



1746

Nova theoria lucis et colorum

Leonhard Euler

Follow this and additional works at: <https://scholarlycommons.pacific.edu/euler-works>

 Part of the [Mathematics Commons](#)

Record Created:

2018-09-25

Recommended Citation

Euler, Leonhard, "Nova theoria lucis et colorum" (1746). *Euler Archive - All Works*. 88.
<https://scholarlycommons.pacific.edu/euler-works/88>

This Article is brought to you for free and open access by the Euler Archive at Scholarly Commons. It has been accepted for inclusion in Euler Archive - All Works by an authorized administrator of Scholarly Commons. For more information, please contact mgibney@pacific.edu.

NOVA THEORIA LUCIS & COLORUM.

Caput I.

De Visione in genere.

§. I.

Omnem sensationem fieri per contactum, quo in nostro corpore mutatio quaedam producatur, tam ratio quam experientia ita dilucidè docet, ut nullum amplius dubium superesse possit. Cum enim corpus nostrum ita sit comparatum, & in eum finem a Sapientissimo Creatore destinatum, ut anima ex impressionibus, quæ in eo contingunt, de statu rerum extra nos positarum judicare possit; nullum corpus externum nobis cognoscere licet, nisi quatenus ab eo in nostro corpore mutatio quaedam efficiatur. In tactu quidem & gustu objecta non solum nobis proxima, sed quæ etiam horum sensuum organa immediate contingant, sentimus; per odoratum vero corpora aliquantum remota sensum nostrum afficiunt. Auditus autem se ad corpora multo magis remota extendit, sonumque per satis notabile spatium percipit. At vero visus beneficio objecta maximo etiam intervallo a nobis distita cernimus & cognoscimus.

*Tabula
V. VI.*

§. II. Quemadmodum corpora, quæ sensoria nostra immediate tangunt, impressionem seu mutationem quandam in iis faciunt, non difficulter intelligitur. Verum quo pacto corpora a nobis remota nos afficere queant, diligentius est examinandum. Duplici autem modo hoc fieri posse mox deprehendemus: vel enim ab his corporibus effluvia emanant, atque sensuum nostrorum organa feriunt: vel in circumjacentibus corporibus ejusmodi motionem excitant, quæ ad nostros sensus usque per omnia corpora intermedia propagatur. Priori modo sensatio nostra absolvitur in odoratu, quippe quo particulae subtiles ex corporibus olentibus evolantes nares nostras perstringunt. In auditu autem nihil ex corporibus sonoris ad aures nostras perferri certum est, sed inde motus quidam tremulus per aërem & alia corpora interposita usque ad organum auditus propagatur, qui in nobis sensum soni efficiat.

§. III. Quod autem ad visum attinet, naturæ scrutatores nondum omnes inter se conveniunt, neque adhuc firmiter evictum videtur, utrum sensus visus per effluvia, quæ a corporibus spectabilibus in oculos nostros incurrant, excitetur, uti fit in olfactu? an vero uti in auditu motio quædam cum corporibus continguis communicetur, atque sic pedetentim ad oculos nostros transferatur. Neutonus, qui hanc de visione doctrinam amplissimis inventis locupletavit, & quasi ad summum perfectionis gradum evexisse videtur, priorem sententiam tueretur, & statuit radios visivos ex sole aliisque

alii
visi
&
atq
ad

ce
de
da
pi
cu
m
p
n
a
n
f

f
c
y

aliisque

aliisque corporibus lucidis indefinenter effluere, atque adeo visum simili modo, quo olfactum, absolvi. Cartesius autem & plerique alii Philosophi alteram sententiam amplectuntur, atque lumen simili modo quo sonum a corporibus lucidis ad nos usque propagari volunt.

§. IV. Cum igitur hæc quaestio, antequam quicquam certi in hac amplissima Physicæ parte invenire liceat, decidi debeat, argumenta, quæ ad utramque sententiam confirmandam afferri solent, sedulo perpendamus, quo facilius, utraque probabilior sit judicare possimus. Quamvis enim summum cujusque theoriæ firmiter in perfecta omnium phenomenonum explicatione, quam deinceps sum traditurus, sit positum; tamen ne dubitatio in ipso limine concepta animum lectoris ditius ambiguum teneat, operam dabo, ut alteram sententiam, qua visio instar auditus per propagationem absolvi statuitur, non solum altera magis probabilis, sed etiam veritati prorsus consentaneam ostendam.

§. V. Ac primo quidem, cum natura in translatione sonorum nullis effluviis utatur, sed ob majores distantias, ad quas effluvia vix penetrare possent, alterum propagationis modum sequatur, verisimillimum videtur, cum lumen ad distantias incomparabiliter majoris diffundatur, naturam ad hunc scopum obtinendum multo minus effluvia esse adhibeturam. Tum vero inter auditum & visum ubique tanta regnat similitudo, dum contra ratio videndi olfactui est dissimillima, ut lucis diffusio multo magis propagationi sonorum

rum similis sit censenda, quam dispersioni odorum. Interim tamen hoc argumentum, etsi non parum habet roboris, iis, qui contrariae opinioni sunt addicti, vix attentione dignum videri solet: quamobrem ipsa fundamenta, quibus hi suam sententiam confirmare conantur, potissimum erunt examinanda ac labefactanda.

§. VI. Praecipuum autem argumentum pro vera luminis ex corporibus lucidis emanatione probanda ex inconvenientia spatii ubique pleni peti solet. Quemadmodum enim sonus nonnisi per spatia vel aëre, vel aliis corporibus repleta transmitti potest, ita quoque si lumen a sole stellisque fixis simili modo, quo sonus, ad nos propagaretur, universum spatium nos inter ac solem stellasque fixas materia quadam subtili repletum statui oporteret. Quae cum non possit nullam resistantiam motui planetarum & cometarum objicere, Neutonus cum nullam retardationem in his corporibus deprehendere potuerit, caelos omnis resistantiae expertes atque adeo vacuos statuere est coactus; sicque systema Cartesii, qui nullum vacuo locum reliquit, vehementissime oppugnavit.

§. VII. Ad hoc argumentum, quod plerisque Neutoni sectatoribus omni exceptione majus videtur, primum animadverto, ipsos hoc modo vacuum tuendo male sibi constare, atque adeo sibi ipsos contradicere. Cum enim radii luminis sint effluvia corporea ex sole atque stellis fixis perpetuo emanantia, necesse est ut universum spatium hujusmodi effluviis continuo sit plenissimum; quoniam nusquam

ne

ne punctum quidem concipere licet, ad quod non indefinenter infinita radiorum multitudo tam ex sole quam ex stellis penerret. Hincque ergo fit, ut dum isti Philosophi spatium mundi ab omni materia purgare conantur, iidem hoc spatium radiorum materia plenissimum efficiant.

§. VIII. Neque igitur id assequuntur, quod tamen imprimis intendunt, ut planetae & cometae nullam resistantiam offendentes nihil de motu suo amittant. Si enim omne medium corporeum resistantiam parit, necesse est, ut ista quoque radiorum lucis materia, quae omnia spatia cumulatiflime adimplet, motui illorum corporum quodammodo resistat. Sin autem hanc resistantiam tam exiguam putent, ut non nisi post plurimum seculorum decursum effectus fiat sensibilis, hoc ipso contrariam sententiam impugnare cessant. Dum enim concedunt motus planetarum & cometarum in spatio non vacuo tales, quales observantur, subsistere posse, eodem jure materiam illam subtilem, per quam lumen ad similitudinem soni propagetur, agnoscere debebunt, dummodo ejus resistantia non statuatur major, quam observationes permittunt.

§. IX. Praeterea vero secundum Newtoni sententiam radii lucis non solum universum mundi spatium penitus implebunt, sed etiam motu perniciosissimo permeabunt. Si enim lumen a sole intervallo 8 minutorum primorum ad nos perveniat, atque perpetuo eadem celeritate progredi pergat, rapidissimus motus, quo ista materia jugiter omnia mundi

spatia percurrit, omnem imaginationis vim superat. Hinc cum initio celos vacuos & tranquillos statuere voluerint, nunc non solum plenos, sed etiam in statu perturbatissimo constitutos agnoscere debent, atque adeo vix concipi poterit, quomodo fiat, ut motus planetarum & cometarum inde non admodum sensibilibus perturbarentur.

§. X. Aliud autem argumentum magis mathematicum summus Newtonus ad similitudinem propagationis luminis ac soni refellendam in Principiis affert. Sub finem libri secundi ubi propagationem pulsuum per medium elasticum exponit, hujusmodi pulsus non solum circumquaque a corpore tremulo diffundi oportere ostendit: sed etiam cum per foramen in conclave sine ingressi, affirmat eos quoque ad latera divergere atque ad omnes conclavis angulos penetrare debere. Propterea quod quilibet medii elastici particula, quando in statum majoris condensationis sit reducta, non solum sese secundum eam plagam, unde erat compressa, restituat, sed etiam particulas vicinas quaquaversus ad motum impellat. Cum igitur radii lucis in conclave per foramen intromissi objectum in una tantum directione repraesentent, neque id ubique in conclavi depingant; hinc concludit radios lucis non eo modo, quo ante propagationem pulsuum per medium elasticum exposuerat, diffundi.

§. XI. Neque vero hinc recte colligitur, diversissimam esse rationem propagationis luminis ac soni. Nam si hunc casum probe perpendimus, ne sonus quidem in conclave

per

per foramen intronissus, a sua primitiva directione tanto-
 pere diffundi totumque conclave adimplere deprehenderet.
 Certum quidem est hoc casu sonum in omnibus conclavis
 angulis aequali fere vi exrudiri, quod in lumine secus eve-
 nit; sed hinc nondum evincitur sonum a foramine per to-
 tum conclave dispergi, quod ita ostendo. Corpus sonorum
 perpetuo in ea directione judicamus, unde pulsus seu radii
 quasi sonori nostras aures percipiunt, atque vicissim isti pul-
 sus ex ea directione ad nos pertingere censendi sunt, ubi
 corpus sonorum existere judicamus. Jam vero nemo in
 angulo conclavis sedens corpus sonorum in ipso foramine
 collocatum judicabit, quod tamen fieri deberet, si sonus a fora-
 mine per totum conclave dispergeretur: ex quo luculenter
 sequitur, ne sonum quidem, postquam per foramen in con-
 clave est ingressus, inde secundum omnes directiones diffundi.

§. XII. Deinde etiam sonum non ideo in singulis con-
 clavis angulis audiri, quod pulsus per foramen ingressi un-
 dique diffundantur, hinc manifesto colligere licet, quod etiamsi
 foramen obtureretur, sonus nihilo minus ubique in conclavi
 fere aequo fortis audiat. Perceptio ergo soni non foramini
 debetur, multoque minus ejus dispersioni, postquam per
 foramen fit ingressus; quin potius hinc uti ex plurimis aliis
 observationibus cognoscimus, sonum per ipsos conclavis pa-
 rietes penetrare, atque ob hanc causam sensum auditus ex-
 citare. Parietes scilicet atque muri respectu sonorum similia
 sunt corpora, atque vitrum aliaque corpora pellucida respec-
 tu

Etu luminis. Similique modo sonus in conclavi ubique exte-
dicur, quo lumen quoque in conclavi, cuius omnes parietes
essent pellucidi, ubique cerneretur.

§. XIII. Casus igitur iste a Newtono effatus nihil pro-
fus confert ad dissimilitudinem inter propagationem lucis &
diffusionem sonorum probandam. Nam ut utrinque par re-
tio fuisset, pro sono ejusmodi conclave eligere debuisset,
cujus parietes sono non fuissent pervii; ita ut sonus quoque
nonnisi per foramen in conclave introitum habuisset. Hu-
jusmodi scilicet conclave requireretur ad judicandum, utrum
sonus postquam per foramen est ingressus, in omnes plagas
diffunderetur an non? Tale autem conclave parare som-
nopere difficile videretur, ita ut hoc pacto questio vix un-
quam decisionem sit impetratura. Interim tamen hinc tan-
tum constat, istud argumentum plus ponderis ad evenien-
dam eorum sententiam, qui lumen simili modo quo sonum
per medium quoddam elasticum propagari statuunt, non
habere, quam id, quod primo loco est commemoratum.

§. XIV. Quamvis autem talis conclavis, quale descri-
psimus, constructio vires humanas proorsu superaret, tamen
asseverare ausim, experimentum ex voto successurum, so-
numque in huiusmodi conclavi in ea solum directione, unde
venerat, sensum auditus esse excitarurum; similemque omnino
futurum esse eventum ei, qui in radio lucis per foramen
in cameram obscuram intromisso observari solet. Si enim
sonus se in tali conclavi ad latera diffunderet, ob eandem
quoque

quoque rationem sese in aëre ubique quaquaversus
 dispergere deberet, quod cum in casu posteriori non evenit,
 ne in priori quidem, etiamsi experimentum infirmere non
 liceat, fieri poterit. Videmus enim in aëre aëre sonum a
 corpore sonoro undique secundum lineas rectas propagari,
 neque usquam ad latera deflecti. Cuius propagationis quae-
 cumque sit causa, necesse est, ut eadem quoque progressio-
 nem soni in concludi ante memorato moderetur.

