

## Caput III.

### De pulsuum successione atque radiis lucis.

#### §. LIII.

**H**actenus unicum tantum pulsam, eumque primum, qui a corpore vibrante medio elastico imprimitur, sumus contemplati; ita ut medium, antequam nunc pulsam accepisset, in perfecta statuatur tranquillitate. Post primum ergo pulsam, cum jam medii status æquilibrii sit perturbatus, effectus sequentium vibrationum definiri nequit, nisi prius ostendatur, in quonam statu medium a pulsibus antecedentibus sit relictum. Vel enim partes medii, dum secundum impulsam sustinent, jam se iterum ad statum æquilibrii composuerunt, vel adhuc in quapiam agitatione persistunt: si prius eveniat, secunda vibratio atque etiam quælibet sequentium, medium eodem prorsus modo ad motum ciebit, quo prima, atque pulsus a sequentibus vibrationibus orti pari velocitate propagabuntur: sin autem posterius locum haberet, pulsus sequentes longe aliter se habituri essent, atque priores, eoque magis perturbari deberent, quo plures jam antecessissent.

§. LIV. Medio autem elastico a prima vibratione certa motus seu virium quantitas imprimitur, quæ cum quaqua-  
versus ad maximam distantiam diffundatur, & perpetuo eadem quantitas conservari debeat, fieri certe non potest, ut  
in

in particulis, per quos pulsus jam transiit, motus perseveret. Hoc enim modo a vi admodum exigua, quæ primam impressionem effecit, motus maximus produceretur, quod cum principiis motus nullo modo consistere posset. Ex quo sequitur, quam primum pulsus ex quovis loco ad sequentia fuerit progressus, tam ibi quam in omnibus locis præcedentibus particulas fluidi elastici in statu quietis & æquilibrii relinqui.

*Tab. V.* §. LV. Hoc etiam ex ratiocinio ante adhibito luculenter sequitur. Posuimus enim elapso tempore  $t$ , postquam pulsus punctum B attigerat, spatium  $Bb = a(1 - \cos mt)$ , per quod id interea a vi pulsus sit præmotum: unde constat punctum B per datum tantum spatium de loco suo naturali depelli, ad quam maximam distantiam pertinet; elapso tempore  $t = \frac{\pi}{m}$  denotante  $\pi$  angulum  $180^\circ$ , quo fit  $\cos mt = -1$  &  $Bb = 2a$ . Dehinc rursus ad locum suum naturalem revertetur, quem attinget elapso tempore  $t = \frac{2\pi}{m}$ , ibique ejus celeritas erit nulla. Unde quia in eundem statum, in quo initio versabatur, redit, nullamque novam impressionem a tergo recipit, penitus quiescet. Videtur quidem expressio  $Bb = a(1 - \cos mt)$  perpetuam puncti B agitationem innuere: at probe notandum est, calculum tantum proxime ad veritatem accedere, neque propterea nimis longe extendi posse.

§. LVI.



§. LVI. Clarissime autem hoc evincit experientia sonorum: constat enim a corda vibrante totidem vibrationes in aures deferri, quot aëri sint impressæ; hincque perspicuum est, pulsus a vibrationibus sequentibus excitatos ab antecedentibus non impediri. Deinde etiam statim atque cordæ motus vibratorius sistitur, subito quoque perceptio soni cessat, ita ut ultima vibratio, postquam pulsus ab ea excitatus organum auditus excitaverit, nullam agitationem in aëre relinquat, quæ sensus movere possit. Si igitur tale medium elasticum unicam vibrationem sustineat, pulsus inde ortus ubique in spatio datae magnitudinis continebitur, atque data cum celeritate propagabitur, ita ut medium extra eum locum, ubi pulsus quovis momento haret, ubique in statu quietis reperiatur.

§. LVII. Nisi igitur secunda vibratio citius insequatur, quam vicinæ mediæ particule iterum in statum naturalem pervenerint, ea perinde ac prima medium in statu tranquillo inveniens pulsum excitabit & propagabit eadem celeritate; idemque usu veniet in tertia & sequentibus vibrationibus. Ad punctum ergo O totidem pervenient pulsus, iisdemque temporis intervallis a se invicem distincti, quot in initio impressæ fuerint vibrationes: hoc tantum discrimine, quod singuli pulsus tanto tardius ad O appellant, quantum tempus requiritur ad spatium ab initio A usque ad O absolvendum: sic si in initio centum vibrationes medium uno minuto secundo percusserint, eaque æquis a se invicem intervallis  
*Euleri Opuscula.* C c distent,

distent, ad punctum O quoque uno minuto secundo centum pulsus eodem ordine deferentur; sed hoc eveniet tanto elapso tempore, quantum ad spatium AO consiciendum requiritur.

