4, 3, 2, 1: hi percussi dederunt tonos ad se invicem habentes sequentes rationes: A dabat sonum gravissimum omnium: B cum A constituebat tonum minorem: C cum B tertiam minorem; adeòque cum A quartam: D cum C quartam; adeòque cum B sextam minorem; cum A intervallum 16 ad 9, quod septimâ minore commate minus est, est enim comma in proportione 81 ad 80. Hinc autem deduci possunt sequentes conclusiones: 1°. quod cylindri solâ longitudine differentes non edant sonos acumine inversè respondentes longitudinibus, ut chordae; (§. 11.) 2°. adeòque nec etiam gravitate directè, acumine inverè proportionales soliditatibus: 3°. quod, licet A cum C, & C cum D

cum D, eandem habentes rationem, reddant etiam idem interval-
lum; non tamen appareat, hos cylindros ullam certam servare re-
gulam in formandis concordantiis. Cum his experimentis, &
conclusionibus inde deductis, perfectè conveniunt aliorum obser-
vata: sc. 1^o. *Mersenni*, qui etiam jam observavit, quod cylindri
ejusdem crassitiæ, diversæ verò longitudinis, non edant sonos lon-
gitudinibus, vel soliditatibus gravitate directè, acumine inversè
proportionales. 2^o. *Marii*, qui teste *D. de Sauveur* observavit,
quod cylindri ejusdem diametri, quorum minor erat dimidia, imò
quarta pars majoris, nondum darent octavam, sed minus interval-
lum; cum chorda tamen admodum crassa chordotomo supposito
bifariam divisa, non tantum ad octavam, sed paulò altiùs adscen-
dat; vide autem de hac differentia §. 10.

§. 24. Sumit idem ille vir tres alios cylindros, ex eodem ligni
frustro exactissimè fabricatos, E, F, G, omnes ejusdem longitu-
dinis cum præcedenti C, sed ita, ut, si cylindrus C his addatur,
quatuor cylindri E, C, F, G, habeant suas bases, adeòque &
soliditates ut 8, 4, 2, 1. Hoc autem facillè fieri potest, sumen-
do enim radium cylindri E aequalem subtensæ quadrantis illius
circuli, qui basis est cylindri C, habebitur cylindrus E duplus
cylindri C: & sumendo dimidiam partem ejusdem subtensæ pro
radio cylindri F, erit hic cylindrus F dimidius cylindri C; & sic
porrò, ut facillè liquet. Hi cylindri percussi dederunt sequentes
sonos: C sonum gravissimum: E cum C semitonium minus: F
cum E quartam; & cum C quartam cum semitonio minori, quod
intervallum est minus tritono; nam 25. ad 18. minorem habet
rationem quam 45. ad 32: G cum F tonum majorem; adeòque
cum E quintam, cum C quintam cum semitonio minori, quod
intervallum paulò minus est quam sexta minor, utpotè quæ con-
stat ex quintâ & semitonio majori, quod semitonium minus supe-
rat diesi enharmonicâ 128 ad 125. Hinc autem rursus hæc se-
quuntur conclusiones: 1^o. quod cylindri solâ crassitiæ differentes
non edant sonos acumine inversè proportionales suis diametris, ut
chordæ; (§. 13.) 2^o. nec proportionales soliditatibus gravitate;
3^o. non semper cylindros majores graviore edere sonos minori-
bus. Sic mihi etiam relatum memini à tali homine, qui *επιλογί-
σας* conficiendis occupatus fuerat; quod aliquandò cylindri & pa-
rallelepipedâ imminutâ crassitiæ ederent sonos graviore: undè
verò hæc fiant, difficillimum explicatu foret. Si autem hi cy-
lindri comparentur cum præcedentibus, (§. 23.) ulterius manifestum
est

est, 1^o. cylindros habentes eandem soliditatem non edere eodem sonos: 2^o. datâ eâdem soliditatum ratione, non fieri eadem semper intervalla: 3^o. intervalla sonorum in his minimè sequi ullam certam soliditatum rationem.

§. 25. Sumpsit tandem idem *D. Carré* quinque alios cylindros, etiam ex ligno maximè sonoro fabricatos, H, I, K, L, M, quorum diametri erant ut 12, 9, 8, 6, 9, longitudines verò ut 12, 9, 8, 6, 18; qui percussi dederunt haec intervalla: H & I quartam: I & K tonum majorem; adeòque H & K quintam: K & L quartam; adeòque I & L quintam, H & L octavam: M erat ejusdem toni cum H; dabat adeòque cum I quartam, cum K quintam, cum L octavam. Hinc sequuntur haec conclusiones: 1^o. cylindrorum similium sonos esse inversè in subtriplicatâ soliditatum, vel subduplicatâ superficialium, vel simplici diametrorum aut longitudinum ratione. Quod autem in antecedentibus A & G dederint octavam cum semitonio minore, licet tam longitudines quam diametri essent ut 2 ad 1, adeòque praecisè fieri debuisset octava; ex quâdam in ligno existente diversitate verosimiliter ortum duxit. Difficillimum etiam est longorum admodùm cylindrorum tonos exactissimè determinare; erat autem A quatuor pedum. 2^o. Cylindros dissimiles nullam soliditatum certam servare rationem in productione sonorum. M & I dederunt quartam, & longitudines habent ut 2 ad 1; quod cum inventis (§. 23.) convenit.

§. 26. Si cylindrorum loco sumantur parallelepipeda, eadem servatur proportio. Sic *D. Carré* etiam fieri curavit quatuor parallelepipeda N, O, P, Q ex eodem ligno, ex quo confecti erant cylindri. Erant autem bases quadrata, quae erant ut 4, 2, 1, 1; longitudines autem ut 2, 2, 2, 1. Haec percussa sequentes edebant sonos: N & O semitonium minus: O & P quintam demto semitonio minore; adeòque N & P quintam: P & Q quartam: adeòque O & Q octavam demto semitonio minore, N & Q octavam praecisè. Hinc sequitur 1^o. quod parallelepipedorum soni non sint gravitate soliditatibus proportionales: 2^o. quod eâdem datâ soliditatum ratione non fiant eadem intervalla, si sint dissimilia solida: 3^o. quod parallelepipeda similia edant sonos, qui sunt inversè in subtriplicatâ ratione soliditatum; vel subduplicatâ superficialium; vel simplici altitudinum, vel laterum, aut diagonalium basium: 4^o. quod positis longitudinibus solummodò diversis,

& in ratione 2 ad 1, oriatur quarta; quae omnia cum inventis de cylindris (§. 23, 24, 25.) conveniunt: 5^o, quod cylindrus ejuſdem longitudinis ſed majoris ſoliditatis quam parallelepipedon. nihilominus tamen poſſit edere ſonum acutiorem, ſi tantum ſoliditas parallelepipedi non ſuperetur, niſi ad certum terminum: erant enim ſoni cylindrorum H & L tono majori acutiores quam parallelepipedorum N & Q; & ſoliditates fuerunt quam proximè ut 67 ad 48, & longitudines eadem.

§. 27. Ex his omnibus (§. 23-26.) nunc ulterius haec patent. Error eorum, qui voluerunt, in cylindris & parallelepipedis ſoliditatum rationem exhibere rationem inverſam tonorum. Quomodo omnia intervalla data tamen in cylindris & parallelepipedis ſimilibus obtineri poſſint? Cur eadem lamina metallica varios det tonos, prout varias figuras aſſumit? Falſum eſſe quod de *Pythagorâ* narratur, ſc. eum ex malleorum ſono ita pondus collegiſſe, ut ſonos ponderibus inverſè proportionales judicaret. &c. Mirum quid primò obſervavit *de la Hire* circa ſonos cylindrorum & parallelepipedorum, ſc. quod, ſi percutiantur ſucceſſivè per totam ſuam longitudinem; inveniuntur ſemper verſus extrema duo loca, ubi ſonus admodum obſcurus, obtuſus, & debilis eſt reſpectu illius, qui in omnibus aliis locis, imò ad ipſa extrema auditur: haec autem loca ab ipſis extremis circiter $\frac{1}{2}$ longitudinis ſolidi diſtant. Idem autem eſt, quaenam ſit ſolidi longitudo, vel craſſities; ad quodnam extremum percutiatur; ex quonam ligno, vel materia confectum; ſive per extrema, ſive per medium ſuſpenſum, vel digitis retentum: in metallicis tamen ſunt propiora ipſis extremis. Hinc liquet in pulſandis hiſce corporibus maximè habendam eſſe rationem loci percuffionis. Undè hoc dependeat, difficile dictu eſt. Inſinita ſanè hic inquirenda reſtant.

§. 28. Campanae, pulcherrimae omnium pulſatilium, ſervant eadem, quas cylindri & parallelepipeda, in formandis ſonorum intervallis proportionem, ut ex accuratiſſimis peritiſſimorum fuſorum ſcalis campanariis conſtat: ſuntque teſtibus ipſis experimentis ſimilium campanarum ſoni inverſè ut diametri, vel altitudines; & pondera vel ſoliditates ſunt in ſonorum ratione triplicatâ. Hinc cognitâ partium campanae requiſitâ proportione, facile eſt diſenſiones, pondera, & omnia determinare pro campanis datum intervallum conſtituentibus, adeoque pro integro ſyſtemate; ipſas fuſorum ſcalas conficere, imperfectas corrigere, fuſorum errores de-

detegere, &c. Sonus autem uniuscujusque campanae non est simplex; sed aggregatum multorum divisorum sonorum partialium à singulis campanae partibus productorum, & simul unitorum, qui soni varios habent tonos pro varia campanae latitudine in loco ubi percutitur; sonus enim est acutior, si percutiatur campana superius, ubi diameter ejus est minor, quam inferius ad limbum, ubi diameter multò major est. Hi omnes uniti formant unum sonum totalem, harmonicum, praedominante tono inferiori, gravissimo, & simul reliquis intensiori, quia lingua campanae semper pulsatur partem inferiorem. Nec mirum videri debet, tot varios sonos unitos unum quasi simplicem exhibere auribus, praesertim minus exercitatis: imò nec harmoniam turbari, licet dissonantes sint quidam; illi enim ità suffocantur & obruuntur, ut non audiantur: in organis haec manifesta sunt. Hinc non mirum, quod doctae Musicorum aures aliquando praeter principalem tonum distinguant adhuc alios, harmonicos, varios aliquando pro variâ campanâ. Hinc figura campanae ad ejus bonitatem & harmonicam constitutionem summoperè confert. Hinc intelligi potest, quomodo sonus campanae potuit quintâ altior apparere uno in loco, quam in alio, ut observavit *Perrault*; quod haud dubiè à dispositione locorum faciliùs hunc quam alium tonum cum suis consonantiis reflectentium ortum est. Si campana aquâ repleatur, vel ità aquae immergatur, ut vacua maneat; sonum edit secundum *Mersenni* observata tertiâ majori graviorem, quam cum vacua esset, & extra aquam; demersa sub aquâ, ità ut simul aquâ plena sit, descendit ad tritonum, ità ut differentia sit tonus major: varia autem hic indaganda restant. Errant hinc illi, qui dicunt sonum pulsatae campanae demersae sub aquâ esse quidem debiliorem, sed tamen acutiorem. Mox plura circa hanc rem videdimus de scyphis vitreis.

§. 29. Tympana similia servant easdem, quas jam memorata pulsabilia, proportionales in constituendis sonorum intervallis; sunt enim diametri vel altitudines inversè ut soni, & ipsa solida inversè in sonorum ratione triplicatâ, ut experimentis constat. Difficile autem est exactè tympanorum tonos distinguere & determinare; ex variorum tamen tympanorum inter se collatione optime deteguntur. Possunt etiam tympanorum soni acui & deprimi per majorem vel minorem superinductae membranae tensionem aut relaxationem, quae ope nodorum mobilium fieri possunt.