§. XV. Contra hanc quidem animadversionem excipi
 potest, quod, cum aëre sonus circa corpus sonorum
 quaquaversus diffundatur, atque pulsus in aëre secundum
 omnes directiones propellantur, in quovis loco pulsus vicini
 impediant, quo minus quisque pulsus sese ad latera expan-
 dat. Verum cum experientia teste pulsus diversorum sono-
 rum se mutuo non perturbent, sed singuli sepe per eandem
 aëris particulam in sua quisque directione propagentur; non
 liquet, quomodo uniuscuiusque pulsus vis se restituendi ad
 latera a pulsibus contiguis coerceri possit. Quodsi ergo
 ejusmodi ideam propagationis pulsuum in medio elastico no-
 bis fingamus, quæ cum phaenomenis radiorum locis confi-
 dere nequeat, hoc ipso ista theoria propagationi soni adver-
 sabitur, atque adeo a veritate abhorrens erit censenda.

§. XVI. His igitur duobus principalis fundamentis sen-
 tentiæ Newtonianæ, quæ radii lucis instar effluviarum ex cor-
 poribus lucidis emanare statuantur, everfis, difficultates sum-
 mas, quibus hæc sententia laborat, praeis quoque comme-
 more-

moremus, quæ quidem ita sunt comparatæ, ut nusquam tam dilutæ, quam auctoritate allatorum argumentorum ob-
rutæ videantur. Cum igitur his argumentis omnis vis sit
adempta, tantum adest ut istæ difficultates tolerari queant, ut
potius huc sententiæ omnem verisimilitudinis speciem detra-
hant. Quodsi radii lucis tamquam flumen continuum ex
sole emanent, necesse est, ut materia solaris inde detrimen-
tum quodpiam patiatur, quod quamvis ob tenuitatem radio-
rum, quam fere in infinitum diminuere licet, quovis mo-
mento minimum concipiatur, tamen longo temporis tractu
fieri omnino non potest, ut jactura non notabilem totius
solis partem constituat, id quod sequenti modo dilucide
ostendi potest.

§. XVII. Quoniam radii e sole emanantes continuo di-
vergent, eorum densitas decrescet in ratione duplicata di-
stantiarum a sole. Ponamus ergo densitatem radiorum in re-
gione terræ se habere ad densitatem materiæ, ex qua ipse sol
constat uti * ad 1. Si jam radii a sole ad terram intervallo
* minutorum pertingere statuuntur, atque Parallaxis solis ho-
rizontalis 13'' assumatur, jactura, quam materia solis singulis
minutis secundis patitur, secundum raritatem radiorum in
regione terræ volumen implebit 10000000000 cubicorum
radiorum terræ. Cum igitur volumen solis æquetur 1849880
cubicis radiis terræ, detrimentum, quod sol singulis minutis
secundis ob effluxum radiorum patitur, se habebit ad rotam
solis massam ut 54000 * ad 1.

§. XVIII.

qui
ria
par
tun
inc
Sci
uni
170
rui
cul
me
rar
ter
ho

rai
ve
no
tui
fec
ph
tal
Q
cc
vi

§. XVIII. Si ergo materia radiorum in regione terræ quin quagies quater millies tantum rarior esset quam materia solis, unico minuto secundo universus sol in radios diffunderetur. Cum igitur ne plurimis quidem seculis detrimentum sensibile statui possit, necesse est ut raritas radiorum incomparabiliter minor sit, quam quinquagies quater millies. Scilicet si universa materia solis per 1 exponatur, erit jactura uno die facta = 4665600000 n, & unius anni jactura = 1704110400000 n; unde intervallo quinquies mille annorum jactura solis debebit esse = 8520552000000000 n, quæ cum vix sensibilis esse queat, oportet numerum n ad minimum centies majorem esse quam 8520552000000000, unde raritas radiorum in regione terræ circiter ad densitatem materiz solaris se habere deberet ut 1 ad 10000000000000000 hoc est ut unitas ad unum trillionem.

§. XIX. Etsi non ignoro, patronos emanationis radiorum in magnitudine hujus stupendi numeri nihil absurdi invenire, tamen non dubito, quin ob hoc ipsum ista opinio non parum de sua probabilitate apud æquos judices sit amissura. Interim tamen hoc argumentum ulterius non urgeo; sed hoc nullo modo mihi explicabile videtur, quomodo duo pluresve radii ex diversis regionibus tam incredibili celeritate sibi occurrentes se mutuo in motu non perturbent. Quando enim plurimi radii sive per minimum foramen in conclave obscuratum introgrediuntur, sive ope speculi vel vitri caustici in focum collecti se mutuo decussant, nulla

Z 2

pror.

prorsus alteratio in singulorum directione percipitur, cum tamen omnino fieri non possit, ut non frequentissimæ simulque vehementissimæ collisiones eveniant. Hocque argumentum maximam vim habere videtur ad istam opinionem funditus evertendam.

§. XX. Deinde etiam, si radii lucis tanta rapiditate e sole effluerent, natura corporum diaphanorum aliter explicari non posset, nisi in iis meatus rectilinei radiis transitum concedentes statuatur. Cum autem radii secundum omnes directiones per corpora pellucida transire posse observentur, necesse esset, ut hæc corpora quaquaversus secundum lineas rectas essent perforata, ita ut in iis nulla linea recta concipi queat, quæ non simul in hujusmodi meatu sit posita. Hinc nequidem materia ullum locum, ubi consistat, hæcque corpora constituat, invenire, atque adeo nullo modo inter se coherere posset; nam utcumque horum corporum materia disposita concipiatur, fieri omnino non poterit, ut secundum omnes prorsus directiones meatus existere ac patere queant.

§. XXI. Plures aliæ difficultates, quibus tam hæc opinio ipsa in se spectata, quam explicatio phaenomenorum refractionis & colorum inde petita premitur, commemorari possent; sed quoniam primaria, quibus ea innititur fundamenta sunt eversa, ei refutandæ non ulterius immoror. Maximum enim firmamentum theoriæ, quam hic sum expositurus, non tam in refutatione contrariæ sententiæ, quam

in

in summo consensu meæ explicationis cum omnibus phænomenis querendum videtur. Patebit autem hanc theoriam non solum cum experientia perfectissime conspirare, sed etiam nullis incommodis atque dubiis circa constitutionem corporum ullum locum relinqui; eamque adeo secum tam egregie constare, ut simplicitati naturæ convenientissima ac dignissima videatur.

§. XXII. Lumen igitur ante omnia simili modo quo sonum per medium quoddam elasticum ope pulsuum propagari statuo; atque cum sonus potissimum per aërem diffundi solet, lumen per aliud quoddam medium elasticum, quod non solum atmosphæram nostram, sed etiam universum mundi spatium, quo ultimæ stellæ fixæ a nobis distant, impleat, propagari assumo. Cum enim lux a stellis fixis usque ad nos perveniat, quæcunque radiorum lucis sit causa, necesse est, ut vastissimum hoc spatium materia quadam subtili sit repletum; atque ut lumen per eam simili modo, quo sonus per aërem transmitti possit, opus est ut ista materia subtilis summa elasticitate sit prædita, quæ proprietas simul plurimis aliis corporum phænomenis explicandis inter-
vire potest.

§. XXIII. Hoc igitur medium, per quod lumen undique diffundi pono, non erit diversum ab eo, quod apud philosophos ætheris nomine consideratur; quare uti sonus per aërem, ita simili modo lumen per ætherem propagatur. Est ergo æther fluidum subtile elasticum, quod omnia loca



in mundo ab aliis corporibus relicta adimplet; perinde atque ær circa terram in omnia loca, quæ ab aliis corporibus relinquuntur, penetrat. Utrum autem æther sicut ær gravitate sit præditus hic non definitio: interim tamen verisimillimum videtur, ipsam gravitatis causam in æthere esse querendam, ideoque ætherem ipsum gravitate omni carere. Ipsa autem explicatio phænomenorum lucis pleniorum naturæ ætheris cognitionem nobis suppeditabit, quæ in universa physica eximium usum habere, atque aditum ad profundissima naturæ mysteria aperire queat.

§. XXIV. Dum igitur organum sensus a corpore remoto mediante fluido quodam seu alio corpore idoneo interposito excitatur, tres res erunt perpendendæ. Primo scilicet in ipso corpore, ex quo radii visum efficientes originem habent, cujusmodi insit motus, ostendi debet. Deinde explicari oportet, cujusmodi inde mutatio in medio interjecto oriatur, & quomodo ea ulterius ad sensoria nostra usque propagetur. Tertio vero quamnam impressionem ipsum sensus organum hinc recipiat, & quemadmodum sensatio & objecti repræsentatio perficiatur, exponendum erit. Primum ergo contemplari oportebit objectum visus, unde radii ad nos usque transmissi sensum efficiunt; secundo formatio & propagatio radiorum; ac tertio impressio, quæ in organo sensus excitatur, demonstrari debet.

Caput II.

D

igitur
longi
in
effe
dis
bul
net
ten
star
intu

for
guc
stat
que
cul
ran
fit

Caput II.

De formatione ac propagatione pulsuum.

§. XXV.

Cartesius universum mundi spatium, per quod radii lucis propagantur, globulis suis secundi elementi repletum statuerat, eosque perfecte duros fecerat. Cum igitur per experientiam constet, si series hujusmodi globulorum in altero termino percutiatur, puncto temporis idem in ultimum globulum transferri; simili modo radios lucis efformari existimavit. In sole enim aliisque corporibus lucidis ejusmodi perpetuam partium agitationem ponit, qua globuli secundi elementi continuo impellantur, atque impressionem in instanti ad longissima intervalla transferant. Tum temporis enim nondum erat compertum, lucem non in instanti, sed simili modo quo sonum, certo tempore per datum intervallum propagari.

§. XXVI. Si hoc phaenomenum Cartesio innotuisset, fortasse globulos suos secundi elementi inter se non contiguos, sed quam minimis intervallis a se invicem remotos statuisset, ut quilibet, antequam proximum attingeret, per quoddam spatium promoveri debuisset, sicque non difficulter successivam lucis propagationem explicavisset. Verum tamen haec explicatio alia maxima difficultate laborat, qua fit ut ea nullo modo admitti possit. Ut enim haec propa-
gatio

183 184 185

gatio secundum lineas rectas fiat, necesse est ut globulorum, per quos impulsus communicatur, centra sint in directum posita. At vero principiis geometrix repugnat, plures globulos ita disponi, ut secundum quamque directionem eorum centra sint in lineis rectis constituta.

§. XXVII. Hac igitur explicatione repodiat in ista investigatione tutissime versabimur, si ad soni propagationem attendentes similem lucis propagationem concipiamus. Propagatur autem sonus potissimum per aërem, qui est fluidum elasticum, quod non solum ingenti vi sese expandendi est præditum, sed etiam a quovis impulsu ad majorem condensationis gradum comprimi potest. Eiusdem indolis ergo ætherem quoque concipi conveniet, ita ut per eum lumen simili modo quo sonus per aërem propagari censendum sit. Quamobrem explicatio radiorum lucis ab indagatione naturæ fluidorum elasticorum pendebit, quæ materia cum in mechanica sit investigata difficillima, operam dabo, ut, quemadmodum per huiusmodi fluida pulsus producantur & propagentur, utcumque intelligatur.

Tab. V.
Fig. 1.

§. XXVIII. Quoniam ex natura soni novimus, in aëre pulsus excitari a corporis cuiuscunque motu vibratorio, simili quoque modo in æthere cunctisque aliis mediis elasticis eiusmodi pulsus generari recte concludimus. Quo igitur facilius huiusmodi pulsuum formationem repræsentare, & quemadmodum ii per medium elasticum ulterius transferantur, intelligere queamus, sit E A F corpus quasi corda vibrans, quæ in punctis E & F fixa ad A usque diducatur, in quo statu omnes

415 185 586

omnes medii elastici particulae in recta AO sive naturali densitate atque elasticitate gaudeant. Cum primum autem corda in A dimittitur, dum ea excursionem suam usque in E & F absolvit, punctum A medii particulam adjacentem in a usque promovebit, atque adeo particulas medii ultra a positas magis condensabit; propterea quod particulae, quae ante per lineam AO erant distributae, nunc in spatium minus a O sunt redactae.

§. XXIX. Perspicuum autem est, cum corda in situm E & F pervenerit, medii elastici particulam a in statu maximae condensationis versari, ideoque majori elasticitate praeditam fore, quam reliquas particulas versus O sitas. Ultra a ergo condensatio particularum continuo decrescet, neque tamen ob elasticitatem non infinitam condensatio in infinitum usque interea pertingere potuit. Ponamus igitur effectum vibrationis sese ad B usque extendisse, ita ut, cum particulae a condensatione sit maxima, sequentium particularum condensatio continuo fiat minor, donec in B sit densitati naturali aequalis: ultra B autem ad O usque omnis fluidi elastici materia adhuc in statu naturali tam densitatis quam elasticitatis versetur.