§. LVIII. Quia ergo quælibet vibratio in medio elastico perinde pulsum generat, ac si esset solitaria, neque vel aliz antecesserint, vel aliz sequantur; medium elasticum ad omnis generis vibrationes, sive sint magis sive minus frequentes, recipiendas æque erit accommodatum; dummodo vibrationes non sint adeo frequentes, ut pulsus inter se confundantur. Ita novimus sonos gravissimos, qui dato tempore pauciores pulsus per aërem transmittunt, æque propagari atque acutissimos. Neque ergo ipsæ mediæ elastici particule motum vibratorium recipiunt, quem ob vim suam elasticam retinere & continuare queant, sed quælibet particula a quovis ictu quasi unicam agitationem recipit, quæ diutius non durat, quam pulsus transeat, & penitus cessat, antequam pulsus sequens appellat.

§. LXI. Hanc cujusque mediæ elastici indolem pressius inculcare necesse erat, quoniam Vir Cæleb. De Mairan aliam longe diversam opinionem tænet. Statuit enim unquamque mediæ elastici particulam tanquam cordam tensam, ad certum tantum motum vibratorium recipiendum esse aptam, ita ut, nisi corpus tremulum simili motu vibratorio cœatur, ea particula prorsus non afficiatur. Hinc in aëre ad omnis generis sonos explicandos, omnis quoque generis particulas, quæ ratione elateris inter se discrepent, contineri  
 existi-

existimat, atque cujusque soni propagationem ita exponit, ut non omnes aëris particulae, sed eae tantum, quae ad similem motum vibratorium sint instructae & quasi consonae, incitentur, reliquis tranquillis manentibus. Ita ut si ejusmodi sonus edi posset, qui in aëre particulas consonas non inveniret, is prorsus propagari, ideoque exaudiri nullo modo posset.

§. LX. Nostra quidem theoria jam ita videtur confirmata, atque cum ad explicationem phaenomenorum progrediemur, ita extra omnem dubitationem collocabitur, ut inconvenientia istius novae sententiae satis perspiciatur. Interim tamen ne ullus dubio locus reliquatur, annotari conveniet, hujusmodi medium, quod ex particulis tam diversis elasticitatis gradibus praeditis sit conflatum, nullo modo consistere posse. Particulae enim, quae reliquis magis essent elasticae, sese expandendo vimque suam elasticam diminuendo ceteras comprimerent, neque ante haec mutua actio cessaret, quam omnes ad eundem elasticitatis gradum fuissent redactae. Ex quo perspicuum est tale medium, quale Vir Celeb. concipit, nullo prorsus modo existere posse.

§. LXI. Deinde etiamsi existentia hujusmodi medii concedatur, tamen per eam id, quod intenditur, minime obtinebitur. Cum enim quaelibet particula non ab infinitis aliis, sed paucis tantum, puta 13, si sint aequales & rotundae, immediate tangatur, atque harum particularum ratione elasticitatis innumerabiles dentur diversae species, non solum eadem

particula ab alia ejusdem indolis non tangetur, sed plerumque ingens intervallum inter binas consonas proximas erit interjectum, quo casu, quomodo altera ab altera moveri possit, concipi nequit; propterea quod intermediae dissonæ immotæ manere statuuntur. Sin autem hæ simul impellerentur, nulla esset ratio, cur & hæ non quoque suum motum vibratorium aliis sibi consonis inducerent, sicque perpetuo omnes seni simul audirentur.

§. LXII. Ut autem id, in quo tota hujus doctrinæ vis est posita, paucis attingam, fieri nullo modo potest, ut particula quantumvis elastica fluido elastico quasi infinito cincta, si ad motum impellatur, motum oscillatorium recipiat. Quoniam enim motum suum cum particulis adjacentibus communicat, hæque eum ulterius transferunt, ille motus statim extingui debet, neque motui penduli oscillatorii similis esse poterit, quod nulla obstacula offendit. Quin potius talis particulae motus comparari debet cum motu penduli, quod in fluido æque gravi & denso versatur, tale autem pendulum nequaquam oscillationes ordinatas absolvet. Hac igitur idea eversa nostra theoria eo firmiter consistet, unde naturam radiorum, uti in æthere existunt, diligentius sum examinaturus.