§. 30. Sonum etiam edunt scyphi vitrei, si pulsentur, vel digitus madefactus vitri limbum superiorem ambiat & leviter premat: digitus enim fungitur quasi plectri munere, & tremulum motum conciliat partibus vitri, quem ipse digitus sentit, & quem adesse evidentissimè docet aqua scypho infusa, continuò subliliens, & crispata; ità ut quaedam guttulæ aliquandò satis longè exsiliant, motu nimirum partium vitri communicato ipsi aquae. Si verò manu teneatur scyphi corpus, non sonat, quia vibrationes à manu suffocantur, impediuntur. Diversi scyphi diversos tonos edunt, & credibile est hos eandem sequi proportionem, quam campanae; quod etiam confirmatur ex eo, quod binos scyphos, satis similes, tertiæ minoris intervallum exactè constituentes, invenerim habere diametros ut 5 ad 6. Idem scyphi etiam varios sonos edunt, prout vel vacui vel pleni sunt, vel etiam variam liquidi quantitatem sibi infusam habent: docent verò experimenta, quod sonus sit acutissimus, si sint vacui; deprimatur verò, dum repleantur aliquo liquido; gravissimus, cum sint pleni. Hinc non fidendum iis, quæ vulgò apud varios autores legimus, sc. sonum effici tantò acutiorem, quò plus aquæ contineat scyphus, & contrà; quem errorem commiserunt varii. Dixit etiam *Aristoteles*, quod dolia semiplena ascendant ad octavam soni, quem vacua edunt percussa; cui tamen an fides sit habenda, valde dubito. Non tamen sequitur mutatio soni proportionem quantitatis infusi liquidi: sic scypho successivè infudi tres partes liquidi aequales inter se; prima tantum deprimebat scyphi tonum per semitonium majus, secunda per tertiam majorem, tertia per quartam. Et licet plura instituantur experimenta; non tamen ulla certa invenitur regula, juxta quam ex infusâ liquidi quantitate de toni mutatione certò judicare possumus: quod idem ex suis experimentis conclusit *Mersennus*. Non omnes scyphi etiam ad idem intervallum descendunt, cum implentur, quidam ad sextam, alii ad octavam, nonam, &c. estque illud intervallum in majoribus scyphis majus, in minoribus minus, in parvis admodum vix ulla differentia. Hinc liquet, quid de eorum opinione judicandum sit, qui statuunt, scyphum cujusvis magnitudinis ad medietatem repletum edere octavam inferiorem. Scripsit *Mersennus*, quod aqua, vinum, & oleum, eundem effectum praestent in scyphis unisonis, quandò aequalis alicujus horum liquorum copia infunditur; inveni tamen, quod muria salis marini fortissima sonum scyphi per semitonium magis depri-

deprimeret, quam simplex aqua, si utroque liquido seorsim idem scyphus repleretur. Hinc liquet, quod pro diverso liquido possit variari toni mutatio. Credibile etiam fit, quod liquida specificè graviora etiam magis deprimant ejusdem scyphi sonum, quam leviora. Undè fortè non improbabile fit, quod haec soni depressio oriatur ab aquâ celeritatem tremorum partium vitri per suam resistantiam imminuente, & sic soni gravitatem augente. Huic opinioni favent dicta de campanis. (§. 28.) Accedit, quod scyphus aquae immerfus, & simul aquâ plenus, edat sonum graviolem, quam si aquae immerfus simul vacuus sit, aut in aëre plenus aquâ. Affirmat etiam *Kircherus*, sonos esse tantò graviores, quantò liquidum est crassus; leviores, quantò est subtilius. Sonus scyphorum etiam est compositus ex pluribus junctis, plerùmque inter se harmonicis, facillimè saepè distinguendis, eodem modo ut de campanis dictum. (§. 28.) Hinc non mirum, quod scyphi sonus aliquandò ad octavam altiùs adscendat, ut aliquoties observavit *Galilaeus*; simul tunc observans, quod fluctus, maximâ cum acquabilitate formati, (scyphus enim impositus erat vasi amplo ad scyphi oram infusam aquam continenti,) singuli se dividerent in duos, quod accidens formam octavae duplam esse, clarissimè demonstrat. Multa hic investiganda supersunt.

§. 31. Transirem nunc ad examen instrumentorum *εμφυσωμένων* sive *πνευματικῶν*, quae inflata, seu vento animata sonum edunt; sed primò quaedam de medio sonum ad nostras aures deferente notanda sunt, & praemittenda. Tale medium affirmo esse aërem; & constat hoc ex innumeris *Boylei* & aliorum experimentis, demonstrantibus in vacuo nullum fieri sonum à corporibus vel maximè sonoris, campanâ, tintinnabulo, horologio, &c. nisi in certo casu, cum sonus per ipsa solida, tremores sonores recipientia, defertur, de quo postea. Non verò sonos deferunt quaedam particulae sonorae dictae, ex ipsis corporibus sonantibus egredientes, & ad aures delatae; aut quaedam particulae subtiles salinae, ut est *Willisii* opinio: nec etiam materia subtilis, vel aether, aut alia similis; loquor enim ubique de sono, quem nos audimus. Quae vulgò pro hac sententiâ adferuntur, nihil evincunt. Sic in vacuo *Toricelliano* sonum fieri posse, ex *Kircheri* experimento *Musurg. l. 1. cap. 6.* allato non sequitur; quia ibi tale vacuum non existitisse, sed aërem adfuisse, evidentissimè docet adscensus aquae tantum ad 10. pedes, cum alias ad 32. & amplius sustineri debeat: aqua etiam
sem -

semper aërem in se continet, quem in vacuo posita emittit. In vacuo Boyleano sonum audiri, per superstitem materiam subtilem delatum, testibus ipsis accuratissimis experimentis falsum est. &c. Soni ergo medium est ipse aër crassior elementalis; objectiones enim ad hanc sententiam enervandam vulgò allatae, nullius sunt momenti. Sic quod sonus propagetur celerius, quam moveatur aër in summis ventis; etiam semper eadem velocitate, sive magnus sit, sive parvus; ut &, sive adverso, sive secundo vento delatus; semper velocitate uniformi, positus iisdem aëris conditionibus; tam subito ad ingentem distantiam debeat commoveri aër; aliaque similia potius confirmant nostram sententiam, ut dein patebit, minimè verò eam destruunt. Hinc liquet, quid sit judicandum de illis, qui pronunciant in vacuo fieri posse sonum; sonum à campanis, vel aliis corporibus, in vacuo Torricelliano non tantum produci; sed idem acumen retinere, quod in ipso aëre habebat; soni hujus magnitudinem nihil cedere ei sono, qui fit in aëre quem tubus clausus includit; & similia alia.

§. 32. Propagatur autem sonus per aërem, dum aër sonoro tremulo corpori vicinus, momento itus particularum corporis sonantis ab iisdem compressus, condensatus, hinc magis elasticus factus; sequenti momento reditus libero iterum acquisito spatio, se quaquaversum expandens, tam versus aërem vicinum, minus densum, minus elasticum movetur, quam versus locum, undè à sonantis corporis tremulo motu agitatæ partibus dimotus erat, jam ipsis reconcessum. Dum enim partes aëris corpori sonoro proxima, sic eunt & redeunt per vices ad instar partium corporis tremuli sonantis; motus hic oscillatorius ope elateris aëris propagatur undique in directum, quia partes aëris agitatae sibi proximas agitant, eaeque ulteriores, & sic porro. Hinc toties eunt & redeunt partes aëris singulae, quoties eant & redeant partes sonori corporis; & iis quiescentibus mox quiescit etiam aër hisce vicinus, sequenti momento huic vicinus, & sic porro: videatur hic *Cl. s' Gravesande*, ubi additâ figurâ haec clariùs explicata habentur. Cùmque aër se expandat quaquaversum, & quidem aequaliter, sequitur, quod hic oscillatorius motus à puncto sonoro tanquam centro, quaquaversum in ambitum sphaera debeat propagari & quidem aequalibus temporibus ad aequales distantias; undè variae & concentricae sphaerae partium simul euntium & redeuntium circa corpus sonans generantur, & quidem tam diù, quam diù partes

Sic instrumentum aeolium, quod solo fortioris venti chordas rudentis impulsu sonum efficit, invenit & descripsit *Kircherus*. Sic etiam ope aëris à corpore sonoro agitati, agitur aliud priori unifonum vel harmonicum, & ità rursùs aërem movet & sonum edit; de quo phaenomeno dein adhuc plura. Hoc modo etiam sonum edunt omnia instrumenta pneumatica, quò & voces animalium pertinent, ut nunc videbimus.

§. 34. Fistulae sonum edunt, dum aër iis inspiratus in lingulam impingens eam movet, à cuius tremulis vibrationibus in undas reciprocas percussus sonum facit. Eodem modo fit vox animalium, nam tunc aër ex pulmonibus exeuns (fit enim vox expiratione) in asperam arteriam & ventriculos anteriores campaniformes, inde in glottidem, celerius ibi movetur propter viae arctationem, illiditque in corpus elasticum tremulum, undè motum oscillatorium, seu undulatorium (§. 32.) recipit. Prout nunc fistularum corpora, per quae aër dein movetur, figurâ, amplitudine, caeterâque dispositione variant, sonus earum summoperè variatur: hinc tot variorum sonorum in organis registra, vel systemata. Sic etiam aër ex glottide egressus, transeuns per varia cava corporis membranosi oris & narium, pro variâ horum locorum glabritie, asperitate, aperturâ, figurâ, amplitudine, coeterisque conditionibus variis, varias sonorum species efficit. Hinc tot diversae diversorum hominum voces. Hinc toties ejusdem hominis vox variatur variis temporibus & circumstantiis. Hinc falsa est illa idea, quam homines vulgò habent de ingrâtâ voce, inde, ut dicunt, oriundâ, quod aliquis loquatur per nasum; cum contrâ sonus tunc non per nares, sed solummodò per os exit, clausis enim naribus talis ingratia oritur. Hinc hoc vitio plerùmque laborant senes, cum perspicilla naso imponant: & etiam illi, qui continuo usu pulveris sive tabaci nasalis nares obstruunt: ut & illi, qui polypo narium laborant. Hinc etiam liquet, quod canalis asperae arteriae pro instrumento aërem suppeditante inserviat, & sic eodem, quo anemotheca in organis, fungatur munere; non verò sit causa soni, ut veteres credere. Verum quidem est, quod magna pars avium aquatilium, quae vocem validam habent, habeant resonantem tracheam: sed ratio est, quoniam in iis epiglottis sita est ad infimam partem asperae arteriae; non verò ad superiora, ut in homine. Ex his raucedo, ut & mutatio vocis pro variâ aetate, & in lue venereâ affectis intelliguntur.

§. 35. Fistularum toni, five gravitas & acumen, à variis causis pendent: hae quidem in variis fistulis pro variâ earum structurâ variae sunt, quamvis causa proxima semper fit eadem; velocitas enim oscillationum acumen, & tarditas earundem gravitatem soni efficit. Datis fistulis ejusdem diametri, sed varias habentibus longitudes, longiores dant graviore sonos; non tamen soni sunt exactè acumine proportionales longitudinibus inversè, quamvis in minoribus intervallis haec differentia non sit admodùm magna. Undè, si fistulae abscindantur variae partes secundum rationes intervallorum toni, tertiae, quartae, quaesita intervalla quam proximè fiunt: si verò intervalla sint nimis magna, differentia satis fit sensibilis; hinc subdupla longitudo non dat octavam, sed ab eâ per semitonium, aliquandò plus differt, praesertim in tubis paulò majoribus. Juxta observata *Mersenni* 7 fistulae ejusdem diametri A, B, C, D, E, F, G, sed habentes longitudes ut 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, dederunt haec intervalla: A cum B undecimam, cum C decimam tertiam, cum D decimam quintam, cum E decimam sextam majorem, cum F decimam septimam majorem, cum G decimam nonam. Datis iisdem fistularum longitudinibus, soni gravitate diametris adhuc minùs proportionales sunt; experimenta enim *Mersennum* docuerunt, quod quinque fistulae ejusdem longitudinis α , β , γ , δ , ϵ , habentes diametros ut 1, 2, 4, 8, 16, formaverint haec intervalla: sc: α cum β tonum, β cum γ , γ cum δ , δ cum ϵ tertiam minorem; ità ut α & ϵ nondùm dederint octavam. Datis longitudinibus & diametris fistularum in ratione intervallorum inversâ, quaesiti soni obtinentur, docentibus id experimentis. Hinc liquet, falsas esse eorum sententias, qui fistularum sonos caeteris paribus longitudinibus vel diametris acumine inversè proportionales judicant; nec non illorum, qui semper soliditatum rationem exhibere gradus gravitatis pronunciant: patet verò fistularum similium sonos esse in subtriplicatâ soliditatum ratione inversâ; vel in simplici inversâ ratione diametrorum, aut longitudinum. Haec cum inventis de pulsatilibus conveniunt. Ex his liquet, cur in organis tam longitudine quam diametro differant tubi; & organopoeorum regulae facillè deduci, intelligi, examinari, imperfectae corrigi possunt. Cùm tamen fistulae tam exactè vix fabricari queant, & aliquandò per varias causas discordentur; varii modi adhuc sunt, quibus earum sonus attolli vel deprimi potest. Fistulae aliae clausae sunt, aliae apertae; datis dimensionibus iisdem clausae sonum edunt octavâ