§. XXX. Jam sive corda in situ E & F permaneat sive recedat particula a, quoniam sequentibus majorem habet elasticitatem, sese expandet, & sequentes impellendo magis condensabit. Hoc modo densitas in a continuo decrescet, donec in statum naturalem restitatur: particula autem B impulsam non solum comprimetur, sed etiam promovebitur

per spatium quoddam Bb , ita ut in b nunc maxima compressio reperiat. Interea autem, dum particula B in b transfertur, sequentes particulae quoque magis ultra statum naturalem condensantur, quae mutatio se usque ad C extendat. Deinde simili modo, dum particula in b se relaxabit, punctum C ulterius promovebitur in c , hincque condensatio seu pulsus ulterius in D propagabitur; Atque hoc modo impulsus initio in A factus continuo ulterius propagabitur, donec tandem ad ultimum terminum O peringat.

§. XXXI. Hinc igitur apparet statum maximae compressionis, qui post cordae vibrationem erat in a , successive in loca ulteriora per lineam AO propagari; sique per singula puncta intermedia ad O usque transferri. Quamdiu ergo iste pulsus ab a ad O transmittitur, series particularum medii elastici in linea AO non erit in aequilibrio, sed alicubi dabitur particula reliquis magis compressa ac propterea magis elastica. Particulae autem utrinque adjacentes minus erunt compressae, atque ista compressionis inaequalitas ubique se non ultra datam distantiam extendet. Si enim uti ostendimus maxima compressio sit in puncto b , sequentes particulae ad C usque justo plus erunt compressae, quae autem ultra C sunt sitae, ea in statu naturali versabuntur: simili quoque modo retrorsum a b materia ad datam tantum distantiam extra statum naturalem reperietur, siquidem nulla nova cordae impulsio insequatur.

§. XXXII. Dum itaque unus pulsus a cordae vibratione
per

per intervallum A ortus propagatur per spatium $A O$, non simul ubique materia subtilis agitur, sed continuo impulsus perpetuus tantum in certa magnitudinis loco incit, extra quem materia elastica utrinque sit in æquilibrio & in statu naturali. Locus autem iste, in quo status æquilibrii est sublatu, proprie pulsus vocari solet; atque ideo quicunque pulsus concitus ulterius continetur, & quasi unda in superficie aquæ ita progreditur, ut ipsa materia non una simul devehatur, sed tantum status majoris compressionis per singulas partes successive transmigret. Interim tamen quælibet particula, dum pulsus in eo loco hæret, aliquantulum motu vero procedet recedetque; quem motum a motu ipsius pulsus probe distingui convenit.

§. XXXIII. Pulsus ergo quovis momento in linea $A O$ certum quoddam spatium occupabit, in quo mediæ elasticæ particule in statu præternaturali sint constitutæ, ita ut extra hoc spatium particule mediæ naturalem densitatem & elasticitatem teneant. In ipso igitur pulsu particule mediæ in continuo erunt agitatione; dum enim alie se retrahunt, alie magis condensantur & aliquantulum promovebantur, hincque ipse pulsus ulterius transferetur. Quamobrem isti explicatio duabus constabit partibus, in quarum altera ipsa pulsuum promotio, in altera vero particularum, in quibus pulsus hæret, agitatio definiatur. Fieri quidem posset, ut uterque motus esset maxime perturbatus; ut cum agitatio particularum pro nostro negotio sit minima, universus motus mox se ad legem quamdam uniformem componet; cuiusmodi

modi uniformitatem natura in omnibus motibus minimis
constanter affectare solet.

§. XXXIV. Non solum igitur veritati consentaneum
videtur, progressionem pulsum esse uniformem & æquabi-
lem, sed etiam experientia nos docet, sonum per ætrem motu
æquabili proferri. Quare cum difficillimum sit tam promo-
tionem pulsum, quam particularum agitationem ex solis
principiis mechanicis a priori determinare, nostram investi-
gationem non mediocriter sublevabimus, si cum Newtono
assumamus, motum pulsum esse uniformem, & cujusvis
particulæ in pulsu agitationem similem esse motui penduli
minimas oscillationes absolventis. Tum enim ex principiis
mechanicis non solum nobis ostendere licebit, hujusmodi mo-
tum subsistere posse, sed etiam ejus quantitas & vera pul-
sum celeritas assignari poterit.

§. XXXV. Methodus igitur, qua ad hoc negotium
expediendum utemur omnino erit singularis, dum partim
conjectationi partim certis mechanicæ principiis innititur.
Conjectatione enim, quam quidem experientia confirmat,
jam quasi cognitum assumimus, qualis futurus sit tum motus
pulsum, tum agitatio interna particularum. Theoria autem
cum hac conjectura conjuncta primum quidem declarabit
ejusmodi motum in fluido elastico inesse posse: præterea
vero densitas & elasticitas materiæ subtilis ipsam speciem
& magnitudinem hujus motus generatim assumti indicabit.
Eandem viam ingressus est summus Newtonus in evolutione
propositionis XLVII libri II Princ, ubi quoque celeritatem
motus

motus pulsuum per fluidum elasticum definitis, hincque propagationem soni derivavit; atque hoc artificio investigationem alias difficillimam ad finem perduxit.

§. XXXVI. Vestigia itaque Acutissimi Viri sequentibus primum ejus enodationem difficillimam hinc quaestiois, in prop. XLVII lib. II. pertractatae, quae plerisque non parum obscura videri solet, illustrabo, atque deinceps ad praesens institutum accommodabo. Sint igitur AB & BC duae particulae minimae fluidi elastici in linea recta AO sitae, quae adhuc in statu naturali versentur. Ponatur $AB = BC = c$, sitque densitas naturalis fluidi elastici $= D$, & vis elastica $= F$. Aequetur autem haec vis elastica ponderi cylindri, cujus altitudo $= k$, & qui repletus sit materia gravi & aequae densa, ac est ipsum fluidum elasticum. Etsi enim aether sit gravitatis expers, tamen materiam gravem concipere licet, cujus densitas aequalis sit densitati aetheris: eritque ergo vis elastica $E = Dk$, denotante Dk pondus cylindri, cujus altitudo $= k$ & densitas $= D$.

Tab. V.

- 18. 2.

§. XXXVII. Ponamus jam praesenti instanti pulsuum ad punctum B appulisse, atque adeo hoc punctum nunc primum ad motum incitari incipere. Propagetur autem pulsus per spatium $AO = a$ tempore T , ideoque pulsus ad punctum C pertinet elapso tempore $\frac{c}{a} T$; punctum A autem jam ad motum incitari coepit ante tempus $\frac{c}{a} T$. Elapso au-

tem, postquam pulsus punctum B attigerat, tempore t , ponamus punctum B per agitationem translatum esse in punctum b ; & cum motus hic puncti similis sit motui penduli minimas oscillationes peragentis, erit spatium Bb proportionale sinui verso cujusdam anguli, qui tempori t est proportionalis, sic iste angulus $\equiv m t$, ac ponatur $Bb \equiv a \sin m t \equiv a (1 - \cos m t)$.

§. XXXVIII. Quoniam vero singulae particulae, postquam ad motum impelli ceperunt, simili modo moventur, punctum A, quod jam per tempus $t + \frac{c}{a} T$ impulsum sustinuit, nunc reperietur in a , ut sit $Aa \equiv a (1 - \cos m (t + \frac{c}{a} T))$. Punctum autem C, cujus motus per tempus $t - \frac{c}{a} T$ duravit, translatum erit in c ut sit $Cc \equiv a (1 - \cos m (t - \frac{c}{a} T))$. Hinc itaque erit $ab \equiv Bb + AB - Aa$, & $bc \equiv Cc + BC - Bb$, ideoque:

$$ab \equiv c + a \cos m (t + \frac{c}{a} T) - a \cos m t$$

$$bc \equiv c + a \cos m t - a \cos m (t - \frac{c}{a} T)$$

$$\text{seu } ab \equiv c - a \cos m t + a \cos m t \cdot \cos \frac{m c}{a} T - a \sin m t \cdot \sin \frac{m c}{a} T$$

$$\& bc \equiv c - a \cos m t + a \cos m t \cdot \cos \frac{m c}{a} T - a \sin m t \cdot \sin \frac{m c}{a} T.$$

§. XXXIX.

mo
gnit
qua
quo
 $\frac{m c}{a}$
 $\frac{a m}{2 a}$
T T
 $\frac{D c}{a b}$
fiat
bc
fus
 $\frac{D c}{a a}$
fcre
for
elaf
 $\frac{a m}{a a}$

§. XXXIX. Cum agitationes particularum in pulsu perpendiculari statuuntur minimae, intervalla ab & bc quam minime a magnitudine naturali $AB = BC = c$ discrepabunt, hinc erit a quantitas respectu c valde parva. Et cum intervallum c sit quoque minimum, erit $\cos \frac{mc}{a} T = 1 - \frac{mmcc}{2aa} TT$ & \sin

$$\frac{mc}{a} T = \frac{mc}{a} T. \quad \text{Unde fit } ab = c - \frac{amc}{a} T \sin ms -$$

$$\frac{ammcc}{2aa} TT \cos ms; \quad \& \quad bc = c - \frac{amc}{a} T \sin ms + \frac{ammcc}{2aa}$$

$$TT \cos ms. \quad \text{Densitas ergo particulæ } ab \text{ erit } = \frac{AB}{ab}. \quad D =$$

$\frac{Dc}{ab}$ & vis elastica, quæ in mutationibus minimis rationem densitatum sequitur, erit $= \frac{Ec}{ab} = \frac{Dck}{ab}$. Simili modo particulæ

bc densitas erit $= \frac{Dc}{bc}$, & vis elastica $= \frac{Dck}{bc}$. Hinc excessus vis elastice in ab supra vim elasticam in bc erit $=$

$$\frac{Dck(bc-ab)}{ab \cdot bc} = \frac{Dck}{ab \cdot bc} \frac{ammcc}{aa} TT \cos ms.$$

§. XL. Quia vero intervalla ab & bc quam minime discrepant ab eorum magnitudine naturali c , tuto in presentis formula pro ab, bc scribere licebit cc . Quo facto excessus vis elastice particulæ ab supra vim elasticam particulæ bc erit $=$

$$\frac{amm}{aa} Dck TT \cos ms, \text{ hæcque erit vis, quæ punctum } b \text{ ulterius}$$

terius

terius versus O impellitur; & quæ ejus motus accellerat. Ad celeritatem autem puncti b , quæ versus O progreditur, inve- niendam, quæritur differentiale spatii $Bb = a(1 - \cos ms)$ quod est $= am ds \sin ms$; hocque divisum per elementum temporis ds dabit celeritatem $= am \sin ms$, quæ sit debita altitudini v ; ita ut sit $Vv = am \sin ms$ & $v = a^2 m^2 (\sin ms)^2$.

§. XLII. Inventa celeritate puncti b , quæ communis erit om- nium punctorum particulæ ab , ejus incrementum, dum pun- ctum b per spatium $am ds \sin ms$ progreditur, ex vi impel- lente $\frac{am^2}{aa} Dck TT \cos ms$ definiri potest. Cum enim massa particulæ ab sit $= Dc$, erit ex principiis mechanicis $Dc. dv = \frac{am^2}{aa} Dck TT \cos ms. am ds \sin ms$. At est $dv = 2a^2 m^2 ds \sin ms. \cos ms$, quo valore substituto prodibit hæc æquatio.

$$2a^2 m^2 Dc ds \sin ms. \cos ms = \frac{a^2 m^2}{aa} Dck TT ds \sin ms. \cos ms;$$

unde elicitur $2 = \frac{kTT}{aa}$ & $\frac{a}{T} = V \frac{k}{2}$. Exprimi au- tem $\frac{a}{T}$ celeritatem, qua pulsus propagatur, quæ ergo tanta est, quanta per lapsum corporis gravis ex altitudine $\frac{k}{2}$ ge- neratur.

§. XLIII. Ex densitate igitur & elasticitate medii deter- minatur celeritas pulsuum, indeque definiri potest, quanto tempore

tempore datum spatium conficiatur. Ipsa autem agitatio singularum particularum in pulsu non determinatur, quia litterae, α & β e calculo exierunt, atque adeo indeterminatae manent. Pendebit scilicet agitatio particularum ubique in pulsu a motu fluido elastico primum impresso, qui qualiscunque fuerit, perpetuo sibi similis conservatur. Unde intelligitur, quomodocunque initio fluidum a corda aliove corpore fuerit percussum, sive fortius sive debilius, pulsus tamen nihilominus eadem celeritate propagari; quippe quae a sola licera k seu ab elasticitate ad densitatem applicata pendet. Hoc ipsum quoque experientia constanter testatur, quae soni fortissimi, uti tormentorum, eadem celeritate propagari observantur, ac soni maxime debiles.

§. XLIII. Hinc, cum aeris tam densitas quam elasticitas sit cognita, celeritas pulsuum in aere excitatorum atque adeo celeritas, quo sonus propagatur, assignari poterit. Si enim elasticitas aeris ponderi columnae mercurialis 30 digitos altae aequalis est, quia mercurius ratione gravitatis specificae se habet ad aquam uti 13593 ad 1000 & aqua ad aerem secundum Newtonum ut 870 ad 1 vis elastica aeris aequalis erit ponderi columnae aerae, cujus altitudo = $30 \cdot 13,593 \cdot 870$ digit. anglicorum, hoc est 29565 ped. Angl. seu 28678 Ped. Rhen. Hinc erit $k = 28678$ ped. Rhen. & $\frac{1}{2}k = 14339$ Ped. Corpus autem ex tanta altitudine delapsum acquirit celeritatem, qua singulis minutis secundis percurrere valet spatium 947 ped. Rh. seu 975 ped. Angl. Newtonus autem, quia assumit mercurium se habere ad aquam ut 13 $\frac{1}{2}$ ad 1, invenit spatium 979 ped. uno minuto secundo absolvendum.