Tab. V.  
Fig. 5.

§. LXIII. Sit igitur in A ejusmodi corpus, quod motu suo tremulo in æthere pulsus excitet, ac primo quidem sint istius corporis vibrationes isochronæ, quarum uniuscujusque tempus sit  $= \theta$ , eodem autem tempore pulsus in æthere propagetur per spatium  $= c$ . Pulsus ergo a prima vibratione

tione excitatus, dum vibratio secunda fit, erit in  $Bb$ , ita ut sit  $AB = c$ , elapso autem tempore  $2\theta$ , duo in aethere pulsus  $Bb$  &  $Cc$  existent, quorum hic primæ vibrationi, ille vero secundæ originem debet, ita ut sit  $AB = BC = c$ . Simili modo post tempus  $6\theta$ , primus pulsus pervenerit in  $Gg$ , secundus in  $Ff$ , tertius in  $Ee$ , quartus in  $Dd$ , quintus in  $Cc$  & sextus erit in  $Bb$ , atque singula intervalla  $AB$ ,  $BC$ ,  $CD$ ,  $DE$ ,  $EF$  &  $FG$  inter se erunt æqualia &  $= c$ . Hinc ergo intelligitur, quomodo post quodvis tempus pulsus in aethere sint dispositi, & quomodo se invicem continuo ulterius inæquantur. Qui uti æqualibus intervallis inter se distant, si vibrationes corporis in  $A$  fuerint isochronæ, ita inæqualiter a se invicem erunt remoti, si vibrationes non sint isochronæ.

§. LXIV. Cum pulsus ubique eadem celeritate progrediantur, secundum arcus circulares, quorum centrum est in puncto  $A$ , incurvabuntur, quemadmodum in figura sector circularis  $GAG$  portionem aetheris hujusmodi pulsibus excitatam representat. In hoc ergo sectore qualibet linea recta  $AG$  per centrum  $A$  ducta exhibebit radium lucis, qui propterea omnes pulsus normaliter secat, atque ubique in pulsibus agitatio particularum fit secundum directionem radiorum. Hinc radiorum directio ex positione pulsuum est æstimanda, ita ut, si pulsus in  $G$  organum visus afficiat, radius lucis secundum directionem ad pulsuum  $GG$  normalem advenisse judicetur. Radii ergo in aethere catenus tantum existunt, quatenus lineæ rectæ ad pulsus normales ibi concipi-

untur: quia autem pulsus secundum hanc ipsam directionem agunt, & progrediuntur, eo ipso radiorum effectus percipitur & intelligitur.

§. LXV. Præter directionem radiorum autem, secundum quam sensus visus excitatur, in ipsis imprimis pulsuum frequentia est consideranda, quippe quibus duabus rebus natura cujusque radii continetur. Ubi enim pulsus appellant, atque organum visus afficiunt, quoniam sensus ab ictibus pulsuum excitatur, perceptio a duabus rebus pendeat: primum scilicet a directione, secundum quam isti ictus perficiuntur, tum vero a numero ictuum, qui dato tempore oculum percutiunt. Manifestum autem est, ubicunque oculus fuerit constitutus, totidem ictus ad eum pervenire, quot vibrationes corpus in A eodem tempore absolverit. Assumimus hic vibrationes has esse isochronas: quod si autem inæqualibus temporis intervallis edantur, tum insuper hæc ipsa intervallorum inæqualitas novum discrimen in radiorum constitutionem inferet.

§. LXVI. Ex ipsa autem celeritate pulsuum eorumque frequentia, quæ ex numero vibrationum dato tempore editarum æstimatur, distantia pulsuum, seu intervallum  $c$ , quod bini pulsus proximi a se invicem distant, definiiri potest. Ponamus enim quemvis pulsuum uno minuto secundo ad distantiam  $= a$  propelli, atque corpus in A uno minuto secundo absolvere  $i$  vibrationes, erunt singula intervalla AB, BC, CD, &c. seu quantitas  $c = \frac{a}{i}$ . Cum autem supra inventa

inv  
for  
dif  
in  
int

æq  
in  
qui  
de  
terv  
rabi  
por  
difi  
nut  
radi  
que  
cion  
crep  
ex n

pulsi  
sequ  
Rati  
cum  
men



inventa fit celeritas soni ad celeritatem lucis ut 5 ad 3112343, sonus autem uno minuto secundo per spatium 1040 ped. diffundatur, erit distantia  $a = 647367344$  ped. unde etiamsi in A adeo 1000000 vibrationes absolverentur, distantia tamen inter duos pulsus proximos sexcentos pedes superaret.