graviorem, vel circiter. Clausarum sonus attollitur vel deprimi-
 tur deprimendo vel elevando opercula; vel etiam auriculas ad o-
 rum latera appositas, quae unicè ad perfectam tuborum concor-
 dationem serviunt, dilatando aut comprimendo. Apertae fistu-
 lae concordantur, dùm sonus earum attollitur elevando & ver-
 sus superiora aperiendo earum lumina; dilatando partem su-
 periolem apertam cylindri; minuendo longitudinem: vel de-
 primitur deprimendo lumina, eaque claudendo imminuendo ope-
 cerae ad partem superiolem appositae; coarctando cylindri partem
 supremam. Fistulae zooglossae, anthropoglossae, similesque, fi-
 lum habent aulotonum rigidum, quo elevato vel depresso, lamina
 cuprea elastica tremula ad semicylindri latus apertum magis vel mi-
 nus claudendum adigitur; undè, prout hujus laminae pars libera
 minor vel major est, adeòque ejus tremores ab aëre egrediente mo-
 vente celeriores vel tardiores, sonus est acutior vel gravior: hujus
 fili ope concordantur. Si praeterea his addantur corpora sensim
 latefcentia dùm assurgunt, fiunt tubae dictae; quarum soni acumen
 & gravitas dependent à constitutione laminae elasticae tremulae, &
 fili aulotoni, & etiam à magnitudine corporis. Fistularum soni etiam
 acui & deprimi possunt per majorem vel minorem quantitatem aë-
 ris vel venti inspirati; hinc altiores evadunt, si foramina, per quae
 ventum recipiunt, dilatantur. Acuminum verò augmenta pro va-
 riis venti augmentis, & in variis fistulis, etiam varia sunt; hinc
 fistulae ad varia intervalla scandunt, pleraeque ad octavam, aliae ad quin-
 tam, duodecimam, decimam quintam, ad semitonium aliae; nulla au-
 tem certa est regula: difficillimè hoc fit, si sint admodum breves; si
 sint longiores, facillimè. *Mersennus* scripsit, se habuisse fistulam, quae
 ascendebat primò ad octavam, tunc ad duodecimam, & tandem ad
 decimam quintam. *Perrault* dixit, se habuisse fistulam nullis forami-
 nibus praeditam, solà venti augmentatione edentem omnes tubarum so-
 nos. Tubae autem varios & miros saltus ex auctâ inspiratione produ-
 cunt, primò octavam, tunc duodecimam, tunc decimam quintam, de-
 cimam septimam, decimam nonam, vigesimam secundam, vigesi-
 mam tertiam, vigesimam quartam, &c. Aliae fistulae sunt, quae
 varia oscula seu foramina habent, à quorum numero tristomae, te-
 trastomae, pentastomae, hexastomae, &c. appellantur. His au-
 loedi periti innumeros sonos exhibere possunt, gravitate & acumi-
 ne differentes pro variorum osculorum clausurâ & aperturâ variis,
 quibus ipsae fistulae quasi elongantur & abbreviantur. Sed tot sunt
 variae

variae variorum instrumentorum proprietates, ut omnibus enar-
randis vix liber sufficeret; quare haec relinquo.

§. 36. Tonus vocis cantantis hominis variatur, dùm rima, quam
formant suo nexu hic positae cartilagines, arctatur vel aperitur,
quod innumeris modis fieri potest pro variâ musculorum hic posi-
torum actione. Hinc enim majori vel minori velocitate motus aër
pro minori vel majori rimae aperturâ, & simul celeriori vel lentiori
expulsu, adeòque in indulationes celeriores vel tardiores reper-
cussus, sonos etiam acutiores vel graviores efficit. Hinc illi, qui
tentant graviorem vocem edere quam possunt, sonum amittunt
propter nimiam rimae dilatationem. Hinc liquet, quomodò non
tantùm respiremus, sed & saepè vi magnâ expellamus aërem sine
sono. Simile quid in fistulis organicis observatur, quae, si sint ni-
miae magnitudinis, etiam sonum amittunt. Sic observavit *Sau-
veur*, quod fistula 40 pedum edat sonum gravissimum nobis audi-
bilem. Fatentur etiam organopoei, quod difficillimum sit efficere,
ut maximae fistulae benè sonent. Si audiamus solas fistulas maxi-
mas organorum, quae aliquandò sunt 16, 24, aliquandò 32 pedum,
si sint apertae; aut subduplae longitudinis, si clausae; harum so-
nus apparet admodùm debilis simul & gravissimus: si tamen
aliis minoribus jungantur, iis maximum robur conciliant. Hinc
etiam, qui tonum tentant edere acutissimum, experiuntur suos pul-
mones quasi suffocari, ut & laryngi inferri stridorem, nimis sc: ar-
ctatâ aut ferè clausâ viâ. Hinc etiam tunc vix aër ex pulmonibus
emitti potest sine editâ voce. Hinc cantando maximè idonei sunt
illi, qui musculos glottidi movendae servientes maximè agiles; li-
gamenta laryngis cartilagines necessentia maximè obsequiosa; aper-
turam glottidis maximè variabilem; guttur, os, palatum, nasum, opti-
mè conformata; omnia organa vocis glaberrima, & maximè lu-
bricâ superficie praedita; thoracem & pulmones maximè explica-
biles habent: hi enim celerrimam tonorum mutationem; maxi-
mam varietatem, suavitatem, distinctionem, puritatem, gratiam
exhibere possunt; & simul maximum robur vocis, & longitudinem
animae habent.

§. 37. Loquela dependet ex eo, quod sonus organis extra laryn-
gem positis, gutturi, linguae, dentibus, labiis, genis, naribus,
palato, vario suo concursu & positu multis modis variandis, illis;
hinc in transitu vel reflexu mutatus, determinatus; literas exhibeat:
quarum combinatione ulteriùs configuratus, articulatus, syllabas

& vocabula format, ex quibus junctis fit sermo. Hinc pro variis organis, & oris regionibus, quibus literae formantur, aliae gutturales, aliae linguales, aliae dentales, aliae labiales, aliae palatinae vocantur. Hinc, cum quaelibet litera sibi peculiarem organorum configurationem requirat, & unius ab alterâ discrimen sit ad oculum satis visibile, hodiè tanto cum successu surdis & mutis fit medela; voces enim ab aliis prolatas oculis audire, & organorum directionem imitando loqui discunt. Hinc variae variarum harum partium malae conformationes, aut morbis factae depravationes, destructiones, variè loquelam immutant & depravant; dum literae his propriae vel penitus non, vel non bene ampliùs pronunciari possint: undè medelae requisitae, vel incurabilitas multorum loquelae vitiorum, sponte deducuntur. Hinc patet, cur varia animalia pro variâ suorum organorum constitutione varios, & magis vel minus articulatos sonos edant? Cur quaedam animalia, ut psittacus, aliaque, suorum organorum motu & configuratione voces humanas, & vicissim homines animalium voces imitari possint? Hoc fundamento nituntur etiam fabricae fistularum zooglossarum, anthropoglossarum, similibumque; quibus animalium, vel & humanas voces non tantùm, sed & articulatos sonos, literas, syllabas, & vocabula, proferre conati sunt artifices. De his omnibus videri possunt *Conradus Amman*, alique.

§. 38. Quod antea notatum est in chordis, campanis, &c. de soni compositione; de fistulis idem, & vocibus humanis verum est. Si fistula clausa & magna satis vento inspirato in sonum incitetur, eodem tempore bini distincti soni duodecimam formantes audiuntur. Si aliquis solus vocem gravissimam edat quanto tempore potest, puta spatio 10 secundorum, plus minus, idque pluribus vicibus; audiet aliquandò duas alias voces tenuissimas praecedentis socias, quarum una facit diaposon, alia decimam septimam majorem cum fundamentali gravissimâ. In multis cantantium choris perpetuò resonat duodecima. Observavit tales sonos principalem concomitantes harmonicos *Mersennus* in chordis, campanis, cylindris, pulsatilibus, scyphis vitreis, fistulis, vocibus cantantium, & in genere in omnibus ferè corporibus sonoris. Non autem audiuntur hi soni secundarii, nisi primarius sit satis gravis; si verò hic nimis sit acutus, minimè distingui possunt: quod fieri videtur, quia prae acumine (sunt enim primario semper acutiores) respectu nostri auditus

evanescent. Hinc in chordis admodum brevibus, tenuibus, maxime tensis; campanulis, fistulisque parvis; vocibus cantantium acutis; &c. non audiuntur. Horum phaenomenorum rationes difficillime redduntur; plurima enim haec tenus incognita circa haec investiganda supersunt.

§. 39. Observatur etiam ab iis, qui organorum fistulas concordant, satis dignum quod notetur phaenomenon; sc. quando duae simul sonum edentes fistulae ad unisonum appropinquant, certa sunt puncta seu instantia, quibus sonus communis seu unitus, quem formant, intensior apparet. Haec autem momenta aequalibus intervallis redeunt; & major mora inter eadem est, si proximè ad unisonum accedant, quam cum longius inde distent; etiam cum graviore sonos edant, quam si acutiores. Hujus nunc phaenomeni hanc causam satis probabilem dedit *Sauveur*: sc. quod ideò communis tuborum sonus fiat intensior, quia oscillationes, quae aliquamdiu separatae fuerunt, in unum coeunt, uniuntur, & eodem instanti aurem ferientes soni intensioris ideam menti exhibent. Quo posito patet sponte, eò pauciora esse puncta intensioris in dato tempore, quò ratio sonorum majoribus numeris radicalibus exprimenda; tantò enim pauciora sunt puncta concursus; etiam quò soni sint graviore; tantò enim majus est tempus cujuscumque vibrationis. Hinc liquet etiam, quod hi concursus facilius in his quam in aliis intervallis & fistulis animadverti possint. Cum verò, hos pulsus ab aure distingui posse, ingratum admodum sit; sequitur, illa intervalla, in quibus hi nunquam audiri possunt, esse gratissima, & contrà. Hinc nunc plurima eadem sequuntur, quae (§. 17.) jam proposita sunt; undè haec assignata causa non contemnenda videtur. Si nunc his positis sumantur duae fistulae satis magnae, & constituentem intervallum satis parvum; ita ut intervalla inter earum pulsus sint sensibilia, & satis magna, quae distinctè numerari, & sic vibrationibus alicujus penduli mensurari possint: cognoscimus exactè ex cognita penduli longitudine durationem cujusque vibrationis ejusdem; (§. 20.) adeòque etiam durationem inter pulsus fistularum. Hinc, cum aliunde ex cognito fistularum intervallo cognoscatur numerus vibrationum eodem tempore à binis fistulis in aëre excitatarum, (§. 16.) qui numerus absolvitur intervallo duorum pulsuum jam cognito; sciemus etiam praecisè, quot vibrationes quaevis fistularum determinato tempore efficiat. Adeòque, cum certus & determinatus sonus à certo itidem & determinato vibrationum dato tempore ab-

absolvendarum numero pendeat, & rationes vibrationum omnium sonorum sint cognitae; cognoscemus etiam, quot vibrationes quilibet dato sono in dato tempore competant. Hinc adeoque etiam determinari potest sonus fixus, cujus tota natura consistit in determinato vibrationum numero certo tempore absolvendo; & perinde est, à quonam instrumento excitetur. Huic sonum fixum inveniendi methodo *Sauverianae* adungere liceat aliam à *Stancario* excogitatam, quae consistit in rotâ tripedalis circiter diametri, cui ducenti ferrei paxilli perpendiculariter ad rotæ planum, & ad eandem à centro & se invicem distantiam infixi sunt. Haec rota verticaliter constituta si circa axem suum notabili celeritate circumgyretur, paxilli illi aërem verberantes tenuem quendam sonum producunt, acutiorem vel graviorem pro majori vel minori rotæ velocitate, seu ictuum numero, quos eodem tempore aër à paxillis accipit. Dato igitur sono quodam, talis rotæ velocitas conciliari potest, ut sonus à rotâ productus cum dato sit unisonus, musicâ aure teste: quâ rotationis velocitate servatâ, (quam minimè alterari ex ejusdem soni permanentiâ constabit,) si rotæ ipsius circumvolutiones certo minorum secundorum numero ope horologii oscillatorii determinato peractae diligenter numerentur; facile constabit, quot ictus hoc tempore, adeoque etiam unico minuto secundo, eidem aëris parti à paxillis incussi fuerint. Et sic determinari potest sonus fixus. Utile autem est rotæ agitationem ad quatuor aut sex minuta prima temporis continuare, ut ex majori illo numero numerus ictuum uni secundo scrupulo conveniens tutius colligatur. Hac ratione organorum & omnium corporum sonorum limites, quibus sonus nobis audibilis est inclusus, detegi possunt. Invenit *Sauveur*, quod à binis oscillationibus chordae, seu unâ ex itu & reditu compositâ, constituatur vibratio acustica. Invenit *Stancarius*, vibrationum numeros servare easdem proportiones, quas antea intervallis assignavimus; (§. 16.) adeò ut hae rationes per experimenta constant.