§. XLIV. Quamvis autem experientia maiorem soni celeritatem indicet, quippe qui constat sonum minuto secundo spatium 1100 pedum circiter percurrere, tamen quocumque huius discrepantiae sit causa, dubitare non licet, quin celeritates pulsuum per diversa media elastica propagatorum inter se teneant rationem subduplicatam a'itudinum k . seu cum sit $k = \frac{E}{D}$, erit in quovis medio elastico celeritas pulsuum in ratione subduplicata composita ex directa elasticitatis & inversa densitatis medi. Ceterum quia supra in expressione vis elasticæ $\frac{Dc(kc - ab)}{ab \cdot bc}$, loco $ab \cdot bc$ posuimus cc , qui valor iusto est maior, vim elasticam assumimus nimis parvam, quæ si aliquantillum maior statueretur, prodest hic quoque maior pulsuum celeritas; unde manifestum est, theoriam ipsam cum experientia magis conspirare, quam conclusionem vero tantum proximam inde deductam.

§. XLV. Quenquam methodus, quæ hic post Newtonum sum usus, est indirecta, atque a perfecta theoria pulsuum in fluido elastico propagatorum longissime remota, tamen inde celeritates pulsuum, qui in diversis mediis elasticis excitantur, recte inter se comparari poterunt: propterea quod ipsa pulsuum celeritas non pendet ab agitatione particularum, ad quam determinandam principia adhuc cognita mechanica fortasse non sufficiunt. Quare cum celeritas soni seu pulsuum

um in aere excitatorum sit cognita, eadem pro omni alio medio elastico, cujus tam densitas quam elasticitas respectu aeris est nota, assignari poterit. Si igitur ponamus aethere μ vicibus rariorem, & ν vicibus magis elasticum aere, erit celeritas, qua pulsus in aere propagantur, ad celeritatem qua pulsus in aethere propagantur ut 1 ad $V \mu \nu$.

§. XLVI. Si ergo valores litterarum μ & ν essent cogniti, celeritas luminis seu pulsuum in aethere excitatorum inde possit definiri. Cum autem neque densitas aetheris neque elasticitas etiam nunc ex experimentis colligi poterit, celeritas autem luminis satis exacte sit cognita; hinc vicissim valor formulæ $V \mu \nu$, atque ideo insignis aetheris indoles cognosci poterit. Lumen autem a sole ad nos pervenire observatum est intervallo circiter $8'$ & quia sonus intervallo $1''$ conficit spatium 1040 ped. Paris. ideoque tempore $8'$ spatium 500000 ped. paris. circiter: celeritas soni se habebit ad celeritatem luminis uti inter aliam 500000 ped. paris. distantiam terræ a sole, eandemque rationem tenebit 1 ad $V \mu \nu$.

§. XLVII. Assumamus semi-diametrum terræ = 19615791 ped. Paris. & posita parallaxi solis horizontali $1''$ fiet distantia terræ a sole = 15866 semid. terræ = 311234300000 ped. Hinc itaque erit:

$$1: V \mu \nu = 5: 3112343$$

ergo $V \mu \nu = 622468$, unde reperietur

$$\mu \nu = 387457100000.$$

B b :

Si

33

196

34

Si ergo raritas aetheris esset cognita, simul constaret, quoties eius elasticitas esset maior, quam elasticitas aëris: atque vicissim ex aetheris elasticitate concludi posset eius densitas. Quoniam vero in motu planetarum plurimum seculorum spatio nulla sensibilis motus diminutio observatur, necesse est, ut densitas aetheris sit quam minima ac fortasse plus quam 100000000 vicibus minor, quam densitas aëris.

§. XLVIII. In dissertatione sequente de relatione motus planetarum a resistenti aetheris oriunda hoc argumentum fusius discussi, ostendique ut planetarum motus ab omni sensibili perturbatione salvari possint, sufficere si densitas aetheris 397367100 vicibus minor statuatur aëre; neque etiam observationibus vis inferatur, si ea adhuc nobilior major statuatur. Hinc ergo pro elasticitate aetheris vis remanet ad minimum milies minor quam aëris elasticitas aëris, nihilque obstat, quo minus ea his vel etiam ter milies major assumereetur. Tanta etiam vis elasticitatis abunde sufficiens videtur omnibus phaenomenis, quae vulgo vi elasticæ aetheris adscribuntur, explicendis, cuiusmodi sunt durities corporum, eorumque elasticitas.

§. XLIX. Quod enim ad duritiem corporum attinet, ex experimentis vim elasticam aetheris, si non exacte definire, tamen limites assignare poterimus, quos certe faceret. Eligatur enim corpus durissimum, ex eoque fabricetur cylindrus tenuis, cuius basis verbi gratia sit scrupulum quadratum pedis

dis rhenani seu $\frac{1}{1000000}$ ped. quadr. & curritur pondus, quo iste cylindrus in directam praerectam directus fuerit, quod pondus sit = P libr. Cum jam per hanc aërem in hanc basin aëretur pondus voluminis aëris $\frac{1}{1000000}$ pedum cubo-

rum, et valeat $\frac{2117}{1000000}$ libr. Quare cum P aëris sit vis elasticæ ætheris, erit vis elasticæ ætheris et minimum $\frac{100000}{214} P$ visus minor, quam elasticæ aëris; & eadem pondus P in hâc experietur.

§ L. Partibus aëris hâc generis experimentis examinatis elasticitas ætheris minimum nullam esse potest, quam elasticitas aëris, sed perperam multa minus. Sed vero adhiberi fuerunt corpora duriora, necesse aëre in eam basin praerectam seorsum erexit, sed in eam aërem partem, que ipsi est inter L. Quamobrem visus hâc a minor quam 1000 aëris non potest: per hanc aërem = 1000 fiet $n = 187167100$ sed fore aërem, quem minimum quocumque in indagatione motus planetarum a reflexione ætheris perturbari adhiberi, ostenditque inde minime elasticam resultare non posse, ut observari non avertentur.

§ LL. Ex his igitur intelligitur, quod ætheris partibus in æthere fermentis & ad longissimas distantes praerectur. Simili enim modo, visus in aëre, & a corpore re-

B b 3

mulo percutiatur, pulsus excitantur & propagantur, ita quoque ad pulsus in æthere excitandos necesse est, ut is alicubi a quapiam vi percutiatur, ibique de statu æquilibrii deturbetur; sic enim sublatio æquilibrii pulsus efficit, qui sese quaquaversus ulterius propagabit: eodem nimirum modo secundum omnes directiones, quo id secundum unam evenire debere ostendimus. Atque hujusmodi pulsus ad oculum usque propagatus nervos simili quodam modo afficiet, sicque sensum visus excitabit. Quanquam autem ad hoc successio frequentissima pulsuum requiritur, tamen ex effectu uniuscujusque conectorum effectus judicari debet.

§. LII. Deinde etiam vidimus pulsus, postquam semel est formatus, in directum promoveri, siquidem medium fuerit uniforme; unde simul rectitudo radiorum lucis intelligitur. Ipsa autem pulsuum promotio oritur ab agitatione particularum mediæ elasticæ, ubi pulsus versatur, quæ cum ubique secundum determinatam directionem vergat, pulsui secundum eandem plagam motum inducit. Hinc ergo omnino evanescit difficultas Newtoni supra commemorata, quod per hanc theoriam lux per foramen in conclave obscurum intronissa undiquaque diffundi deberet. Ob eandem enim rationem, cur pulsus ad latera declinaret, retro quoque reverti deberet, quod tamen tam theoriæ quam experientiæ adversatur. Atque adeo hoc ex ipsa Newtoni theoria manifesto sequitur, unde eo magis mirandum, quod istam pulsuum propagationem ad lumen explicandum tanquam ineptam repudiaverit.

Caput III.

De pulsuum successione atque radiis lucis.

§. LIII.

Hactenus 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 quaquaversus 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 π angulum 180° , 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 distent,

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 tænetur. 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 2θ , 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 6θ , 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 concipiuntur:

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 innumerabiles 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, repræsentare 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 positum.

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

tiam, qua medii 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 debilibus. At vero hoc modo radiorum natura immutari nequit; aequè parum atque foni, 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, utcunque 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.

Cum 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 aequè facile intelligitur. Requiritur scilicet ad hoc superficies elastica, ad quam

Euleri Opuscula.

Dd

si pul-

si pulsus appellant, particulae in agitatione constitutae motum suum ita reflectere cogantur, ut angulus reflexionis aequalis sit angulo incidentiae; agitatione autem particularum sic immutata necesse est, ut pulsus eandem mutationem subeant. Unde perspicuum est, radios lucis per reflexionem aliam alterationem non pati, nisi ratione directionis, veramque indolem & celeritatem pulsuum nullam mutationem perpeti.

Tab. V.
Fig. 2.

§. LXXII. Quo autem ratio reflexionis melius perspicatur, ponamus in superficiem planam reflectentem OR incidere conum luminosum ACQ, cujus radii extremi sint AC & AQ, quarum linearum directiones per reflexionem mutabuntur in CF & QS, ita ut sit $ACO = FCR$ & $AQO = RQS$. Productis ergo lineis FC & SQ ad concursum a, post reflexionem pulsus perinde erant dispositi, ac si venirent a puncto a. Nempe cum ante reflexionem pulsus essent Bb, Cc, post reflexionem pulsuum positio erit Dd, Ee, Ff, similique modo propagabuntur, ac si ex puncto a essent egressi, conusque luminosus esset FaS. Neque ergo per reflexionem intervalla pulsuum, neque eorum aequalitas seu inaequalitas turbabitur, ita ut in organo visus eundem effectum producere debeant, ac si nulla reflexio accidisset; sola directione excepta.

Tab. VI.
Fig. 1.

§. LXXIII. Ad refractionem explicandam concipiamus conum aetheris luminosum seu pulsibus agitatum, qui ex distantia quasi infinita sit ortus, ita ut is pro cylindro L P P I haberi

haberi queat, in quo dentur pulsus Mm , Nn , Pp , ad quorum directionem radii normales censeantur. Repræsentabit ergo iste cylindrus fasciculum infinitorum radiorum lucis, qui rectis LP & lp sint paralleli, atque ad pulsus Mm , Nn , Pp perpendiculares. Singuli igitur hi pulsus per ætherem uniformi & cognita celeritate essent progressuri, nisi obstaculum vel aliud medium diversæ ab æthere naturæ invenirent. Non solum autem isti pulsus in directum propagarentur, sed etiam eadem inter se intervalla essent conservatura, ita ut radii secundum lineas rectas & motu æquabili promoveri essent censendi.

§. LXXIV. Ponamus nunc in ADB existere aliud medium, per quod quidem pulsus propagari queant, sed quod vel ratione densitatis vel elasticitatis ab æthere ita discrepet, ut pulsus per id minori celeritate propagentur; sitque AB superficies istius medii. Sit celeritas pulsuum in æthere ad eorum celeritatem in hoc altero medio ut μ ad ν , atque pervenerit pulsus Pp jam ita ad superficiem AB , ut punctum P eam attingat, p vero etiamnum ab ea sit remotum. Pulsus ergo punctum P ingredietur in medium ADB , dum punctum p adhuc extra id versatur, atque interea dum punctum p ad superficiem in τ appellit, illud punctum P jam penetraverit ad Π usque, eritque spatium $P\Pi$ ad spatium $p\tau$ in ratione celeritatum hoc est ut ν ad μ ; ideoque totus pulsus Pp , postquam in medium ADB intraverit, situm habebit $\Pi\tau$, cui præcedentes pulsus, qui jam ante intra-

Dd 2

verunt,



verunt, Qq , Rr , Ss , &c. erunt paralleli: ita ut radii in hoc medio secundum rectas PS , πs his pulsibus normales dispositi censeri debeant.

§. LXXV. Primum igitur patet, pulsus Pp , qui ex medio ACB in alterum medium ADB oblique intrat, situm sibi parallelum conservare non posse; si enim linea $P\pi$ ipsi Pp esset parallela, tum quoque intervallum $P\pi$ æquale foret intervallo $p\pi$, ideoque celeritas pulsus in utroque medio foret eadem, quod est contra hypothesin. Hancobrem positio pulsus $P\pi$ in medio ADB erit inclinata ad ejusdem pulsus positionem Pp in altero medio ACB . Dum igitur positio pulsuum transitu in aliud medium variatur, directio radiorum, quæ ad pulsus normalis est, tantundem immutabitur; ideoque radii, cum in medio ACB directionem tenuissent LP , nunc in medio ADB secundum directionem PS erunt constituti, quæ linea ad pulsus $P\pi$, Qq , Rr , Ss est normalis; atque ipsi pulsus nunc secundum directionem PS progredientur, quæ directionis inflexio vocari solet refraçtio.