§. LXVII. Prouti igitur pulsus vel æqualibus vel inæqualibus intervallis inter se distant, radios distinguemus in simplices & compositos. Simples scilicet erunt radii, qui ex pulsibus æquidistantibus oriuntur, ac quorum proinde ictus successivi in organum visus æqualibus temporis intervallis se invicem excipiunt; hujus generis porro innumerales dantur species pro ictuum numero, qui dato tempore in oculum irruunt: sic cujusque speciei natura aptissime definietur per ictuum numerum, qui verbi gratia uno minuto secundo absolvuntur. Aliter enim sensus afficietur a radio, qui oculum millies uno minuto secundo percutit, atque aliter a radiis, qui eodem tempore vel plures vel pauciores ictus invehunt: simili scilicet modo hi radii inter se discrepabunt, quo soni graviores & acutiores, quorum ratio ex numero vibrationum dato tempore editarum dijudicatur.

§. LXVIII. Radios autem compositos vocamus, qui pulsibus constant. non æqualibus temporibus se invicem insequentibus, seu qui oriuntur a vibrationibus non isochronis. Ratio hujus appellationis, quæ minus congrua videri queat, cum nulla compositio hic appareat, tum isto nititur fundamento; quod hoc genus radiorum priori, cui nomen a simplicitate

plicitate petitum imposuimus, tanquam oppositum spectamus, tum vero, ne diversitate verborum a Newtono recedamus. Revera autem, si duo pluresve radii simplices in unum coalescant, similem fere effectum, atque radius compositus, producent; quemadmodum consonantia plurium sonorum sensum auditus æque afficit, ac si una corda motu tremulo non uniformi ciceretur. Hujus autem generis radiorum compositorum infinities plures dantur species, quam prioris, cum hic tam intervalla pulsuum ipsa, quam eorum inæqualitas discrimen inferat.

§. LXIX. Mox autem ostendemus radios, quos hic vocamus simplices, in organo visus sensum eorundem colorum excitare, quos Newtonus simplices appellare solet, & qui in iride spectantur. Radii vero compositi eos colores, quos Newtonus vocat compositos, representare docebuntur. Quin etiam, etsi hujusmodi radii ab unico motu vibratorio oriri possunt, tamen ii per refractionem ita distorquentur, ut plures radios simplices exhibeant; quam proprietatem Newtonus radiis tantum compositis tribuit. Naturam ergo radiorum tam simplicium quam compositorum penitus inspicere licebit, cum refractionis rationem explicaverimus, cui negotio sequens capus est destinatum. Hic autem ostendisse sufficiat, omne radiorum discrimen tum in pulsuum se invicem insequentium intervallis, tum in ratione æqualitatis vel inæqualitatis & ordinis, quem inter se tenent, esse possum.

§. LXX. Moneri hic quoque posset, vim seu violentiam,

tiam, qua mediis elastici particulae in pulsibus agitantur, discrimen in radiorum indole creare posse: nullum enim est dubium, quin organum visus a pulsibus violentioribus fortius incitetur, quam a debilioribus. At vero hoc modo radiorum natura immutari nequit; aequae parum atque soni, qui ratione intervallorum pulsuum conveniunt, inter se discrepare judicari solent, etiamsi alii sint aliis fortiores. Idem quoque experientia luculenter testatur; constat enim radium simplicem, verbi gratia rubrum perpetuo, utcumque diversimode infringatur, eundem colorem rubrum representare. Nemo autem dubitabit, quin in transitu per media refringentia vis agitationis in pulsibus haud mediocriter imminuatur. Totum itaque discrimen hinc oriundum in eo constabit, quod color ruber magis minusve vivide exprimitur, qua differentia natura coloris non immutari judicatur.

## Caput IV.

### De reflexione & refractione radiorum.

#### §. LXXI.

**C**um leges reflexionis corporum elasticorum satis superque sint explicatae ac demonstratae, reflexio radiorum nulla laborat difficultate; sive enim radii lucis ex corporibus lucidis actu ejaculentur, sive per medium elasticum propagentur, eorum reflexio aequae facile intelligitur. Requiritur scilicet ad hoc superficies elastica, ad quam