§. 40. Examinemus jam sonum in medio deferente. Tale medium est aër: (§. 31.) sonus in eo est motus undulatorius, (§. 32.) in eo excitatus variis modis: (§. 33.) undarum in aëre numerus idem cum numero agitationum partium corporis sonori, (§. 32.) quod mox ulterius patebit; adeoque gradus acuminis diversorum sonorum ut numeri undarum, qui eodem tempore in aëre dantur; undè dicta (§. 16.) hùc referri possunt. Si verò examinetur motus cujuscunque particulae aëriac, quem in suo itu & reditu habet;

inve-

invenitur hic analogus cum motu penduli oscillatorio, dùm duas simplices perficit oscillationes, sive unam ex itu & reditu compositam. Dùm enim pendulum in oscillatione descendit, actione gravitatis conspirante motus ejus acceleratur usque ad punctum infimum, seu medium viae percurrendae; ubi mutatâ directione cum motu acquisito pendulum ascendat, contrariâ gravitatis actione retardatur, & motus in totum destruitur: hoc destructo, iterùm iisdem legibus redit. Dùm aëris particula movetur ex elasticitate, motus ejus ab eâdem acceleratur usque ad punctum viae medium; tunc hoc motu acquisito pergit, sed mutatâ elasticitatis directione retardatur, percurrit spatium aequale priori, tuncque totus hic motus iterùm destructus est: quapropter actione elateris cogitur redire, iterùm acceleratur usque ad punctum viae medium; tunc iterùm mutatâ elasticitatis actione, motu acquisito pergit, retardatur, ad pristinum situm redit, quiescit si de novo non agitetur. Ipsa etiam acceleratio & retardatio motus particulae, & hinc ejus itus & reditus, fiunt juxta eandem legem, quam sequitur corpus gravitate in cycloïde motum: hoc enim assumpto, invenitur quod vis accelerans in particulas agens omni momento, sit proportionalis differentiae inter distantias vicinas particularum; sed ex cognitâ elasticitatis lege, quod particulae sese mutuò fugiant cum vi, quae est inversè ut distantia inter particularum centra, deducitur, quod eadem vis accelerans re verâ in aëre locum habeat; undè particulam quamlibet re verâ juxta leges in cycloïde oscillantis penduli moveri, rectè concluditur. Videantur haec demonstrata apud *Newtonum*, & *Cl. s. Gravesande in instit. Phil. Newt.* Hinc nunc sequentia facilè deducuntur. 1°. Datâ eâdem latitudine undarum hae eâdem velocitate moventur, sive particulae majus vel minus spatium itu & reditu suo percurrant: nam factâ majori compressione, vis accelerans crescit ut spatium percurrendum; suntque omnes ejusdem penduli vibrationes isochronae, sive majores vel minores sint; sed positis iisdem temporibus, quibus undae suas aequales percurrunt latitudines, earum velocitas est eadem. 2°. Idem etiam verum est, licet undarum latitudines sint inaequales: fingamus enim spatia itu & reditu percursa esse ut undarum latitudines, inveniuntur tempora in eâdem ratione, adèque velocitates aequales; hypothesis autem de spatiis percursis latitudinibus undarum proportionalibus non minuit asserti universalitatem. (n. 1.) Supposuimus hic eandem constitutionem aëris; si verò

3^o. densitas ejus mutetur manente eadem vi elasticâ; erunt, positis undis ut & spatiis itu & reditu percursis aequalibus, tempora in subduplicatâ ratione quantum materiae seu densitatum, & velocitates in hac ratione inversâ. 4^o. Si manente densitate mutetur vis elastica; erunt, positis iisdem (n. 3.), velocitates directè in subduplicatâ ratione vis elasticae. 5^o. Si mutetur tam elasticitas quam densitas, velocitates erunt in ratione compositâ ex subduplicatâ densitatum inversâ & subduplicatâ directâ vis elasticae (n. 3. & 4.): si adeoque mutantur in eadem ratione, velocitas non mutabitur; nam inversa ratio densitatis destruit directam vis elasticae. Haecque vera sunt, licet nec undae nec spatia percursâ sint aequalia. (n. 1. & 2.) Haec omnia ex demonstratis pendulis constant.

§. 41. Ulteriùs undarum velocitas invenitur determinando altitudinem, quam atmosphaera haberet, si ubique ejus esset densitatis, quam habet prope superficiem telluris: demonstratur enim, quod, si hac altitudine tanquam radio fiat circulus, undae percurrant spatium circumferentiae hujus aequale eo tempore, quo pendulum ejusdem etiam cum hac altitudine longitudinis peragit unam oscillationem ex itu & reditu compositam; quaecunque etiam fuerit undarum latitudo, & quaecunque spatium in iis itu & reditu percursum à particulis. Undè, cum cognitâ altitudine mercurii in barometro elevati, & ratione inter densitatem aëris & densitatem mercurii, altitudo memorata atmosphaerae inveniri possit, & etiam tempus, quod tale pendulum oscillat; (§. 20.) cognoscitur etiam quam proximè, quantum spatium hoc tempore percurrant undae; adeoque etiam dato quolibet tempore, cum undarum velocitas sit aequabilis, si tantum aëris densitas & elasticitas sint uniformes, (§. 40. n. 1. & 2.) aut in eadem ratione mutatae. (§. 40. n. 5.) Hinc, cum tempus oscillationis ex itu & reditu compositae sit ad tempus casus corporis gravis motu uniformiter accelerato per dimidiam hanc altitudinem, ut circuli peripheria ad radium; & tempore hujus casus velocitate ultimò acquisitâ possit percurrere integram altitudinem: percurreret etiam tempore dictae oscillationis integram peripheriam circuli hac altitudine tanquam radio descripti; adeoque velocitas undarum est aequalis velocitati ultimò acquisitae à gravi cadendo à semialtitudine memoratâ. Praeterea cum haec atmosphaerae altitudo sit directè ut aëris vis elastica, & inversè ut ejus densitas; & velocitas acquisita ca-
den-

dendo vi gravitatis à similitudine hac fit in subduplicatâ ratione ejusdem; erit etiam in subduplicatâ ratione vis elasticæ directè, & densitatis inversè; adeoque etiam undarum velocitas, quæ huic æqualis est: undè ex his eadem sequuntur, quæ §. 40. n. 3, 4, 5. jam vidimus. Haec autem modo exposito detegenda velocitas augenda est pro ratione, quam habent diametri particularum æris, per quas sonus in instanti propagatur, ad earum interstitia; ut & pro ratione corpusculorum in aëre natantium. Cum autem has rationes ignoremus, dictâ methodo undarum velocitas exactè cognosci non potest. Ope explosi nocte sclopeti, & penduli, quo aliquis ad cognitam distantiam à sclopeto remotus, mensurat tempus inter visum lumen & sonum auditum, exactè undarum velocitas hoc tempore determinatur; quæ tamen variabilis est pro aëris elatere & densitate variis. Si eodem tempore tali experimento inveniatur vera undarum celeritas; & simul methodo expositâ illa velocitas, quæ esset, si nulla haberetur ratio diametrorum particularum aëriarum, & materiae heterogeneae; hæc à priori subducta relinquet accelerationem ex iisdem oriundam hoc tempore.

§. 42. Ex his (§. 40. & 41.) intelliguntur pleraque circa sonorum velocitatem phaenomena. Cur tanta soni velocitas? Cur tamen tantò citiùs è loquiquo videamus lumen explosi sclopeti, bombardæ, fulminis, ictum mallei, &c. antequàm sonum audiamus? & liquet, quod ex intervallo temporis interlapsi distantia colligi possit: videatur de utilitate cognitionis hujus phaenomeni *Boyle de util. Phil. Exp. Exerc. 10.* Cur soni velocitas non omni tempore, & omni loco inveniatur eadem? & cur spatium à sono tempore unius minuti secundi percursum à variis variis inventum fuerit? Sic hyeme tardiùs movetur sonus quam aestate, quia calor aëris elaterem intendit, frigus minuit; crescit autem vel minuitur soni velocitas ut radix quadrata elateris aëris. (§. 40. & 41.) Ex hac causâ in apice montis etiam lentiùs propagatur sonus quam ad radicem, quoniam in culmine plerùmque majus frigus, ut perpetuis nivibus tecta altissimorum montium cacumina, licet ad montis radicem sit calor satis intensus, & innumerae viatorum montes visitantium observata evincunt. Cur aëris major vel minor compressio, adeoque major vel minor indè oriunda densitas, non mutet soni velocitatem? tunc enim densitas & vis elastica mutantur in eadem ratione. Hinc nil facit ad soni accelerationem variatio mer-

curii in barometro; adeoque ex mutatâ altitudine ejus non judican-
 dum est, soni velocitatem mutari: quod idem invenit *Derham*.
 Ex hac causâ eadem foret soni velocitas in valle, montis cacumi-
 ne, & quibuscunque atmosphaere regionibus. Cur soni velocitas
 sit uniformis, positus ubique iisdem aëris conditionibus? Constat
 illud etiam experimentis; homines enim ab explosâ bombardâ ad
 varias distantias cognitae remoti, invenerunt semper ope pendu-
 lorum tempora inter visum lumen & auditum sonum spatiis, qui-
 bus à bombardâ distabant, proportionalia: vide *Schelham. de au-
 ditu*. In majoribus spatiis aliquandò tamen acceleratur aut retarda-
 tur ex mutatis ibidem aëris conditionibus. Pater adeoque, quid
 dicendum de iis, qui statuunt velocitatem soni in progressu sem-
 per minui. Cur ventus secundus vix aut non sensibiler acceleret,
 aut adversus retardet soni celeritatem? venti enim vehemen-
 tissimi, quibus arbores eradicantur, & tecta aedium disjiciuntur,
 secundum *Mariotti* observationes tempore minuti secundi circiter
 32. pedes Parisienses percurrunt; sonus vero circiter 1070.
 vel 1080, plus minusve: velocitates ergò venti & soni sunt
 ut 1 ad 33. vel 34. circiter; undè liquet mutationem veloci-
 tatis soni à vento conspirante vel adverso non esse admodum ma-
 gnam. Praeterea haec acceleratio aut retardatio non diù durat;
 nam ventus certam quantitatem aëris ex uno loco in alium defert,
 sonusque tantùm acceleratur aut retardatur, dum hanc aëris par-
 tem transiit; citissime autem hic transitus absolvitur ob maximam
 soni velocitatem. Testatur *Derham*, se factis summâ cum curâ
 experimentis didicisse, differentiam velocitatis esse aliquam, licet
 exiguam, inter velocitatem soni secundo & adverso vento propa-
 gati; quod cum dictis congruum est. Est autem mutatio veloci-
 tatis tantò major, quò venti celeritas major, & major aëris mo-
 les vento agitur: non tamen aequabilis, quia ventorum velocitas
 non est uniformis; sed per intervalla irregularia nunc major, nunc
 minor. Compressio aëris à ventis in obstacula impacti, aut à ven-
 tis contrariâ directione in se in mutuo tendentibus facta, soni ce-
 leritatem non mutat. Liqueat adeoque, quid dicendum de his, qui
 tormenti bellici ictum & quicquid in universum soni est, ad aures
 citius secundo, quam adverso vento pervenire statuunt: ut &, fi-
 eri posse, quod aër à nobis aufugiens sonum celeritate aequaret, &
 ità sonus omninò non audiretur. Cur sonus gravis & acutus eâ-
 dem ferantur velocitate, ut experimentis constat? Pro diversitate
 enim acuminis vel gravitatis diversus tantùm est numerus unda-
 mur

rum aequali tempore genitarum, adeoque tantum variatur undarum latitudo, quae semper est inverse ut soni acumen, vel directe ut gravitas; invenitur enim undarum latitudo dividendo spatium à sono percursum in dato tempore per numerum undarum eodem tempore genitarum, qui ope doctrinae de sono fixo cognosci potest, & semper est ut acumen directe, vel gravitas inverse. Sic factis experimentis invenit *Sauveur*, in apertarum fistularum sonis latitudines undarum esse quam proximè aequales duplis longitudinibus fistularum; & has adeoque aequari quadruplis longitudinibus, si fistulae sint clausae. Quaecunque autem sit differentia inter undarum latitudines, eadem est sonorum velocitas: (§. 40. n. 2.) variantur autem undarum latitudines variatâ sonorum velocitate. Cur sonus magnus & parvus, sive intensus & debilis, eadem propagentur celeritate, ut experimenta docuerunt? Sonus intensior est, si majus spatium ita & reditu à particulis aëris in quâlibet undâ percurritur, ut mox patebit, & contra; eadem autem est sonorum celeritas, sive spatium ita & reditu in quâlibet undâ à particulis percursum sit majus vel minus. (§. 40. n. 1.) Hujus theorematis contrarium à multis pro concessio habetur; errori veniam conciliante hoc, quod, intensiores & debiliores sonos non ad eandem distantiam extendi, certissimum sit. *Kircherus* testatur, quod voce, tubâ, sclopo experimenta adortus, ex eodem loco deprehenderit, quò vehementior est sonus, tanto cum celerius reflecti; cui tamen parum fidèi habendum videtur, cum ipsa experimenta aliorum, & majorem fidem merentium auctorum, contrarium doceant. Observavit *de Croufaz* ope penduli, quod ad certam ab echo distantiam sonus intensus admodum, & debilissimus, in suo ita & reditu idem tempus impendant. Aequivelocitatem jam observavit etiam *Mersennus*. Hinc soni licet intensitas in progressu minuatur, manet tamen eadem velocitas.