§. LXXVI. Quanta autem futura sit ista directionis inflexio ex ratione celeritarum $\mu : v$ facillime colligitur: cum enim sint spatia $p\pi$ & $P\pi$ uti celeritates μ ad v , anguli autem ad p & π sint recti, propterea quod pulsus secundum directionem vel sui positionem normalem progrediuntur, si linea $P\pi$, quæ utriusque trianguli $Pp\pi$ & $P\pi\pi$ est hypotenusa communis, instar sinus totus consideretur, erit $p\pi$ sinus anguli $pP\pi$ & $P\pi$ sinus anguli $P\pi\pi$. Quamobrem erit

erit
per
ang
hab

Dir
tabi
CD

tia,
angu
sum
dian
aut
peru
fraçt
nibu
celer
maxi
alias
confe
capu
tura

cipiis
per

#3 213 575

erit sinus $\sin P' \pi$ ad sinum $P \pi$ ut μ ad ν : ducta autem per punctum P recta CD ad superficiem AB normali, erit angulus $LPC \equiv P \pi'$ & angulus $SPD \equiv P \pi$, ideoque habebitur

... $\sin LPC$: $\sin SPD \equiv \mu$: ν ...

Directio ergo radiorum incidentis LP & inflexi PS ita mutabitur, ut angulorum, quos hi radii cum perpendiculari CD constituunt, sinus sint inter se ut celeritates radiorum.

§. LXXVII. In opticis autem angulus LPC incidentiæ, & SPD angulus refractus vocari solet, unde erit sinus anguli incidentiæ ad sinum anguli refracti, ut celeritas pulsuum per medium ACB ad celeritatem pulsuum per medium ADB . Quare si ambo media maneant eadem, radii autem diversæ obliquitatis incidere considerentur, erit perpetuo eadem ratio inter sinus angulorum incidentiæ & refractionis. Quod phænomenum cum in omnibus refractionibus constantissime observetur, quoniam tam plane & luculenter per nostram theoriam explicatur, ejus veritatem maxime confirmat. Quanquam enim non ignoramus, per alias quoque theorias hoc idem phænomenon salvari, tamen consequentia plerumque minus videtur naturalis, & quod caput rei est, amplissima quadam & constantissima lex nature non adimpletur.

§. LXXVIII. Qui enim refractionem non ex suis principis, sed ex hac lege nature, qua natura omnes effectus per viam brevissimam exequi statuitur, explicaverunt, re-

Etissime statuerunt, radium, qui ex puncto L ad punctum S sit perventurus, ejusmodi viam eligere debere, secundum quam tempore brevissimo ex L ad S pertingeret. Per methodum maximorum ac minimorum autem inflexio viae, dum radius ex medio A C B in medium A D B intrat, ita comparata reperitur, ut sinus anguli L P C esse debeat ad sinum anguli D P S, ut celeritas radii in medio A C B ad ejusdem celeritatem in medio A D B; quam eandem proportionem theoria nostra statim suppeditavit. Non solum ergo per hanc theoriam proprietates refractionum evidentissime explicatur, sed etiam lex naturæ gravissima conservatur.

§. LXXIX. Quantumvis egregie ista refractionis explicatio experientiae satisfacit, tamen diversa radiorum refrangibilitas a Newtono primum detecta huic theoriae minus favere videtur. Radii enim rubri minus de via sua declinare observantur, quam caerulei: quare cum refractione a celeritate pendeat, radiorum rubrorum per medium A D B transeuntium celeritas major esse deberet quam caeruleorum. Supra autem ostendimus celeritatem propagationis pulsuum non ab eorum intervallis, sed tantum a densitate & elasticitate pendere; hincque ergo omnis generis radii, quibuscunque intervallis pulsus a se invicem distent, parem refractionem pati deberent. Neque vero aliae theoriae hunc nodum feliciter solvunt, atque adeo Newtoniani diversam attractionis vim radiis tribuere coguntur: quæ sententia cum aliunde

satis

satis
venie

pra
rator
eam,
priori
um d
tum p
nisi q
bentur
do pu
in pra
celerit
enim a
usque
N " ce
vis acc

§.
quinto
pra pre
sus soli
tem pu
fit = c
quam p
us c, q

factis sit refutata, non opus est, ut ex hoc capite ejus inconvenientia ostendatur.

§. LXXX. Quodsi autem principia nostræ theoriæ supra exposita diligentius prosequamur, non solum diversarum radiorum refrangibilitatem explicare poterimus, sed etiam eam, etiamsi per experientiam nondum constaret, quasi a priori elicere possemus. Ubi enim supra celeritatem pulsuum definivimus, expresse monuimus, eam ad unicum tantum pulsuum spectare, atque pro pluribus valere non posse, nisi quatenus singuli pulsus ab insequentibus non perturbentur. Si igitur perpendamus, quid evenire debeat; quando pulsus tam prope se invicem insequuntur, ut sequentes in præcedentes agere possint: facile perspiciemus, hac actione celeritatem pulsuum aliquantum augeri debere. Quodsi enim agitatio particularum, quæ pulsuum M constituit, sese usque ad pulsuum N extendat, necesse est ut iste pulsus N celerius propellatur, quam sponte sua, nisi hæc nova vis accessisset, progredieretur.

§. LXXXI. Quo pressius ergo pulsus se invicem insequuntur, eo magis eorum celeritas superabit eam, quam supra pro pulsibus solitariis invenimus. Si igitur celeritas pulsus solitarii in medio $A C B$ exprimat per μ , distantia autem pulsuum successorum seu intervallum $M N$ vel $M P$ sit $= e$; erit celeritas horum pulsuum successorum major quam μ , puta $\mu + M$, existente M ejusmodi functione ipsius e , quæ crescat, dum e decrescit. Ponamus uno minuto secundo.

secundo edi i pulsus, atque litteram μ , exprimere spatium, quod pulsus solitarius uno minuto percurrere valeat, erit $c = \frac{\mu}{i}$ seu $c = \frac{\mu + M}{i}$ ob auctam jam celeritatem pulsuum. Cum autem hoc celeritatis augmentum sit minimum, tuto assumere licet $c = \frac{\mu}{i}$, eritque M ejusmodi functio ipsius $\frac{\mu}{i}$, quæ crescat decrescendo i , seu crescente i . Ex quo erit M functio quæpiam ipsius $\frac{i}{\mu}$, quæ uti i crescit vel decrescit, simul crescat vel decrescat.

§. LXXXII. Etsi indoles hujus functionis non est cognita, tamen quæcumque ea sit, quoniam est minima, phenomena perinde se habebunt. Sit igitur $M = \frac{\alpha i}{\mu}$: & cum celeritas radii in medio ABC sit $= \mu + \frac{\alpha i}{\mu}$, celeritas in medio ADB erit ob similem rationem $= \nu + \frac{\alpha i}{\nu}$. Quibus valoribus tanquam veris loco μ & ν substitutis, prædabit sinus anguli incidentiæ CPL ad sinum anguli refracti DPS ut $\mu + \frac{\alpha i}{\mu}$ ad $\nu + \frac{\alpha i}{\nu}$, hoc est ob terminos $\frac{\alpha i}{\mu}$ & $\frac{\alpha i}{\nu}$ minimos uti μ ad $\nu + \frac{\alpha i(\mu\mu - \nu\nu)}{\mu\nu}$. Refractio ergo revera præter naturam utriusque mediæ insuper pendebit a frequentia pulsuum

pu
DI
um
lica
Ne

quo
pen
grec
titati

vero
quo
 $\frac{\alpha i}{\mu}$

atque

nuo
radio
quen
quen
refra
ex ur

§
minia
repræ

Eul

pulsuum i : atque differentia inter sinus angulorum CPL & DPS eo minor erit, quo major fuerit numerus i seu pulsuum frequentia. Perspicuum ergo est, quomodo refrangibilitas variare, & quomodo theoria nostra cum experimentis Neutronianis consistere possit.

§. LXXXIII. Primum igitur refractione eo erit major, quo magis celeritates radiorum in utroque medio discrepent: atque si pulsus in utroque medio pari celeritate progrediantur, refractione erit nulla, quia facto $v = \mu$, etiam quantitates $\mu + \frac{\alpha i}{\mu}$ & $v + \frac{\alpha i}{v}$ inter se sunt aequales. Deinde vero manente ratione μ ad v eadem, refractione eo erit minor, quo frequentiores fuerint pulsus. Si enim sit $\mu > v$ erit $v + \frac{\alpha i (\mu\mu - vv)}{\mu\mu v} > v$, ideoque ad μ propius accedit quam v ; atque si sit $\mu < v$ erit $v + \frac{\alpha i (\mu\mu - vv)}{\mu\mu v} < v$; ideoque denique ad μ propius accedit quam v . Ex quo perspicitur, eos radios minus esse refrangibiles, qui majore pulsuum frequentia constant: eos autem, in quibus minor pulsuum frequentia insit, majorem refractionem pati: perpetuo autem refractionem esse minorem, quam si unicus pulsus solitarius ex uno medio in alterum transiret.

§. LXXXIV. Experientia autem constat radios, qui minimam refractionem patiuntur, in oculo colorem rubrum repraesentare, eos autem, qui maxime sint refrangibiles, colorem



lorem violaceum exhibere. Vicissim ergo hinc intelligitur, radios, qui sensum coloris rubri excitant, quos Newtonus simpliciter radios rubros vocat, majori pulsuum frequentia constare, atque adeo eodem tempore saepius sensum visus percutere, quam radios violaceos. Diversitas igitur colorum, uti jam supra innuimus, a numero pulsuum, qui dato tempore in oculum incurrunt, pendet; ideoque inter radios diversorum colorum similis differentia intercedit, atque inter sonos ratione gravis & acuti differentes. Color scilicet ruber cum sonis acutioribus, violaceus autem cum sonis gravioribus erit comparandus; reliqui vero colores, uti flavus viridis & caeruleus medium quoddam tenebunt, atque cum sonis intermediis comparari debebunt.

§. LXXXV. Cum igitur radii diversorum colorum, dum ex uno medio in aliud diversae indolis transeunt, diversimode refringantur; manifestum est, si in medio ACB duo pluresve radii diversorum colorum inter se fuerint paralleli atque in superficiem AB oblique incidant, eosdem, dum in alterum medium ingrediuntur, parallelismum non amplius conservare posse, atque adeo a se invicem divergere debere. Scilicet si radiorum celeritas per medium ACB major fuerit quam per medium ADB , radii rubri post refractionem cum perpendiculari PD majorem angulum constituent, quam violacei. Ideoque hi radii cum ante in medio ACB essent contigui & quasi conjuncti, nunc in medio ADB a se invicem separabuntur. Nihilominus, si ex hoc medio

in

ir
le
fe

in
eg
nu
inc
div
rac
rac
ver
uti
lon
tur
cur
cus
dic

fus,
terv
invi
quob
men
solis
spici

in aliud priori ACB simile per superficiem ipsi AB parallelam immergantur, denuo inter se fient paralleli; quod ex formulis supra datis facile colligitur.

§. LXXXVI. Hujusmodi autem diversa refrangibilitas in singulis radiis tam ex sole, quam aliis corporibus lucidis egressis observatur. Dum enim cylindrus radiorum solis tenuissimus LP p l in superficiem refringentem AB oblique incidit, in eo post refractionem perpetuo separatio radiorum diversicolorum deprehenditur. Hinc Newtonus quemlibet radium lucis tanquam fasciculum omnium diversicolorum radiorum simplicium representat, qui in medio ADB diversimode refracti a se invicem separentur & dissolvantur, uti in §. præc. est ostensum. At vero hujusmodi fasciculorum fabrica ubique tam æquabilis nimis a simplicitate nature abhorreere videtur, quam ut admitti posset. Quin etiam cum pulsus a motu vibratorio quodam oriantur, nullus motus ejusmodi concipi potest, unde hujusmodi fasciculi radiorum in æthere generentur.

§. LXXXVII. Ex experientia ergo tantum constat, pulsus, qui radios solis constituunt, non omnes æqualibus intervallis inter se distare, sed alios magis alios minus a se invicem esse remotos, hancque inæqualitatem adeo in radio quovis tenuissimo locum habere. Quæ igitur hujus phænomeni vera sit causa, facilius intelligere poterimus, si ad eas solis particulas, unde pulsus in æthere originem trahunt, per-



proficiantur; necesse est ut particulae solis, ex saltem quae circa ejus superficiem haerent, in continuo versentur motu vibratorio, unde quaelibet particula isto motu in aethere generabit pulsus vibrationibus conformes. Quare cum hi pulsus modo magis modo minus a se invicem distent, sequitur motum vibratorium non ubique esse uniformem; sed a celerioribus vibrationibus oriri pulsus frequentiores, a tardioribus minus frequentes, atque hujusmodi vibrationum inaequalitatem in quavis minima solis portione locum habere.