§. 43. Cum soni intensitas pendeat ab ictibus aëris in nostra organa auditoria, erit haec ut sunt aëris percutientis vires: adeoque in ratione compositâ ex simplici ratione numerorum particularum aequali tempore percutientium, & duplicatâ velocitatum, quibus incurrunt; sunt enim corporum vires & ictus ut velocitatum quadrata, ut nunc experimentis evicit *Cl. s^o Gravefande*. Sunt autem numeri particularum aequali tempore percutientium tympanum, in ratione compositâ ex directis rationibus densitatum aëris, velocitatum undarum, spatiorum ita & reditu à particulis percursorum,

& inversâ latitudinum undarum: suntque velocitates, quibus particulae moventur, in ratione compositâ ex ratione directâ velocitatum undarum ac spatiorum itu & reditu percursorum, & inversâ latitudinum undarum. Si ergo pro ratione numerorum particularum ferientium tympanum aequali tempore substituuntur rationes, ex quibus haec componitur; ut & pro ratione velocitatum earum etiam illae, ex quibus ista componitur, adeoque pro duplicatâ velocitatum etiam illae duplicatae: soni intensitas erit in ratione compositâ ex his omnibus, sc. simplici directâ densitatum aëris, velocitatum undarum, spatiorum itu & reditu à particulis percursorum, inversâ latitudinum undarum, directâ duplicatâ velocitatum undarum, spatiorum itu & reditu à particulis percursorum, & inversâ latitudinum undarum etiam duplicatâ; sive quod idem est, in ratione compositâ ex directâ simplici densitatum aëris, triplicatâ velocitatum undarum, triplicatâ spatiorum itu & reditu à particulis percursorum, & inversâ triplicatâ latitudinum undarum. Cùm nunc undarum velocitas sit in subduplicatâ ratione vis elasticae directè & densitatis inversè, (§. 40. & 41.) ratio composita ex simplici densitatum & triplicatâ velocitatum undarum, aequalis est rationi compositae ex subduplicatâ cuborum elasticitatum directè, & subduplicatâ densitatum inversè. Adeoque, quia pondus aërem comprimens ejus elasticitati aequale est, erit generaliter soni intensitas directè ut radix quadrata cubi ponderis aërem comprimentis & cubus spatii itu & reditu à particulis percursum, ac inversè ut cubus latitudinis undae & radix quadrata densitatis; quod omnia accuratè considerando nunc novissimè invenit mox laudatus *Cl. s. Gravesande*, & brevi ab ipso auctore publici juris fiet in secundâ editione partis primae *Introductionis ejus ad Philosophiam Newtonianam*.

§. 44. Ex dictis his (§. 43.) facillè illa deducuntur, quae ad soni intensitatem spectant, phaenomena. Ex eo enim, quod soni intensitas caeteris paribus crescat in triplicatâ ratione spatii itu & reditu percursum; liquet, cur corporum sonantium intensitas ita augetur pro majori spatio, per quod tremulae illorum partes eunt & redeunt? (§. 5.) per tantò enim majus spatium urgent vicinas partes aëris. Cur chordarum incitatarum dein sibi permissarum, & omnium pulsatilium soni tam subitò decrescant? propter decrescientes enim tremulos minimarum partium motus, omni momento per minus spatium urgentur partes aëris. Cur soni intensitas in ejus progressu minuatur? credibile est, hoc fieri ex defectu elasticitatis,

&

& attritu partium aëris ad materiam heterogeneam. Cur sonus intensior tantò longius propagetur? Adeòque cur tormentorum & campanarum soni tam longè possint audiri? Cur ventus secundus, vel adversus efficiat, ut sonus ad majorem vel minorem distantiam audiatur? & ut ad datam distantiam sit magis vel minus intensus? Longiùs propagatur sonus, & simul intensior est, si spatium ita & reditu à particulis percursum sit majus, & contrà; illud autem ventus secundus augere, adversus minuire potest. Cur soni intensitas crescat, si aër magis fiat compressus, & contrà? Agitetur campanula in recipiente aëre compresso pleno, soni intensitas est multò major, & semper augetur auctà compressione; eadem imminutà minuitur. Si educatur aër ex recipiente, prout aër educitur, sonus decrescit, donec tandem desinat; readmisso aëre iterùm restituitur, ut experimentis didicerunt *Hauksbejus, Derham, & alii*. Si enim caeteris manentibus mutetur vis aërem comprimens, crescit soni intensitas in subduplicatâ ratione cuborum virium vel ponderum aërem comprimentium; sed cùm densitas augeatur in eadem ratione, quâ vis comprimens, soni intensitas decrescit in subduplicatâ ratione densitatis, vel vis comprimentis: si ergò radix quadrata cubi ponderis comprimentis per radicem quadratam ejusdem ponderis dividatur, quotus seu vis comprimens ipsa exprimit soni intensitatem; quae ergò semper augetur vel minuitur ut columna mercurii in barometro. Hinc in montium cacuminibus minor est soni intensitas quam in vallibus, &c. Cur soni intensitas augeatur à calore? sumatur recipiens cum innexâ campanâ, ità ut aperto epistomio aër internus cum externo communicet; agitetur campanula, sonus major erit, & ad majorem distantiam audietur, si calefiat recipiens, quam si frigidum sit. Est autem caeteris paribus intensitas soni ut radix quadrata elasticitatis; mutatâ enim elasticitate in eadem ratione cum auctâ vel imminutâ elasticitate minuitur vel augetur densitas, & calor aëris elaterem intendit. Hinc aestate, caeteris paribus, major soni intensitas, quam hyeme. Ex hac causâ etiam soni intensitas minor est in frigidis montium cacuminibus, quia frigus aëris elaterem minuit. Observavit *Varenius* sonum explosi sclopeti multò debiliorem esse in vertice montis, quam ad radicem; quod ex duplici memoratâ causâ oriri potuit, considerato simul defectu radiorum reflexorum alias concurrentium.

§. 45. Phaenomenon §. 19. memoratum, ibique non explicatum, nunc

nunc hoc loco commodè proponi, facillimè explicari, & intelligi potest: praecipuos ejus casus memorabo. Ponantur binae chordae unisonae, agitatâ unâ, movebitur & altera: dùm enim singulae aëris undae à tremente agitatâ chordâ excitatae in vicinam quiescentem impingunt, eam levissimè commovent; sed quia vibrationes utriusque chordae sunt propter unisonum isochronae, & chorda agitata motum multò majorem habet, motusque undarum cum motu chordae movendae conspirat; acceleratur haec omni momento, donec ferè in utrâque chordâ detur motuum aequalitas, & sic illa, quae antea quiescebat, nunc satis sensibiles vibrationes peragat, chartulâ impositâ subsultante vel excusâ satis agitationem indicante. Si nunc motus sic acquisitus sit satis validus, chorda haec etiam sonum edit, sono prioris chordae soffocaco facilè audiendum. Sic observavit etiam *Galilaeus*, unum solummodo hominem impulsibus opportuno tempore impressis maximam campanam ad resonatiam excitasse, quam deindè ad quietem reducere non poterant quinque vel sex homines, quin omnes in altum elevarentur. Ex hac autem explicatione sequitur, quod ope aëris moti intermedii haec quiescentis chordae commotio fiat; undè in vacuo haec fieri non posse sequeretur, quod experimento discere in animum induxit *Boyleus*, non tamen fecit, nec à quodam alio hoc experimentum institutum novi: satis tamen plausibilis videtur allata explicatio. Afferit *du Verney*, quod aër inter duos barbitos super eâdem mensâ positos, non omninò capax sit communicandi tremores chordae unius cum chordâ alterâ; sed quod oporteat, ut chorda tacta tremere primùm faciat barbiti, cui alligata est, lignum, ut & lignum illud barbiti mensam, mensâ porrò lignum barbiti alterius, & hoc denique lignum chordam alteri unisonam ipsi alligatam tremulam reddat; quodque hoc quidem tam verum sit, ut si alter barbitorum à mensa removeatur, & in aërem sublatus teneatur, experimentum non succedat. Utcunque autem, tremorum hanc communicationem ope solidorum fieri posse, minimè negem, ut ex sequentibus patebit; solo tamen aëre intermedio illud effici posse, & re verâ maximè per eundem fieri, ex iis, quae statim ampliùs adferemus §. seq., satis constabit. Liquet interim ex mox dictis, quod eodem modo chorda possit agitare aliam vicinam, cujus oscillationes peraguntur tempore subduplo, subtriplo, subquadruplo, &c. adeoque constituentem cum priori octavam, duodecimam, disdiapason, &c. quoniam semper undae acceleratricis motus cum motu chordae movendae con-

conspirat in puncto concursus. Agitabitur etiam illa, cuius vibrationum tempora sunt dupla, tripla, quadrupla, &c. sed cum chordae moventis singulae vibrationes absolvantur tempore subduplo, subtriplo, subquadruplo, &c. atque adeo sint tanto celeriores, tanto plures fiunt undae chordam movendam accelerantes omni momento, donec vibrationum tempora sint aequalia, quod non nisi imminuta longitudine fieri potest; (§. 11.) hinc illa se sponte dividit in partes duas, tres, quatuor, &c. seorsim vibrantes, & isochronas chordae moventi, punctaque divisionum erunt nodi quiescentes, eodem modo ut jam antea vidimus; (§. 12), quod verum esse, chartula plicata chordae imposita in nodis quiescens, & omni alio loco subsultans, evidentissimè demonstrat. Sicque tunc motus undulatorius communicatur chordae, & undarum longitudo dependet à tempore inter ictus communicatos. Si chordae agitatae tempus vibrationis sit ad tempus vibrationis movendae ut 3 ad 2, movenda se dividit in 2 partes aequales, eruntque tunc tempora vibrationum ut 3 ad 1; adeoque tunc ex jam dictis motus communicatio obtinebit. Si tempus vibrationis chordae motae sit vicissim ad tempus vibrationis movendae ut 2 ad 3, chorda movenda se dividet in tres partes aequales, eruntque tempora vibrationum ut 2 ad 1; in quo casu iterum ex dictis fiet motus communicatio. Sic etiam porro in reliquis consonantiis; aucto autem divisionum numero minus notabilis fit tremor. Notandum etiam, quod haec contremiscentia non tantum contingat, cum praedictae consonantiae, seu vibrationum proportionales accuratissimè adsint; sed etiam, licet, ipsa exercitata aure teste, parum deficiant à justis, quod facile ex dictis intelligitur. Haec autem omnia sic fieri, experimenta ipsa clarissimè demonstrant. Ex dictis liquet, quod quò violentiores sint motus aëris, eò facilior & magis sensibilis erit motus communicatio; v. gr. si chordae sint admodum longae, tensae in eodem instrumento, & admodum vicinae, & agitetur accelerans satis fortiter. Hoc fundamento nititur, quod in variis instrumentis chordae quaedam intactae maneat, & solummodo propter harmonicam constitutionem resonent. Intelligitur etiam, cur fides harmonicae tantum resonent? in aliis enim tremor non est sensibilis. Cur soni harmonici ex hac motus communicatione oriundi, sint primariis vel unisoni, vel acutiores, sed in serie sonorum harmonicorum, nunquam graviore? Cur & quomodo chordae, quarum soni naturales sunt graviore sono chordae agitatae,

G

etiam

etiam contremiscant? Cur agitatâ in clavicymbalo vel simili instrumento chordâ quâdam, aliquandò remotiores resonent; cùm aliae magis vicinae quiescant: & similia.

§. 46. Porrò talis consensus mutuusque tremor non tantùm inter solas chordas observatur; sed moventur etiam chordae à quibusvis aliis aliorum corporum sonis. Sic observavit *Kircherus* in templo Moguntino, chelyos majoris chordas ad organi tonum exactè concinnatas, sponte suâ trementes, & resonantes, simul ac organi fistulae chordis unisonae ab organoedo incitarentur. Observavit idem in polychordo in musaeo posito, semper unam chordam, & nullam aliam, ad vicinae campanae sonitum in sonos animari. Sic moventur & resonant aliquandò fides clavicymbali, vel alterius instrumenti ad vocem humanam. Talis tremor spontaneus à sono excitatus in omnigenis corporibus sonanti unisonis, vel harmonicis, in innumeris occasionibus observatur. Sic si duo scyphi vitrei debitâ aquae quantitate infusâ ad unisonum redacti sint, & appressus madefactus digitus tantùm alterutrius marginem celeriter circumbeat, aqua in utroque scypho movebitur, crispabitur, & saliet, teste *S. Clarke*; & affirmat *du Hamel*, quod, si acicula incurva intacti vitri margini aptetur, sponte cum strepitu quodam, quasi ad numeros subsultabit. Testatur idem auctor etiam, sonum campanae petaso illapsam, aliquandò manu percipi posse. Observavit *Galilaeus*, quod ad chordam crassiorē barbiti plectro fortiter pulsatam, scyphus vitreus, subtilis, politus, chordae unisonus, tremere sensibilibiter & resonaret. Refert *Kircherus* subindè contigisse, ut multis colloquentibus una quaedam vox scamnum tremere fecerit, reliquis vocibus nihil efficientibus: etiam ingentis molis lapidem semper tremuisse ad sonum certae fistulae organi; hoc verò silente, & sonantibus aliis nil commotionis fuisse perceptum: etiam ad certum sonum statuas fuisse commotas, non ad alium. *Robaultus* observavit ad certum tympanum pulsatum fenestras vitreas satis vehementer concussas, quae eadem tamen, ubi alia tympana sonum vel majorem efficientia pulsarentur, minimè tremuerunt. Observavi ipse saepè in concentu musico ad certam bassi, sive chelyos majoris tetrachordae agitatam chordam vitra trementia, quae ad alios sonos tamen quiescebant. Sic etiam chartula, quam manu tenebam, ad certos sonos sensibiles tremores concipiebat, ad alios minimè. Pocula vitrea ad certos sonos prolatos saepissimè resonare, unicuique notum est. Scamna & sedilia, quibus incumbimus, aut insidemus

in templis, notabiliter ad congruos sonos ab organo pneumatico excitatos commoveri, non rarò persentiscimus: & infinita similia. Haec autem omnia satis mira ex dictis (§. 45.) facillimè intelliguntur, siquidem varia corpora elastica, certarum vibrationum capacia, ab aère similibus vibrationibus agitato & allabente facilè agitari posse, manifestum sit; undè corpora contremiscentia ipsis sonoris plerumque unisona deprehenduntur; quamvis in aliis etiam casibus harmonicis motus communicatio obtineri possit. Hinc intelligitur etiam, quomodò vitrea pocula, explorato priùs tono, à voce humanà eundem tonum satis fortiter intonante, & sensim intendente, non tantùm commoveri, in sensibiles admodùm tremores agitari, ad sonum incitari, verùm etiam penitùs dirumpi queant, si major iis communicetur motus, quam partes absque solutione ferre possunt; quod aliquoties factum fuisse notissimum est. Videantur *du Hamel*, *Fogelius*, *Morbhof*; qui ultimus refert, idem etiam fieri posse, si alius juxta positus scyphus aequisonus digito in gyrum acto ad sonum commoveatur. Narrat etiam *Wallisius* in suis operibus mathematicis, se audivisse, quod vitrum subtile & tenue, qualia sunt ex quibus bibimus, aliquandò ruptum fuerit sonitu tubae buccinaeve propiùs admotae, strenuè & continuè per tempus longiusculum inflatae, sonum edentis consonum tinnitui ipsius vitri; quae omnia ex dictis facilè explicari possunt. Frangitur autem faciliùs vitrum magnum quam parvum, tum ob vocem unisonam graviorem, fortiorem, magis aptam ad excitandos validos tremores, tum ob majorem copiam aëris moti ad poculum appellentem, tum ob majorem fragilitatem majoris poculi. Effectus campanarum, tormentorum bellicòrum, tonitruum, similibumque sonorum vehementiorum, in frangendis corporibus, alique similes, ex hoc principio etiam facilè deduci possunt.

§. 47. Dùm varios sonos audimus, saepè varii motus nostros artus occupant, variosque effectus producunt; in aegris saepè evidentem molestiae sensum procreant. *Boyleus* varia hujusmodi habet exempla; sc: aegri cujusdam manu sinistra truncati, qui, cùm tormenta majora exploderentur, contundi sibi penitùs & comminui videbatur: alterius, qui, cùm ferrum cultro raderetur, urinam retinere non poterat: huic simile est illius, qui à strepitu liquidi per epistomium decurrentis ad urinam stimulabatur: ut & alius, qui ad lyrae sonum invitus urinam emittebat: item feminae, cui à certo musicae tono lacrymae vel invitae extorquebantur: item ho-

minis, qui ab exacuatione cultri stillicidium sanguinis ex gingivis patiebatur: quod idem patiebatur alius, dum charta spissior dilcerperetur. Meminit etiam *Henricus ab Heer* dominae cujusdam, quae ad sonitum campanae, aut alium quemcunque strepitum, etiam ad ipsum cantum, paraxysmo peculiari ipsam mortuae haud ab similem reddente afficiebatur. In literis *Boisoti* exemplum est virginis laborantis insignibus doloribus per totum corpus, qui summoperè renovabantur, quoties in ejus cubiculo strepitus ciceretur, aut aliquis gressibus rudioribus incederet. Ab amico observatum accepi, quod femina quaedam insignem dentis dolorem passa sit à certo sono chelyos. In semetipsis plurimi homines observare possunt, quod ad stridores quosdam aliquandò dentes stupefiant, aut alia quaevis intolerabilis molestia oriatur. Innumera autem haec sunt, & quotidiana ferè talia observata, modò attendamus. Omnes autem hi motus, mutationes, dolores, molestiae, &c. ad certos excitatos sonos in corpore humano contingentes, ab aëris motu variis nostri corporis nervis & aliis partibus communicato, conspirante simul nervorum consensu, deduci etiam debere videntur. Ex eodem fonte hauriri debent rationes variorum illorum & mirabilium phaenomenorum in tarantulis, & ab iisdem demorsis observatorum; ut & variorum effectuum sonorum in aegris, eorumque morborum curatione. Hinc etiam deducendi sunt Musices effectus in movendis animi affectibus quibuscunque, cum detur certa relatio inter tonos & dispositiones nostrorum organorum, ut & inter has & nostras ideas. Hac arte movendi ad libitum auditoris affectus maximè excelluerunt veteres, undè tantoperè ab illis laudantur vires Musices.

§. 48. Ex dictis (§. 45, 46, 47.) clarè apparet, quod, si in aëre excitetur sonus, omnia corpora vicina ipsi corpori sonanti unifona, vel harmonica, adeòque tremores recipere valentia, etiam contremiscant; &, si tremores sint satis validi, resonent, sic sonum primum roborent, confortent, augeant. Hoc fundamento nititur, quod veteres voces cantantium in suis theatris ità auferent & confortarent ope vasorum aeneorum, quae locabant circulariter, & ad eandem à cantante distantiam; quae vasa sonum maximè non tantùm repercutiebant, sed & resonabant simul. Hinc fit, quod sonus ejusdem instrumenti saepè tam varius deprehendatur pro varietate corporum resonantium vicinorum, quorum characterem sonus saepè induit, ut in multis occasionibus experimur. Hinc etiam intelligi potest, cur in eodem loco non omnes soni aequè resonent?

rent? Sic observatus est sub quodam arcu certus prae aliis resonare tonus, ut habet *Boyle*. Sic experimur aliquandò, quod idem instrumentum plus resonet in certo loco, si ejus chordae ad certum tonum sint tensae, quam si ad alium. Sic ipse saepiùs observavi, quod certus sonus in certo loco magis intenderetur & resonaret, quam reliqui in eodem, aut idem in aliis locis. Sic de echo meliùs duos determinatos sonos reflectente, quam quoslibet alios, observationem habet *Cartesius*. Sic sonum campanae apparuisse quintâ altiore in loco, quam alio, observavit *Perrault*. (vide §. 28.) Haec omnia à quâdam partium reflectentium cum his sonis convenientiâ, & requisitâ ad hos tonos faciliùs quam alios reflectendos dispositione, deducenda videntur. Hinc fortè aliquandò oriri possunt soni illi varii acuti harmonici, qui toties comitantur vocem cantantis hominis, & in choris perpetuò fere audiuntur, (§. 38.) ut observavit *Mersennus*.

§. 49. Sic sponte ducimur ad considerandum sonum reflexum, ejusque phaenomena. Unda sonora in obstaculum impingens, vi elasticâ ipsius aëris, non verò obstaculi, reflectitur, eodem modo ut unda aquæa reflectitur non vi elasticâ obstaculi, sed pressione aquae ad obstaculum elevatae. Hinc corpora sonum reflectere possunt, licet sonanti unisona vel harmonica non sint; imò licet ne quidem sint elastica, ut docet aqua planâ suâ superficie sonum reflectens, ut constat ex variis observationibus. Sic putei aquam continentis teste *Blancano* non tantùm reflectunt echus; sed saepè tam garruli sunt, ut immissae voci etiam submissae perbellè respondeant, vacuis multò vocaliores, & resonantiores. Narrat *Kircherus*, se observasse puteum in atrio palatii Vaticani, voces humanas etiam submississimas tam distinctè referentem, ut homines intùs latere jurares. Quod vox in cisternam aquam continentem immissa valdè intendatur, unicuique notum est. Asserit *Honoratus Fabri*, quod in ripâ fluminis positus loquentem ab alterâ ripâ, etiam submissâ voce, facile audiat. Juxta politam aquae superficiem sonus etiam quam optimè propagatur, & conservatur; undè testatur *du Hamel*, quod tormentorum & campanarum soni longè distinctiùs percipiuntur in fluminum ripis: affirmat *Croufaz*, quod sonus optimè conservetur, & deferatur secundum tranquillum lacum: refert *Schelhammerus*, quod tormentum bellicum in medio maris tranquillè explosum elegantissimè, & per diù resonet. Idem etiam fit juxta quascunque aequales & politas corporum superficies; undè, si superficièi concavae, circulari,

laevi, aliquis leniter quid infusurret, alter in omni hujus superficiæ puncto exactissimè illud percipiet, adstantes tamen alii minimè; ut Romae in cupola, ut appellant, Divi Petri *Schelhammerus*, & varii in similibus fabricis observarunt. Reflectunt undas sonoras alia corpora plus, alia minus. Optimè quidem omnia corpora elastica, valdè resistantia, plana, & laevia, ut glacies, marmor, &c. Hinc fit, quod tempore hyberno in ripâ conglaciati fluminis positus facilè audiat voces ab eo, qui est in alterâ ripâ, vel submissè prolatas. Sic etiam conclave, cujus parietes gypso vel calce tectoriâ probè obducti sunt & politi, maximè resonat propter soni maximam reflexionem, & ad concentum musicum aptissimum est. Corpora mollia, plumacea, flocculenta, sonum non reflectunt, sed suffocant; & sic hoc in casu idem praestant respectu radiorum phonicorum, quod corpora nigra respectu radiorum luminis. Ità parietes, lacunaria, & pavimenta, peristromatibus obducta, vix sonum reflectunt; hinc talia conclavia minimè resonant. Ità etiam in frequenti concione minùs sonora videtur vox concionantis. Ità ex medio foenili clamantes ad parvam distantiam aliquandò vix audiuntur. Ità arva, & in genere quaevis loca herbis obsessa minùs sonum reflectunt. Ipse etiam aër multâ cadente nive surdus dicitur, quia sonus obtunditur. Tempore nebuloso eadem vox etiam minùs sonora deprehenditur, ut varia observata docent; tunc enim ex observatione *Schelhammeri* sonus Sclopeti vix centum passus exaudiri potest. Si corpora reflectentia sint non tantùm elastica, sed sono excitato unisona vel harmonica; contremiscunt, & oriuntur phaenomena §. 48. & antecedentibus memorata, aut his similia. Ex dictis facilè liquet, cur omnia corpora plana & solida, ut muri domorum, maenia urbium complanata, rupes montium, &c. sonos reflectant, & echus reddant? est enim haec vocis repetitio nil nisi reflexus sonus separatim auditus, undè elegantissimè imago vocis à *Virgilio* dicitur. Ab arboribus, frondibus, virgultis, similibusque corporibus sonum reflecti, variae etiam docent observationes. Sic in sylvis multiplicatur sonus tubarum, sclopetorum, bombardarum; undè fit ille bombus, & diuturna obmurmuratio, quae ibi auditur. In sylvis inveniri saepissimè echus, unicuique notum est. De canis latratu à saltus arboribus multiplicato observatio videri potest apud *Sturmium*. Virgulta echum reflectentia observavit *Kircherus*, iis enim excisis disparuit echo. Dùm autem undae ab obstaculo reflectuntur, quae-