§. LXXXVIII. Si igitur quaelibet solis particula vibrationes isochronas ederet, superficies solis repleta esse deberet particulis diversae indolis, quarum aliae citius aliae tardius vibrationes suas absolverent. Neque vero tantum istae variae particulae per totam solis superficiem statui deberent dispersae, sed etiam in quibusvis minimis portionibus tam aequaliter inter se permixtae, ut quasi ex quovis solis puncto omnium colorum radii egrediuntur. At vero minime probabile videtur, hujusmodi aequabilem diversarum particularum permixtionem in sole admitti posse, cum ob summum calorem omnes particulae in continua versentur agitatione, ita ut in singulis locis modo hujus, modo alius speciei particulae abundare deberent. Quocirca hanc explicationem tanquam legibus naturae minus congruam, aequae ac fasciculos ante commemoratos merito repudiamus.

§. LXXXIX. Relinquitur ergo, ut singulae particulae suas vibrationes non isochronas habeant, ita ut eadem particula modo

ma
xir
qu
sit,
ten
isoc
mo
run
rius
tur,
chr
tent
edei

ma
cum
aethe
rus
aqui
perri
Pulsu
erunt
brato
agitat
tis de
partic

modo celerius modo tardius agitetur; id quod veritati maxime consentaneum videtur. Cum enim tam in omni igne, quam præcipue in sole motus intestinus imperuosissimus insit, quo singulæ particulæ continuè quasi explosionibus incitentur, motus vibratorius, qui hinc unienique imprimitur, isochronus esse nequit. Namque omnia corpora, quæ ad motum reciprocum recipiendum sunt apta, oscillationes tantum minimas isochronas peragere solent; quando autem fortius impelluntur, initio oscillationes celerius sese insequuntur, quam cum vis jam remittitur, motusque sensim ad isochronismum reducitur. Confirmatur hoc exemplo cordæ tensæ, quæ nimis ruditer percussa initio sonum acutiorem edere solet, quam sub finem motus.

§. XC. Quoniam ergo in sole singulæ particulæ summa vehementia agitantur, ejusdem particulæ vibrationes, cum primum est percussa, incitiores erunt, ideoque in æthere frequentiores pulsus producent, quam tum, cum motus jam relaxatur. Radii ergo solares, quia pulsibus non æquidistantibus constant, ad genus radiorum compositorum pertinent, atque ad modum figuræ 6. erunt comparari. Pulsus scilicet P p & O o a primis vibrationibus profecti sibi erunt propiores, quam pulsus I i & H h, qui a motu vibratorio jam relaxato sunt orti. Cum autem in sole ista agitatio perpetuo duret, quælibet particula singulis momentis denuo incitabitur: ita si pulsus H h fuerit ultimus, quem particula, antequam de novo impellatur, produxit, post eum

Tab. I.
Fig. 6.



iterum pulsus frequentiores sequentur, qui autem pedetentim fient rariores, quoad particula, unde oriuntur, rursus novam impulsione[m] accipiat; hocque modo constitutio radiorum solarium verisimillima, & legibus naturæ convenientissima videtur.

§. XCI. Quando ergo hujusmodi radius compositus in aliud medium *A B* oblique intrat, & refractionem subit, pulsus propiores *P p*, *O o*, minus refringentur, quam remotiores *I i*, *H h*, ideoque a se invicem ita separabuntur, ut se invicem non amplius in linea recta insequantur. Hinc ergo quasi ex uno radio plures radii per refractionem nasci videbuntur, quorum alii magis, alii minus erunt inclinati ad rectam in *P* ad *A B* normaliter ductam. In illis autem, qui ab hac perpendiculari magis erunt remoti, pulsus erunt frequentiores, in his autem rariores. Quæquam autem in his radiis separatis pulsus sunt interrupti, tamen quia in eodem radio *H h p P* mox idem pulsuum ordo recurrit, atque pulsus a radiis ex vicinis solis particulis orti loca vacua pulsibus suis supplere possunt, ex uno radio composito plures radii simplices imo innumeri orientur, quorum illi, qui a perpendiculari maxime recedunt, colorem rubrum, qui vero eo proxime accedunt, colorem violaceum representabunt.

§. XCII. Hoc ergo modo ratio illius vulgarissimi phaenomeni perspicue intelligitur, quo quisque radius solaris per refractionem in plures radios coloratos resolvi observatur.

Qua-

Qu
Et
alb
qu
su
lon
lite
den
rep
ciur
& v

se fe
tion
terva
atqu
Lere
cido
meru
dens.
atque
ment
ideoq
Simill
sine c

Quare cum radius hujusmodi compositus & nondum refractus colorem album præ se ferat, manifestum est colorem album non a radiis simplicibus, sed compositis proficisci; in quibus frequentia pulsuum fit varia, atque intervalla pulsuum tam minora, quæ colorem rubrum, quam majora colorem violaceum efficiunt, atque singula intermedia, æqualiter inter se permixta & sibi certo quodam ordine succedentia contineantur. Hinc ergo ex radiis colorem album representantibus per refractionem omnes radiorum simplicium species elicere licet, qui tam colores extremos, rubrum & violaceum, quam omnes intermedios exhibeant.

§. XCIII. Pendet ergo color candidus, qualem sol præ se fert, a certa variorum inter pulsus intervallorum permixtione: atque ideo si ista permixtio immutetur, ut alia intervalla reliquis sæpius occurrant, color candidus alterabitur; atque ad eum colorem, quem intervalla abundantia exhiberent, accedet. Ita si agitatio particularum in corpore lucido minus fuerit vehemens, ut intervallorum majorum numerus prævaleat, color representabitur ad cæruleum accedens. Hujusmodi colore tincta videtur flamma spiritus vini, atque infima pars flammæ candelæ; ex aliis autem experimentis constat flammam spiritus vini minus esse efficacem, ideoque agitationem particularum minus esse vehementem. Simili modo in flamma candelæ, agitatio in ejus parte infima sine dubio est minima; in supremo autem apice, ubi est
maxima



maxima, color cernitur rubicundus; inde enim, ob maximam agitationem minora pulsuum intervalla præ reliquis abundare debent.

§. XCIV. Hæc igitur omnia phænomena theoriam nostram mirifice confirmant, cum non solum ei non repugnent, sed etiam tam naturaliter ex ea necessario consequantur. Quamvis ergo circa propagationem pulsuum, quam ob defectum scientiæ non ex primis motus principiis derivare licuit, nonnulla adhuc dubia superesse possent, tamen iste insignis cum experientia consensus ea nunc facile tollet: quoniam in physica evenire non potest, ut falsa theoria tam egregie & tam naturaliter cum phænomenis conspiret. Reliqua autem phænomena, quæ nondum attigimus, veritatem hujus theoriæ extra omnem dubitationem penitus collocabunt.



Caput V.

D

C

cor
tem
in c
puls
nem
tene
ctus
culat
igitu
ejus
dubit

invic
que /
tur e
& co
factur

Eul

Caput V.

De corporibus lucentibus, reflectentibus, refringentibus & opacis.

§. XCV.

Corpora lucentia seu lucida sunt, quæ ipsa per se, etiamsi ab aliena luce non illuminentur, radios emittunt, visuique se spectanda præbent. In his ergo corporibus vehementissimam inesse oportet particularum saltem in superficie positarum agitationem, qua istæ particulae in continuo motu vibratorio constituentur, unde in æthere pulsus, hincque radii excitentur. Hujusmodi autem agitationem revera in igne, qui inter corpora lucida primum locum tenet, existere, ceteræ proprietates dilucide declarant; effectus enim caloris & combustionis, nisi talis agitatio particularum concedatur, nullo modo concipi potest. Quia igitur in sole, stellis fixis, aliisque corporibus lucentibus ejusmodi particularum agitatio vehementissima insit, omnino dubitari nequit.

§. XCVI. Interim tamen causæ lucis & caloris a se invicem ita discrepant, ut in eodem corpore sæpe non utraque simul, sed alterutra tantum inesse deprehendatur. Dantur enim corpora tam calida, ut etiam urant, sine lumine; & contra inveniuntur corpora lucentia, uti lignum putrefactum, & nitredula, quæ lucent, etiamsi nullo sensibili calore

sint prædica. Quanquam autem tam ad lucem, quam ad calorem agitatio particularum requiritur, tamen agitatio satis vehemens in quopiam corpore inesse potest, sine particularum motu vibratorio; atque vicissim singulæ partes in motu vibratorio constitutæ esse possunt, cum tamen inter se non agitentur; quorum illud ad calorem, hoc vero ad lumen producendum sufficit. Plerumque tamen, si particulæ ad motum vibratorium recipiendum sint idoneæ, maxima agitatio simul cum calore & lumine conjuncta erit.

§. XCVII. Quoties ergo corpus lucens videmus, tuto concludere licet, ejus particulas in motu vibratorio esse constitutas; simili modo quo particulæ campanæ, cujus clangorem audimus, motum vibratorium habere recte judicantur; utrum autem in eodem corpore simul insit ejusmodi particularum commotio, qua calor efficitur, pro certo affirmare non licet, nisi lux sit vehementissima. Verisimile enim non est particulas summo vibratorio motu concitari posse, quin et simul ita inter se agitentur, ut calor efficiatur. Color porro lucis varius esse potest, prout particularum motus vibratorius fuerit concitator vel remissior; imprimis autem cum vibrationes ob vehementem incitationem non sunt isochronæ, prout alia atque alia intervalla prævaleant: quemadmodum in capite præcedente est notatum, & in sequentibus, ubi in colores corporum diligentius inquiramus, fusius exponetur.

§. XCVIII. Quoniam hic corpora secundum sensum
visus

visu
refe
clasi
quæ
ut a
ergo
dunt
in d
parti
stitur
vere
requi
ram

denti
suam
non i
erant
ficies
tur,
refle
getur
monst
rit pe
corpus
visui t

visus spectamus, corpora lucida merito ad primam classem referuntur; quoniam ipsa per se sensorium afficiunt. In classem autem secundam conjiciemus corpora reflectentia; quæ radios in se incidentes, uti ostendimus, ita reflectunt, ut angulus reflexionis æqualis sit angulo incidentiæ. Hæc ergo corpora ita sunt comparata; ut pulsus, qui in ea incidunt, aliam impressionem non faciant, nisi qua ipsi singuli in debita directione repellantur. Hinc istorum corporum particulae ipsæ in nullum motum vibratorium proprium constituuntur, neque propterea alias ætheris particulas commovere valent, nisi quæ appulerint. Ad hoc autem perfecta requiritur elasticitas, quod ipsum ex corporibus per polituram ad reflectendum aptis redditis facile colligere licet.

§. XCIX. Per reflexionem igitur sola radiorum incidentium directio mutatur, indolesque eorum, scilicet pulsuum frequentia, neutiquam afficitur. Quocirca radii reflexi non id corpus, unde reflectuntur, sed id, ex quo primum erant egressi, visui repræsentant; ac primo quidem si superficies reflectens fuerit plana, objectum eadem figura cernitur, secundum aliam directionem. Sin autem superficies reflectens fuerit convexa vel concava, figura objecti vel augetur vel diminuitur vel distorquetur, uti in catoptriciis demonstrari solet. Hinc si corporis cujuscumque superficies fuerit perfecte reflectens, nullamque ipsa opacitatem habeat, id corpus revera se ipsum nunquam spectandum præbet, cum visui alia tantum corpora, quorum radios excipit & refle-

Et, representet. Similis nempe corporum radios reflectentium ratio est, atque eorum, quæ sonos reperiunt & per echo reddunt.

§. C. Tertia corporum, ratione visionis, classis continet corpora, quæ radios refringunt, iisque transitum præbent, quæ propterea diaphana seu pellucida appellantur. Hæc ergo corpora ita sunt comparata, ut pulsus exceptos non solum non reflectant, sed etiam cum partibus suis interioribus communicent, atque adeo, uti in æthere fieri ostendimus, per suam substantiam propagent. Hujusmodi corpora sunt aer, aqua, vitrum, crystallus & adamas; per experimenta autem constat, radium ex vacuo, seu potius æthere proprio radiorum vehiculo, in aerem incidentem propius ad perpendicularium refringi, ex quo recte concluditur, pulsus in aere minori celeritate propagari, quam in æthere. Atque simili modo ex refractione aquæ, vitri, crystalli & adamantis celeritas radiorum in his corporibus adhuc minor colligitur, quam in aere.

§. CI. In capite præcedente, ubi naturam refractionis exposuimus, hæc corpora tanquam ætheri similia & tantum ratione densitatis & elasticitatis diversa sumus contemplati. Neque vero hujusmodi idea cum veritate consistere potest; primum enim in his corporibus ingens ætheris copia inest; tum vero tanta est eorum densitas, ut ad ætheris puri densitatem rationem fere habeat infinitam: ac præterea partes horum corporum ita inter se sunt connexæ, ut agitationes, quæ

quæ
ætheri
celi
rum
cep
tur

git,
que
quæ
tur.
æthe
quar
pus
lum
etiam
nem
ferre
fuerit
mora

fleste
partic
uti de
corpo
adeo

que in his contingunt, longe aliam sequantur legem, atque in aethere. Esti autem ob tantam istorum corporum densitatem celeritas radiorum debeat esse minima, tamen partium minimarum conjunctio, qua fit, ut quasi in instanti impressiones receptæ transferantur, celeritatem multo majorem, & non multum a celeritate in aethere discrepantem efficere debebit.