libet

libet lineae seu radii habent angulos reflexionis angulis incidentiae aequales, ut geometra facilè demonstrat, & quidem eodem modo, quo illud de corporibus in obstacula elastica impingentibus, vel de undis aqueis reflexis demonstratur: tuncque simul, ut etiam geometrae demonstrant, rectae erunt minimae omnium quae ab obstaculo ad bina puncta ad eandem parte obstaculi posita duci possunt. Hinc liquet, si perpendiculariter undae pars incidat in obstaculum, ad centrum sonorum eandem reflecti; nunquam verò si incidentia sit obliqua: undè patet, cur innumera objecta ad sonorum non reflectant echus, alia quidem? quod saepè mirantur ignari homines, ad has circumstantias non attendentes. Demonstratur etiam facillimè, quod pars objecti phonocamptici plani ad ipsum sonorum vel alium quemlibet sonum reflectens sit admodum parva; indè saepè parietes admodum exigui, aut corpora admodum parva, perfectè echus reflectunt. Liquet etiam, quod rotunda corpora convexa debeant dispergere radios phonicos, concava verò eosdem colligere. Sic si in centro sphaerae positum foret sonorum, omnis sonus ad centrum reflecteretur. Hinc non mirum, quod antiqua theatra, quae rotunda fuisse perhibentur, tam bellè resonantia fuisse dicantur. Liquet etiam, cur saepè dicamus, nos ibi sonos audire, ubi re verà non sunt? dùm scilicet accipimus sonum ab eo loco reflexum; referimus enim semper sonum illic, undè radii directè ad nos tendunt: tales deceptiones unusquisque in multis occasionibus experitur. Sic, si aliquis in scaphâ (quam belgae vocant *een Trekshuit*) ad clavum sedens voce, tibiâ, vel fidibus cantet; illi, qui intra scapham sedent, vix sonum ullum audiunt, dùm scapha transit apertos campos; satis intensum verò, si aedificia in ripis exstructa sint; sed tunc videtur sonus provenire ab ipsis aedificiis ibidem positis, quia indè reflectitur. Sonum reflexione in unum locum determinatum, collectum, fore intensiorem, satis manifestum est. (§. 43.) Ex hac causâ, immisso intra vacuum dolum, puteum, cisternam, similiaque angustiora loca capite, vox ita intenditur. Hinc sub dio in planitie apertâ omnia sunt minùs sonora, quam intra conclavis alicujus septa. Sic ambulantes per planities arenosas, ubi nulla sunt elevatiora loca, dùm loquuntur, tantùm mustitare videntur. Hinc etiam soni tonitruum, sclopetorum, &c. magis debiles sunt in montibus, quam in vallibus inter montes; & innumera alia. Radiorum autem determinatio dependet à figurâ & situ reflectentis, ut ea, quae in catoptricis demonstrantur, ad phonocamptin translata, evincunt.

§. 50. Liqueat ex dictis, (§. 49.) quod sonus, qui nostras aures percutit, non solummodo sit ille, qui directè à corpore sonoro ad nos pervenit; sed etiam qui à vicinis corporibus ad nos reflectitur. Licet autem ultimus ille plus spatii percurrat, adeoque plus temporis impendat, haec tamen differentia ob maximam soni velocitatem non est sensibilis auribus nostris, nisi distantia sit nimis magna. Sic sonus campanae percussae per tempus aliquod durans; etiam nobis videtur continuus, non interruptus; cum tamen sint innumeri ictus successivè appellentes, & ferientes tympanum nostrum, ob celeritatem, quâ si invicem insequuntur, non distinguendi. Sic titio circumrotatus ostendit menti circumulum ignitum, & trochus maculâ notatus circumulum coloratum, &c. Si verò illud tempus intermedium sensibile fiat auri, ita ut vox primaria & reflexa distinctè audiri possint, fit echo. Hoc ergo ut fiat, requiritur distantia satis magna; quae quanta esse debeat, ut brevissimus prolatus sonus reflexus distinctè audiri possit; determinari potest ex cognita sonorum velocitate, si minimum sensibile auri tempusculum determinatum sit; dimidium enim longitudinis, quam sonus in hoc tempusculo percurrit, erit distantia minima inter sonorum & reflectens, ut sonus primarius & reflexus distinctè audiantur, & sic fiat echo celerrimè & non nisi unam syllabam respondens. Hanc minimam distantiam variis experimentis institutis *Blancanus* invenit 24. passuum geometricorum, sive pedum 120: *Mersennus* eam vult 100 pedum: *Kircherus* mediam eligit 110 pedum. Haec autem satis crasse tantum per experimenta haberi potest; & variatur, variatâ soni velocitate. Hinc autem facillè liquet, quam ineptissima sit illorum sententia, qui putant nullas in aere fieri reflexiones, ne fieret echo. Cur in aedium cameris, & in locis omnibus talem distantiam non admittentibus, quidem sonus intenditur; sed nulla fiat echo? Cur paries, vel quodvis planum obstaculum nullam echum reflectat ad prope sitos; sed quidem ad illos, qui longius inde distant? Cur putei profundi admodum reddant echus; si verò aquâ sint pleniores, minimè, sed quidem intensior appareat immissa vox? & innumera alia his similia. Ex his etiam liquet, quod, quò major sit distantia inter sonorum & reflectens, eò major sit mora inter auditum sonum primarium & reflexum; hinc tantò plures syllabas tunc poterit repetere echo: suntque tempus, distantia, duratio repetitæ vocis, semper in eadem ratione propter soni velocitatem uniformem; (§. 42.) undè, uno

uno cognito, reliqua facilè determinantur. Sic potest semper echo repetere tot syllabas, quot distinctè pronunciarì possunt eo tempore, quo sonus potest percurrere duplam distantiam reflectentis à sonoro: & si illicò, ac loquens desinat, echo omnes syllabas repetat; distantia reflectentis à sonoro est $\frac{1}{2}$ illius spatii, quod sonus percurrere potest eo tempore, quod prolationi syllabarum est impensum: &c. Sic potest reddi integrum carmen hexametrum, si modò vox sit satis robusta, ut ex magnà distantia, qualis est necessaria, appellere in corpus reflectens, & indè redire valeat: dicit *Gassendus*, se observasse aliquandò redditos plures tubae sonos, quam necessariae syllabae fuissent ad versum hexametrum. Cùm sonus in suo progressu debilitetur, (§.44.) patet, sonum reflexum fore semper primario debiliorem; ut & debiliorem, si reflectens plus distet; contra, si minùs: hinc echus reflectentes plurimas syllabas sunt etiam debiles admodùm. &c. Si sonus eousque decrescat, ut amplius audiri non possit, ibi desinere dicitur, & dicitur ibi terminus potestatis ejus; distantia autem, quae est inter hunc terminum & centrum sonorum, dicitur linea actionis, quae varia est pro soni intensitate, vento, homine magis vel minùs acutè audiente, &c. variis: undè facilè liquet, maximam distantiam, è quâ vox reflexa à loquente audiri potest, esse circiter $\frac{1}{2}$ lineae actionis, posito quod radii sonori immutati reflectantur, ut plerùmque fit à corporibus elasticis; sed tunc simul echo erit omnium audibilium debilissima, & numerus repetitarum syllabarum maximus. Si nunc pronunciantur plures syllabae, quam ferat objecti phonocamptici à centro phonico distantia, syllabae primò reflexae jam perveniunt ad loquentem, antequàm loqui desinat; & hinc à voce primaria, fortiore, adhuc durante, suffocantur, & non audiuntur: eà verò cessante, reliquae distinctè audiuntur. Hinc liquet, cur echus videntur ut plurimùm tantùm ultimas syllabas repetere? Cur, quò propius ad reflectens accedas, pronunciatas iisdem vocabulis, eò pauciores syllabae repetantur, donec tandem tota echo dispereat; contra, si indè recedas? Cùm soni velocitas sit uniformis, (§.42.) etiam clarè patet, sonum in suo itu & reditu per eandem distantiam idem impendere tempus: undè liquet, sonum directum aequè citò audiri ex duplâ, ac audiatur sonus reflexus ex subduplâ longitudine, nisi forte variae factae fuerint reflexiones, antequàm sonus ad sonorum redeat, in quo casu tempus crescit in eadem ratione cum viâ percursâ, & fieri potuit, quod sonus directus audiretur citiùs ex duplâ

H

quam

quam echo ex subduplâ distantia, quod se observasse dicit *Mersennus*; illud autem in omni echo fieri, falsum est. Ex dictis etiam manifestum jam est, quod vox reflexa & directa sibi mutuò occurrentes, invicem non impediunt, nec perturbant in propagatione: nam si plures syllabae repetantur, quod saepè fit, priores jam reflexae occurrunt reliquis, dum adhuc directè propagantur; nulla verò fit perturbatio, omnes enim distinctè audiuntur. Idem observatur etiam in sonis directis, à partibus oppositis venientibus, se mutuò non destruentibus. Hinc undae aëriae se mutuò non perturbant: illudque etiam videmus in undis aqueis, excitatis in superficie stagnantis aquae, se mutuò non perturbantibus, dum juxta varias directiones moventur. Hinc liquet, quid judicandum sit de eorum opinionibus, qui volunt, echum tantum repetere ultimas syllabas, quia primae occurrentes directis destruantur: puteo non reflectere echus, nisi sub dio sint; quia binae reflexiones sibi contrariae, una ab aquâ ex puteo sursum, alia à tecto vel fornice deorsum versum, sibi mutuò occurrentes, se invicem turbant & destrunt: homines simul loquentes in partes oppositas, se mutuò audire non posse ob conflictum undarum se mutuò perturbantium: & in genere quosvis sonos oppositos se invicem impedire & turbare: similiaque alia; ipsâ enim experienciâ refelluntur.

§. 51. Ex his (§. 49. & 50.) intelliguntur praecipua, quae ad echus monophonas, & quidem monosyllabas, disyllabas, polysyllabas, pertinent. Facile etiam ex iisdem principiis deduci possunt illa, quae ad echus polyphonas spectant: haec enim fiunt, si dentur plura objecta phonocamptica, ad varias à centro sonoro distantias posita; vel etiam ex repetitâ reflexione, factâ à corporibus sibi mutuò oppositis, vicissimque reflectentibus sonum. Varia echus phaenomena apud auctores notata sunt, quae primò apparent satis mirabilia, sed ex dictis principiis & cognitis circumstantiis satis commodè deduci & explicari possunt. Sic de echo Altorsinâ, pro variâ à reflectente distantia reddente 3, 7, 9, 11 syllabas, annotationem vide apud *Sturmium*. Echum tranquillâ nocte 14 syllabas reddentem observavit *Mersennus*. De Echo in provincia Oxoniensi dicitur, quod tranquillo caelo 20 syllabas repetat. Echum triphonam annotavit *Pausanias*: talem etiam audivit *Cardanus*: tales saepè audiuntur, & in hac urbe talem inveni. Pentaphonam echum invenit *Blancanus*. Tetraphonam aut pentaphonam in Aegypti pyramidibus audiri, scriptores referunt. Heptaphonam in por-

porticu Olympiae pro miraculo nobis narrat *Plinius*: similis etiam fit mentio apud *Lucretium*. His autem multò mirabiliores echus fuerunt Ticinensis à *Cardano* descripta; Mediolanensis, quae auditur in villâ Simonetta, à *Blancano* & *Kirchero* descripta; illa quae in facello Carentonii prope Lutetiam audita est à *Verulamio*: hae enim ter decies & ampliùs, imò innumeris vicibus acceptas voces remittebant. Similem etiam Bruxellis se invenisse ter decies vocem acceptam reddentem, testatur *du Hamel*. Mirabilis etiam echo, varia admiranda phaenomena praebens, dependens à pariete reflectente circulariter concavo, prope Rothomagum invenitur: vide *Acad. Royal de Sciens. A. 1692*. Sunt multae adhuc aliae, quarum omnium causae physicae ex omnibus circumstantiis probè perspectis, & cognitis soni proprietatibus, deducendae sunt. Ex his ergò omnia, quae ad phonocampsin tam naturalem quam artificialem spectant, intelligi possunt. Elegantissimum praecedentis seculi inventum fuit tuba stentorea, quâ multùm augetur sonus, & tam longè deferri potest, quia undarum sonorarum partes reflexae colliguntur, uniuntur, ad parallelismum disponuntur, & sic minùs dissipatae, unitis viribus fortiores, longiùs deferuntur, & simul intensiorem sonum efficiunt. Horum autem instrumentorum proprietates ex cognitâ eorum figurâ, & notis curvarum proprietatibus, deduci & intelligi possunt. Sic si figura sit parabolae circa lineam axi ad distantiam $\frac{1}{2}$ partis pollicis parallelam rotantis, erit perfectissima: si enim fiat sonus in axe machinae, & foco parabolae, omnes undae ita reflectentur, ut quaevis harum partes motum acquirant axi machinae parallelum. Ope talium instrumentorum sonus ad ingentem distantiam deferri potest. Tubi sive canales simplices sonos integros, non dissipatos, mirificè conservant, propagant, & longissimè transmittunt. Sic experientia docet, canalem 200 pedum voces uni extremo immissas, licet submissas, distinctissimè reddere ex altero. Sic per canales 500 pedum & ampliùs voces immissae deferri; & ope talium canalium homines ad tantam distantiam colloqui possunt. Sic etiam canales ampli orificii sonum exceptum ex lato in angustum colligunt, & sic eundem mirè augent, ut unicuique satis notum: docet hoc clarè cornicula surdastrorum. Quid tubi cochleati praestent, etiam cognitum est, & satis patet ex iis, quae memorantur de antro Dionysii Syracusarum Tyranni. Mirabile apparet, quod vox audiri possit ad aliquam distantiam majorem, quae ad minorem non auditur;

quod tamen fieri potest ope concavi reflectentis sphaerici, vel parabolici, vel elliptici: radii enim directi nimis debiles ad excitandum sonum, reflexi, collecti, uniti, sonum audibilem in foco exhibent: idem fit, si sonus juxta politas corporum superficies deferatur. Innumera alia sunt machinamenta mirabilia admodum, quae nec compendio enarrari, nec hic pro dignitate explicari possunt, de quibus videndi sunt auctores, quorumque effectus exco- gnitâ fabricâ, & jactis his fundamentis, deduci & intelligi possunt.