§. CII. Si igitur pulsus ad hujusmodi corpus pertingit, eius extremas particulas aliquantillum comprimit; hæcque compressio statim transfertur ad particulas interiores, quæ eandem ulterius communicant, quoad corpus extenditur. Atque cum ista pulsuum translatio simili modo, quo in aethere, eveniat, ea secundum lineas rectas fieri debet; postquam scilicet refraçtio in introitu semel est facta. Ad corpus ergo diaphanum seu pellucidum requiritur, ut non solum ejus singulæ particulæ compressionem pari queant, sed etiam ut inter se ita sint connexæ, ut aliæ suam compressionem cum aliis communicare & secundum lineas rectas transferre possint. Unde nisi & particulæ singulæ hujusmodi fuerint indolis, & eo modo inter se connexæ, uti commemoravimus, corpus pelluciditate carebit.

§. CIII. Corpus igitur pellucidum perinde atque reflectens se ipsum nobis spectandum non offert, nisi quatenus particulas continet opacas, quibus sensus eo modo excitatur, ut deinceps explicabimus: sed corpora pellucida nobis alia corpora, quorum radios transmittunt, representant. Atque adeo quicquid videmus, id non per radios athereos, sed



per plura media diaphana spectamus. Primum enim radii per aerem ad nos pertingunt, & etiam si per alia corpora pellucida externa nullam novam refractionem patiantur, tamen in oculum ingressi triplicem refractionem in humoribus aqueo, crystallino & vitreo subeunt; quibus fit ut radii ex uno objecti puncto exeuntes in fundo oculi iterum in unum punctum colligantur, visio nempe distinctam efficiant; quae, nisi ista collectio eveniret, eo magis confusa foret, quo majus spatium radii ex eodem puncto egressi in fundo oculi implerent.

§ CIV. Per refractionem autem primum radii, nisi in superficiem corporis refringentis normaliter incidant, de sua directione deflectuntur; quae deflectio, etiam nova refractione restituatur, tamen fieri potest, ut objecti vel major vel minor imago nobis repraesentetur, cujusmodi mutatio in telescopiis & microscopiis deprehendi solet. Deinde quanquam radiorum simplicium indices non alteratur, tamen quoniam radii rubri minorem refractionem patiuntur, quam caerulei & medii, hinc distortio objectorum variis coloribus tinctorum oritur. Radii autem compositi, in quibus varia inest pulsuum frequentia, cujusmodi sunt radii solis & corporum lucidorum, per refractionem in plurimos radios simplices resolvuntur; haecque separatio eo magis fit sensibilis, quo maior fuerit refractio & quo obliquus radii incidant.

§ CV. Restat igitur quarta corporum classis explicanda, quae omnia corpora opaca in se complectitur; eaque a tribus precedentibus classibus maxime est diversa. Corpora

pora
pror
per
nunc
nebu
corpu
unde
corpu
quart
tur,
non,
amus
simul
fit, q
radii
nit, si
lumin
ea ser
ab illi
sere p
radior
lis vid
ficiant
effectu
nostro

pora enim secundæ & tertiz classis per se non cernuntur, prorsusque sunt invisibilia, nisi cum particulis opacis sint permixta. Sic aerem, qui est corpus maxime pellucidum, nunquam spectare licet, nisi vaporibus sit impragnatus, nebulamque exhibeat: aquam vero & crystallum, etiam sunt corpora pellucida, tamen visu contuemur & dignoscimus: unde aere minus pellucida sunt iudicanda. Omnia ergo corpora, quæ ipsa visu percipimus vel ad primam vel ad quartam classem pertinent: discrimen autem in hoc versatur, quod corpora primæ classis per se, quartæ classis autem non, nisi a corporibus primæ classis illuminentur, videte quæmus: ita ut si corpora primæ classis e mundo tollerentur, simul quarta classis invisibilis redderetur.

§. CVI. Cum visus nonnisi radiorum ope excitari possit, quando corpora opaca cernimus, necesse est, ut ab iis radii ad oculos nostros perringant. Hoc ergo tantum evenit, si ista corpora a sole vel alio corpore per se lucente illuminentur; noctu autem vel in loco obscuro corpora opaca sensum visus plane fugiunt, unde in hoc statu nulli radii ab illis ad oculos nostros mittuntur. Hancobrem omnes sere philosophi statuerunt, corpora opaca per reflexionem radiorum conspicua reddi, quæ sententia eo magis probabilis videbatur, quod cum nonnisi illuminata sensum visus affectant, radii alieni, qui in ea incidissent, alio modo hunc effectum producere non possent, nisi inde reflexi ad oculos nostros dirigerentur. Ita lunam & planetas, cum sint corpora

pora opaca, & nobis, nisi a sole illuminentur, inconspicua, censuerunt radiis a sole inde ad nos reflexis conspici; simili- que modo corpora opaca terrena radios, qui in ea incidis- sent, reflectere, sicque organum visus excitare.

§. CVII. Si hæc explicatio vera esset, corpora opaca ad classem secundam referri deberent, quippe ad quam omnia corpora i. tulimus, quæ radios reflectunt. At verò hic statim maximum se prodit discrimen, quoniam corpora reflectentia non se ipsa, sed ea objecta, unde radios accepe- runt, conspicienda præbent, cum tamen nullum sit dubium, quin corpora opaca ipsa videamus. Hinc ergo evidentissi- me sequitur, corporum opacorum & reflectentium diversis- simam esse rationem, neque propterea eidem classi annu- merari posse. Deinde autem supra vidimus, per reflectio- nem indolem radiorum non mutari, ideoque si corpora opa- ca radios solis tantum reflecterent, eodem radii in oculos no- stros incurrere deberent; neque propterea diversis coloribus ullus locus relinqueretur. Cum igitur a corporibus rubris radii tantum rubri, & a violaceis violacei ad nos pervingant, etiamsi radii albi in ea incidissent, manifestum est istam trans- mutationem a sola reflectione proficisci non posse.

§. CVIII. Newtonus igitur cum animadvertisset diver- sinitatem colorum in ipsis radiis esse sitam, in superficie cor- porum quoque refractionem quandam fieri existimavit, qua radii omnium colorum incidentes in simplices resolvantur, horumque ea tantum species, quæ cum colore corporis con-
veniat,

venia
autem
incide
quoro
cunqu
reflect
cunqu
ret. (1
princi
cationi
maxim

§.
rum c
peri op
fiant et
minent
sam, et
diorum
pora o
oculos
pora op
nentur
dum se
data sp
hinc cor
aspiciant
Euler

veniat, reflectatur, reliquæ vero species absorbeantur. Cum autem tam reflexio quam refractione ab obliquitate radiorum incidentium pendeat, explicari hinc nullo modo potest, quomodo fiat, ut a superficie corporis, ex. gr. rubri, undeconque radii venerint, perpetuo soli radii rubri non modo reflectantur, sed etiam quaquaversus diffundantur: ex quocunque enim loco corpus rubrum aspiciatur, rubrum apparet. Quæ cum non solum sint explicari difficillima, sed etiam principiis visionis e diametro repugnent, sequentem explanationem, quæ his difficultatibus non est obnoxia, naturæ maxime conformem esse confido.

§. CIX. Ut igitur veram apparentiæ corporum opacorum causam investigemus, ratiocinium ab ipsis principiis repeti oportebit. Ac primo quidem, cum corpora opaca non sunt conspicua, nisi aliunde radii in ea incident, eaque illuminent; necessario sequitur, in his radiis veram latere causam, cur hæc corpora videamus. Cum deinde nihil nisi radiorum ope videamus, hinc porro intelligitur, radios in corpora opaca incidentes efficere, ut ab his corporibus radii ad oculos nostros transmittantur. Tum vero quia cuncta corpora opaca certo colore tincta cernuntur, utcunque illuminentur & ubicunque aspiciantur, effectus radiorum incidentium seu illuminationis ita erit comparatus, ut inde radii dære species quaquaversus emittantur. Excludimus autem hinc corpora ambigui coloris, quæ prout ex alio alioque loco aspiciantur, diversos colores præ se ferunt; cum hujusmodi

Estes Opaculis.

Gg

corpo-

corporum singularium peculiaris sit ratio, neque ex his reliquorum corporum conditio dijudicari debeat.

§. CX. Duplici autem modo emissio radiorum a radiis incidentibus proficisci potest. Vel enim primo radii siderum qui inciderunt, reperiuntur, atque a corpore illuminato, quasi inde essent egressi, diffunduntur. Vel secundo radii hi illuminantes particulas corporis ita excitant atque impellunt, ut ipsae contremiscere & in æthere seu medio diaphano circumfuso pulsus producere valeant; neque præter hos duos modos tertius excogitari potest. Priorem autem modum, qui reflexione ad secundam corporum classem pertinente constat, a præsentis negotio jam prorsus removimus; propterea quod hoc casu corpora opaca non se ipsa, sed ea objecta, unde radios acceperint, visui repræsentare deberent: tum vero quod isto modo constantia colorum, quibus pleraque corpora opaca tineta cernuntur, neutiquam explicari atque ad consentium cum experientia revocari posset.

§. CXI. Cum igitur prior modus ad phænomena corporum opacorum explicanda plane sit ineptus, alterum necessario amplecti oportet. Quamobrem, etsi corpora opaca, nisi aliunde illuminentur, visum nostrum effugiunt; tamen ea per radios reflexos non cernimus, sed per radios, quos ipsæ horum corporum particule ad motum tremulum contineant producant. Radii scilicet, qui in superficiem horum corporum incidunt, inde non reflectuntur, sed particulis corporis motum vibratorium inducunt, qui in medio pellucido circum-

circum
pulsi
men
erit
emitt
illum
est si
bere;

opaci
ipsa,
præse
nantis
radii
quas
motu
rentia
ac lu
altera
hic le
porum
versa
perest
§
tum
sed a

79

235

84

circumfuso, neque atque agitatio corporum per se laetentium pulsus ac propterea radios visivos efformare possio. Discrimen ergo inter corpora per se lucentia & opaca in hoc erit situm, quod corpora lucida vi quadam propria radios emittant, opaca autem idem per vim alienam, quam a radiis illuminantibus impetraverint, efficiant. Ex quo perspicuum est fulgorem corporum opacorum multo debilliore esse debere, quam lucidorum, id quod experientia clarissime evincit.

§. CXII. Deinde vero hinc manifestum est, corpora opaca, quia radii a propriis eorum particulis excitantur, se ipsa, non vero ea objecta, a quibus illuminantur, visui representare debere. Neque etiam hic situs corporis illuminantis, neque situs oculi ullam movet difficultatem, cum radii lucis, undecunque advenerint, particulis corporis, in quas impingunt, motum vibratorium inducant, atque ab hoc motu vibratorio radii quaquaversus propagentur. Apparentia ergo corporum opacorum aequae constans esse debet, ac lucidorum; atque adeo praecipuae difficultates, quibus altera explicatio laborabat, sponte evanescent, nullumque hic locum inveniunt. Reliqua vero etiam phaenomena corporum opacorum tam dilucide hinc explicantur, ut de universae theoriae nostrae veritate nullum amplius dubium superesse possit.

§. CXIII. Natura ergo radiorum, quibus corpus opacum conspicitur, non pendet a radiis corporis illuminantibus, sed a motu vibratorio minimarum particularum, quibus cor-

Gg 2

poris

poris superficies est obliqua. Particulae scilicet istae minime
 similes sunt cordarum tensarum, quae ad certum tantum
 motum tremulum sunt dispositae, & quem recipiunt, etiamsi
 non impellantur, dummodo simili pulsum motu in aere
 iam excitato, urgeantur. Quemadmodum ergo corda tensa
 a sono ei, quem ea edit, aequali vel consono concitantur, ita
 particulae illae minime in superficie corporis opaci sitae, a
 radiis ejusdem vel similis indolis, contremiscere, pulsusque
 undique diffundendos producere valebunt. Radii itaque lu-
 cis, quoniam omnis generis pulsus, ratione frequentiae, in-
 volvunt, omnes corporum opacorum particulas ad motum
 ciebunt; etiamsi enim non eadem pulsum frequentia in ra-
 diis insit, tamen dummodo fuerit duplo, triplove major vel
 minor, tremorem eam debiliorem inducet.

§. CXIV. Color igitur, sub quo corpus opacum ap-
 paret, a tensione & vi elastica minimarum particularum pen-
 det, quae quamdiu inalterata servatur, idem color in corpore
 percipietur. Hincque ideo distinctam adipiscimur ideam co-
 lorum, quibus corpora tincta cernuntur. Scilicet cum sin-
 guli colores simplices, tanquam soni simplices, certo vibra-
 tionum numero, quae dato tempore eduntur, determinen-
 tur; cuilibet colori certus respondebit numerus, qui indicat
 quot vibrationes uno verbi gratia minuto secundo eduntur.
 Corpus ergo erit rubrum, cujus particulae eum habent ten-
 sionis gradum, ut impulsae uno minuto secundo totidem
 reddant vibrationes, quot ad hunc colorem requiruntur?
 similisque erit ratio aliorum colorum. Quare ad cognitio-
 nem

nem
 vero
 rem
 gnol

inque
 enim
 rem
 ris in
 talia
 tionu
 enim

64730
 maxim
 finum
 radior
 igitur
 tes ag
 mos r
 meros
 do ap

§.
 praesen
 & que
 dem te
 vel ob

nem colorum completam nil amplius requiritur, quam ut veros istos numeros vibrationum, quæ ad quemvis colorem producendum uno minuto secundo requiruntur, cognoscamus.