§. 52. Praeter aërem alia adhuc sunt media, per quae sonus defer- tur. Tale enim etiam est aqua, ut docent urinatores, qui sub a- quis se sonos audire testantur. Sic hortulanus ille, de quo *Pe- rchlinus*, in aquas octodecim ulnas altas demersus, ibi campanas so- nantes licet obscurius audivit. *Digbaeus* se aquae immersum sonos in aëre editos licet obtusiores percepisse affirmat. Idem testantur natantes sub aquis demersi. Pisces audire sub aquâ testatur *Plinius*; & hodiè hoc constat, cum in quibusdam locis sono tintinnabuli, vel simili ad pastum vocentur. De piscibus sono capiendis va- riâ inveniuntur in variis *Actorum Lipsensium* locis exempla. Si etiam aquae immissa campanula agitetur, vel percutiatur, sonum edit, licet admodum obtusum, & eò quidem obtusorem, quò profundius immergatur; adeò ut si nimis altè immissa sit, ejus so- nus non amplius audiatur. *Gassendus* etiam exemplum habet uri- natoris campanâ urinatoriâ obvoluti, in aquas per decem orgyjas descendentes, ibique tormentorum ictus non amplius audientis. Ex quibus liquet, quod per aquam etiam propagetur sonus: & qui- dem, sive ad aquam sonus per aërem primò delatus fuerit, sive aqua ab ipso corpore sonante sonum acceperit; undè, si tam auditor quam sonorum corpus sub aquâ mergantur, percussi corporis sonus etiam audietur, si modò distantia non sit nimis magna. Quomodò sonus per aquam deferatur, & juxta quas leges, ignoro. Non enim fieri potest ope aëris aquae interspersi, hic enim ibi omnes dotes elateris amittit, saltem non exercere potest: nec etiam per alter- nam compressionem & relaxationem ipsius aquae, quia aqua, quan- tum experimenta docent, compressilis & elastica non est. Tamen videtur in aquâ motus quidam undulatorius fieri. Sic observavit *Kircherus*, quod, cum urinatores percuterent saxa submarina, ad sin- gulos ictus aqua perfectè in superficie crisparetur, non secus ac si vento tenui agigaretur; & post agitationem perciperetur sonus obtusior. Observavit praeterea crispationem majorem, si in loco aquae super-

superficii viciniore; minorem, si in profundiori; penitus evanescere, si in loco profundissimo cum aequali vehementia fierent ictus: idemque etiam verum esse de sono. Similem motum undalatorium observamus in aqua contenta in scypho vitreo, dum digito madefacto marginem ejus ambiente ad sonum sollicitatur (§. 30.) Dum autem corpora sonora in aquam merguntur, sonus eorum fit gravior (§. 28. & 30); & observavit *Mersennus*, quod sonus alicujus campanulae fuerit decima majore gravior in aqua quam in aere. Idem ille observavit etiam, quod in lacte & in oleo vix sensibilem ederet sonum campanula, licet malleus ad ejus labrum allideret; in vino vero satis sensibilem. An autem, & quomodo alia fluida sonos deferant, per experimenta indagandum est.

§. 53. Solida corpora etiam sonos deferunt, ut ex sequentibus evidens est. Si longae admodum trabis uni extremo auris applicetur, & alteri vel levissimus impingatur ictus, ilico ejus sonus percipitur; licet ille, qui prope trabem consistit, sed non applicata ad eandem aure, sonum non audiat. Si funi alligetur forceps, & funis extrema digitis circumducantur, hisque obturentur aures, & forceps allidatur duro corpori, v: gr: parieti; ingens, qualis est majoris campanae, sonus percipitur, quamvis ad circumstantium aures minimus tantum sonitus perveniat, ut vel pueris notissimum est. Si auris terrae, vel tympano terrae imposito admoveatur, equorum currentium, aut curruum, adhuc procul admodum verbi gr: per aliquot milliaria distantium, sonitus clare auditur; ubi, aure terrae non admotâ, nihil vel ab attendente percipitur. Si in recipiente clauso probe, sed non educto aere, agitetur campanula; sonus auditur, licet aer externus cum interiori nullam habeat communicationem, qui tamen educto aere non percipitur: transit ergo hic sonus per ipsum recipientem. Praeterea, licet educatur aer, si tantum campana ope funium alligata sit extremitatibus laminae aeneae ad instar gnomonis dupli inflexae, quae lamina cum orbe aeneo machinae pneumaticae cohaeret ope cochleae, tamen sonus auditur; & parva admodum est differentia inter sonos admissos & exhausto aere auditos. Ex his patet, quod sonus excitatus in quadam corporis solidi parte, per illud totum transmittatur; quod ab uno corpore solido in alia contigua transferatur, & ab iisdem in aërem; quod etiam ab allabente aere sonoro ipsa solida in se recipiant, deferant, iterum aëri communicent sonum. Hinc amplius mirum non est, quod, si quis longissimi baculi extremum mordi-

cùs teneat, obturatis auribus, sonum tamen audiat vel levissimè ictus alteri extremo impressi. Nec, quod à chordâ vel filo, dentibus prehensò, tensò, agitato, ingens percipiatur sonitus, quem adstantes minimè tam intensum audiunt. Nec, quod surdus sonum clavicymbali, aut alterius similis instrumenti, ope baculi ejus unum extremum clavicymbalo imponitur, percipere possit, si baculi illius alterum extremum dentibus prehensum teneat. Hic simul animadverti potest, non tantum sonum audiri posse, verum etiam distinctè omnes sonorum characteres distingui, ut demonstrat experientia. Idem etiam manifestum est ex *Schelhammeri* observatione, qui vidit hominem Musices peritum, qui in virili demùm aetate ità obsurduerat, ut nihil auribus, perciperet: tamen mediante baculo, ejus alterum extremum dentibus prehendebat, alterum illi instrumenti parti, cui chordae ultimò incumbunt, applicabat, quorumcunque instrumentorum chordas in justos suos tonos perfacilè & perfectè adaptabat, & sic sonos distinctissimè necessario percipiebat: undè, ipsos diversorum tonorum characteres etiam per ipsa solida deferri, liquidò constat. Hinc itidem liquet, quod, etiamsi in experimento *Kircheriano*, de quo supra §. 31. mentionem fecimus, nullus adfuisset aër, sed perfectum vacuum Torricellianum, tamen facilè audiri potuisset sonus: quid enim prohibet, sonum campanae percussae per filum, vel laminam, vel funem, quò suspendebatur ex vitro, & indè in aërem externum transferri? Quomodò sonus per solida deferatur, non difficilè dictu erit, si tantum in memoriam revocemus, quidnam sit sonus in solido corpore sonoro. Dùm enim ejus sonus consistat in motu tremulo minimarum partium (§. 22;) & motus hic per totum corpus propagetur, & communicetur omnibus minimis partibus, ut liquet ex eo, quod maxima incus ex levissimo mallei ictu in omnibus suis partibus contremiscat, ut incumbentia milii grana subsilientia demonstrant; quodque, in quocunque loco pulsetur cylindrus horizontaliter ope acuam ejus extremis infixarum suspensus, parva chartae frustula, ei diversis locis imposita, ad oculum tremant: quidnè motus sonorus uni extremo trabis inditus, propagabitur per totam trabem, & sic deferetur sonus? Quidnè hic tremulus motus, vel ab ipso solido sonoro, vel ab allabente aëre corporibus contiguis communicatus, per ea transmissus, erit soni vector? Nonnè in clavicymbalis, spinettis, chelybus, omnibusque similibus instrumentis, agitatatis chordis, etiam tabula lignea tremulum motum in suis partibus recipit? Et nonnè indè

de resonantia & bonitas instrumenti dependet? Ab aëre motum communicari posse solidis corporibus vicinis, ex dictis §. 45 — 48. satis patet. Sonum unicè consistere in tremulo minimarum partium motu, ejusque receptionem, propagationem, communicationem, tantum esse receptionem, propagationem, communicationem hujus motus tremuli, tam in solidis quam in fluidis, ex totâ hac dissertatione abundè patet. Hinc per solida corpora sonus non propagatur, quia aër fibris rectis aut rectâ meatuum serie conclusus, non diffusus, integris viribus defertur, ut quidam conjecturant: qui enim sunt pori, per quos transit aër, in vitro, in ligno, in metallis; certè tunc ex recipiente ope antliae pneumaticae nunquam aër educi posset. Non etiam quaedam materia subtilis, aut quaedam particulæ salinae, per solida sonum deferunt; quia hæc non sunt media, per quæ sonus defertur. (§. 31.)

§. 54. Ex his nunc facilè intelligitur, quomodò simplex chordarum sonus differat ab eo, qui auditur, dùm super instrumentorum tabulis tensæ agitantur? Cur eadem chordæ, eodem modo agitatae, sed diversis instrumentis applicatae, diversum in iis sonum excitent? quod experimur, si eadem chordæ tantum variis clavicymbalis, vel chelybus variis applicentur. Dùm enim tabulae lignæ (quam Belgæ vocant *de Zangbodem*) partes minimæ etiam tremulo motu agitentur, & resonent; & aër in cavis illis ventribus, quibus plurima chordis constantia corpora gaudent, vario modo agitetur & remugiat; sonus tunc minimè simplex, sed maximè compositus est, & varius pro variis partibus resonantibus, vario ligno, variâ crassitie hujus tabulae, & totius instrumenti constructione. Hinc, sæpè tanta in sono diversitas, pro materiae, ex quâ instrumentum constructum est, diversitate. Hinc fit, quod instrumentorum ejusdem generis unum tantò melius & resonantius sit alio. Hinc, suffocato tremore, adeòque sono chordæ, sonus in ipso instrumento adhuc aliquamdiù permanet, & auditur. Manifestum etiam est, quam compositus & minimè simplex sit sonus iste, quem nos audimus, dùm chorda, vel campana, vel aliud sonorum corpus agitetur: est enim aggregatum omnium sonulorum excitatorum à tremoribus singularum minimarum partium; sonulorum omnium a corporibus vicinis reflexorum, concurrentium; sonulorum omnium corporum harmonicorum contremiscentium, & resonantium; quibus in instrumentis chordis constantibus adjungitur sonus omnis resonantis tabulae lignæ, excitatus à tremoribus particularum ejus: qui omnes
so-

soni juncti formant unicum apparentem nobis simplicem sonum, constantem variis etiam diversis tonis, qui omnes etiam uniti apparent nobis, quasi forent unus simplex tonus, dum plerumque harmonici sint inter se, & dissonantes ita à reliquis suffocentur, ut audiri non possint, quod in organis quam optimè observari potest, ubi homines solo aurium judicio ducti illud fecere. Ex his autem pleraque sonorum phaenomena satis commodè deduci & intelligi possunt; quare necessum est, ut his, quae limites inauguralis dissertationis jam excedunt, tandèm optatus imponatur

F I N I S.

A N N E X A.

I.

Philosophum decet potius liberrimè fateri ignorantiam, quam fictas obtrudere hypotheses.

II.

Hinc, damnatâ fingendi libidine, Physicus observare debet corporum proprietates, effectus; & ex iisdem collectis, certis, castissimè rationando, rerum causas investigare.

III.

Aedèque Physico utilis & necessaria est Mathesis.

IV.

Castà haec Physica, omnium certissima, à bono Medico abesse non potest.

V.

Est enim tota scientia Medica tantùm Physica corporis humani.