§. CXV. Merito autem summopere dubitamus, utrum inquam ad hanc cognitionem finis perventuri? Tanta enim videtur omnium pulsuum, quemcunque etiam colorem efficiant, frequentia, ut nulla experimenta tantis numeris indicandis sufficiant; præsertim cum in hoc negotio non talia experimenta instituire liceat, qualia frequentiam vibrationum quemlibet sonum edentium docuerunt. Vidimus enim pulsus in æthere singulis minutis secundis per spatium 647367344 pedum propagari; atque in corpore diaphano maxime refringente, quia ratio sinus anguli incidentiæ ad sinus anguli refracti semper minor est quam dupla, celeritas radiorum nusquam duplo minor est, quam assignata. Cum igitur in mediis refringentibus pulsus sequentes in antecedentes agant, necesse est ut intervalla inter binos pulsus proximos non sint adeo magna; ex quo recte concludimus, numeros pulsuum in quovis colore ad nos uno minuto secundo appellentium esse maximos.

§. CXVI. Ponatur radium, qui colorem rubrum representat, uno minuto secundo ad oculum asserre a pulsus; & quemadmodum in musica soni, quorum vibrationes eodem tempore editæ rationem tenent duplam vel quadruplam vel octuplam vel &c. pro similibus habentur, ita quoque

G g 3

radii



radit simplices, qui uno minuto secundo vel $2a$, vel $4a$, vel $8a$ &c. vel etiam $\frac{1}{2}a$, vel $\frac{1}{4}a$, vel $\frac{1}{8}a$ &c. vibrationes continent, omnes rubri censentur. Hinc plura ejusdem coloris dabuntur genera, quæ inter se non magis discrepabunt, quam toni musici ejusdem nominis una pluribusve octavis a se invicem distantes. Quæ eadem ratio, cum pro omnibus reliquis coloribus simplicibus æque locum habeat, manifestum est, omnes colores simplices intra rationem duplam contineri, ita ut vibrationes vel celeriores vel tardiores similes colores exhibeant eorum, qui ipsis in isto intervallo rationis duplæ respondent: simili scilicet modo, quo in musica omnes toni diversi in uno intervallo diapason includi solent.

§. CXVII. Sicuti igitur in intervallo unius octavæ revera innumerabiles toni continentur, etiamsi aliquot tantum in musica adhibeantur, & a musicis nomina obtinuerint, ita quoque in intervallo diapason colorum simplicium revera innumerabiles colores diversi insunt, quorum tantum nonnullis pro copia cuiusque lingue peculiaris nomina tribuuntur, reliqui autem nominibus eorum, ad quos proxime accedunt, denotari solent. Ita si a sit numerus pulsuum in uno minuto secundorum editorum, quo sensus coloris rubri excitatur; similique modo colores flavi, virides, cærulei & violacei per numeros $\frac{1}{2}a$, $\frac{1}{3}a$ & $\frac{1}{4}a$ exponantur, erunt hi quidem numeri minores quam a , simul vero majores quam $\frac{1}{2}a$; cum his numeris iterum colorem rubrum, $\frac{1}{2}a$ flavum, $\frac{1}{3}a$ viridem, $\frac{1}{4}a$ cæruleum & $\frac{1}{5}a$ violaceum representet. Deinde

ind
eosi

verf
est,
repe
mint
color
fieri
plice
pelle
vel c
rifimi
quam
color
vel o
dit a
violac
rimen

§
in eju
ita ut
brator
plici n
nullam

33 29 35

inde rursus hi numeri 1 a, 1 e, 1 y, 1 d, 1 s eodem ordine eosdem colores exhibere judicantur.

§. CXVIII. Cum ex quolibet radio solis omnes isti diversi radii simplices per refractionem oriuntur, perspicuum est, inaequalitatem, quae in motu vibratorio particularum solis reperitur, rationem duplam non superare, sed ea aliquanto minorem esse; propterea, quod lentissimus motus vibratorius colorem violaceum producit, qui demum, si adhuc lentior fieret, iterum in rubrum abiret. Si ergo hos colores simplices in radiis solis existentes cum Newtono primitivos appellemus, reliqui qui ex motu vibratorio vel duplo magis vel duplo minus frequente oriuntur, erunt derivativi. Verisimile autem videtur, frequentiore motum vibratorium, quam in particulis ignis, nusquam occurrere, omnesque ideo colores derivativos a vibrationibus vel duplo vel quadruplo vel octuplo &c. lentioribus proficisci. Hujusmodi ergo radii adhuc majorem refractionem perpeti deberent quam violacei primitivi, quod operae pretium foret, ut per experimentum exploraretur.

§. CXIX. Si igitur corporis cuiuspiam particulae omnes in eius superficie hae aequaliter fuerint tense & elasticae, ita ut a radiis illuminantibus impulsive aequalem motum vibratorium induant, tum istud corpus cernetur colore simplici distinctum; atque cum radii simplices per refractionem nullam alterationem patiantur; hujusmodi corpus, sive directe

ete

Et si five per reflexionem, si five per refractionem conspiciatur, eundem colorem constanter habere apparbit. Sin autem eius particule diversis tensionis gradibus gaudeant, insuperque invicem æquabiliter fuerint permixtae, tum quidem colorem uniformem ac fortasse simplicem mentientur, sed per refractionem diversi hi radii a se invicem separabuntur, varietatemque patefacient. Scilicet si discrimen inter particulas non fuerit admodum notabile, uti si alia colorem flavum, alia cæruleum exhibeant, tum ex eorum mixtione color viridi similis resultabit. Verum si particule omnes duplicis tantum sint generis, existente alterius motu vibratorio duplo celeriore, quia ab utroque idem color efficitur, corpus utique colore simplici tinctum videbitur, refraetio autem multo magis diversitatem manifestabit.

§. CXX. Cum radii solares colorem album representent, ex supra expositis facile intelligitur, ad colorem album representandum omnis generis tensiones in particulis requiri, quæ satis æquabiliter inter se sint permixtae. Hinc color albus maxime est compositus, quemadmodum Newtonus per plurima experimenta evidentissime demonstravit. Sin autem particule corporis tam sint laxæ, ut nullum motum vibratorium, quæ ad colorem quempiam representandum requiritur, recipere valeant, tum ab hoc corpore visus plane non excitabitur, indeque nigrum apparebit; quæ est nigredo perfectissima. Minus autem nigredo erit perfecta, quo plures particule tensæ laxis fuerint interspersæ; atque

ex

ex
mi
tancol
cor
rum
im
fic
co
rum
huj
ber
rum
ope
stari
vel
nis
ab
Con
hapriet
& qu
plur
E

ex huiusmodi particularum satis tenuium & laxarum permutatione innumeri gradus obscuritatis & claritatis colorum tam simplicium quam compositorum oriuntur.

§. CXXI. Quantitas autem claritatis, sub qua quisque color conspicitur, maxime pendet ab intensitate luminis, quo corpus illustratur. Quo fortiores enim fuerint pulsus radiorum incidentium, eo magis particulae corporis ad motum impelluntur, hincque iterum eo fortiores pulsus generant: sic corpora, quae immediate a radiis solis illuminantur multo illustriora apparent, quam quae a radiis corporum opacorum vel saltem minus lucidorum illuminantur: atque adeo huiusmodi obscurior apparentia praeter claritatem pro umbra haberi solet. Hinc etiam perspicimus in combustionibus corporum & liquefactione metallorum, quae collectione radiorum ope lentis vel speculi caustici instituitur, nihil aliud praestari, nisi ut particulae a tanta pulsuum vi vel dirumpantur vel a se invicem divellantur; ex quo cognitio combustionis & liquefactionis corporum, quamvis hi effectus etiam ab aliis causis proficiantur, non mediocriter illustratur. Conveniunt enim mirifice omnia reliqua phaenomena, quae haec corporum alterationes suppeditant.

§. CXXII. Sexpenumero autem quatuor illarum proprietatum, ad quas omnia visus phaenomena revocavimus, & quae sunt lux propria, reflexio, refraction, & opacitas, duae pluresve simul in eodem corpore inesse possunt. Viderur

Euleri Opera.

H h

qui-



quidem lux propria reliquas proprietates ita excludere, ut cum nulla earum simul subsistere possit: sed præterquam, quod ignis pelluciditate quæpiam sit præditus, experimenta non desunt, quibus corpus per se lucens a luce fortiori illuminatum tanquam corpus opacum conspici evincitur. Sic die lignum putridum, nitedula & mercurius in vacuo non splendent, cum tamen noctu propria luce cernantur; scilicet in his corporibus motus tremulus ex propria agitatione ortus minor est eo, quem radii alieni eorum particulis inducunt. Atque dum lapis Bononiensis soli est expositus, ejus particulæ inde acquirunt motum vibratorium satis diu perdurantem, unde fit ut conclavi obscuro inclusus, adhuc propria luce sensum visus afficere valeat.

§. CXXIII. Deinde quoque vix ulla datur superficies reflectens, quæ non ipsa per se sit conspicua; ita ut ejus particulæ non solum radios incidentes reflectant, sed etiam ab illis motum vibratorium impetrent. Sic omnium colorum habentur corpora reflectentia, quæ ergo tam reflexionis quam opacitatis sunt participia. Pleraque enim corpora per polituram ita levigari possunt, ut radios incidentes reflectant; neque vero propterea colores suos naturales exiunt; sic aurum politum colorem suum flavum, & cuprum colorem suum rubrum conservat. Duplex autem iste videndi modus facillime dignoscitur, dum radii reflexi non id corpus, unde reflectuntur, sed id, ex quo primum erant

erat
brat
cor
a fu
colo
ejus

rum
cern
Etora
qua
mis
tincta
consp
rent.
aptra
culæ
Præte
propi
colori
dem
eo qu
ad ce
§
quæqu
Etia ap

erant egressi, repræsentant; illi vero radii, qui a motu vibratorio particularum istius corporis oriuntur, hoc ipsum corpus spectandum offerunt. Hoc modo sæpius in pariete a sole illuminato nitorem quemdam præter ejus naturalem colorem conspicimus, quem a radiis solaribus reflexis oriri, ejus situs manifesto indicat.

§. CXXIV. Corpora porro pellucida non solum plerumque radios reflectunt, sed etiam proprio colore tincta cernuntur; sic in superficie aquæ stagnantis imagines objectorum externorum per reflexionem apparent, pelluciditate, qua corpora trans aquam spectamus, non sublata. Imprimis autem plurima corpora pellucida quibusvis coloribus tincta extant, qui colores non solum in externa superficie conspiciuntur, sed etiam per internam substantiam transparent. In his ergo corporibus non solum externæ particulæ aptæ sunt ad radios reflectendos, sed etiam internæ particulæ ita sunt comparatæ, ut radios transmittere possint. Præterea vero hæ ipsæ particulæ tam externæ quam internæ proprium motum vibratorium recipere possunt, quo certum colorem exhibeant: atque cum propagatio pulsuum per easdem particulas fiat, radii refracti eandem naturam recipient; eo quod transmissio reliquorum radiorum ab his particulis, ad certum tantum colorem instructis, arceatur.

§. CXXV. Per vitrum ergo, exempli gratia, rubrum quæque objecta videmus, sed omnia colore rubicundo tincta apparent, quia reliqui radii quasi extinguuntur. Sic per

hujusmodi vitrum ea corpora eo illustriora spectantur, quae ipsa sunt rubra, quippe quorum radii fere sine diminutione transmittuntur, alia vero corpora minus clare percipiuntur. Ea quidem, si nullos prorsus radios rubros emitterent, omnino non cerni deberent: sed nullum fere extat corpus, quod non omnis generis radios simplices emittat, ejusque color non tam a consensu omnium radiorum, quam a majori copia certorum generum determinatur. Quin etiam omnia corpora pellucida certo quodam colore praedita deprehenduntur, etiamsi saepe istae particulae coloratae tam sint raras, ut nisi ex longo intervallo spectentur, quo casu inter se propiores apparent, sensum visus afficere nequeant. Sic aqua marina, si fuerit satis profunda, viridi colore tincta videtur, atque ipse aer, etsi omnium corporum est transparentissimus, tandem colorem caeruleum visui offert. Hincque fit, ut objecta valde remota per aerem visa, uti montes & silvae colore ad caeruleum accedente cernantur; eademque est ratio, cur caeli fereni color caeruleus appareat. Radii enim, qui ex motu tremulo particularum aerearum oriuntur, etiamsi sint maxime rari & imbecilles, tamen magnitudine intervalli congregantur & quasi inspissantur, ut colorem satis intensum efficiant. Simili scilicet modo, quo oculus in medio oceani constitutus unde quaque colorem viridem esset percepturus, ita oculus in aere situs colorem caeruleum spectare debet.

DE

M

A

fame
nec
in q
vacu
bus
vocu
losop
tur,
prop
opini
mater
dubie
conju
absur
punct
stellar
cessari