



OPTICES

LIBER PRIMUS.

P A R S P R I M A.



IN hoc libro conscribendo, non mihi id institutum fuit, ut positis certis hypothesibus, luminis proprietates exinde explicarem; sed ut istas proprietates simpliciter propositas, ratione duntaxat experimentisque comprobarem. Quem in finem, definitiones & axiomata subiecta præmittere statui.

A

DEFL

DEFINITIONES.

DEFINITIO I.

P*er radios luminis, minimas ipsius partes intelligo, easque tam in eisdem lineis successivas, quam contemporaneas in diversis.*

Liquet enim lumen ex partibus constare, tum successivis, tum contemporaneis: quippe in uno eodemque loco id luminis quod uno momento advenit, intercipere licet; & quod momento proxime sequenti advenit, permittere ut transeat: item uno eodemque tempore lumen in quolibet loco intercipere licet, & quovis alio in loco permittere ut transeat. Ea enim luminis pars, quæ intercipitur, non potest eadem esse atque ista quam transire permittas. Minimum lumen, aut minima luminis pars, quæ sola sine reliquo lumine vel intercipi possit, vel sola propagari; aut quæ agere vel pati quicquam possit, quod reliquum lumen eodem tempore non agat vel patiatur: hæc est, quam appello *radius* luminis.

DEFINITIO II.

Refrangibilitas radiorum luminis, est dispositio ea, qua ita comparati sunt, ut in transeundo ex uno corpore translucido, sive medio, in aliud, refringantur seu de via deflectantur. Et major minorve radiorum refrangibilitas, est dispositio ea qua apti sunt, ut in paribus incidentiis super unum idemque medium, magis minusve de via detorqueantur.

Mathematici plerumque secum ita fingunt; radios luminis esse lineas à corpore lucido ad corpus illuminatum pertingentes; horumque radiorum refractionem, esse linearum istarum flexionem aut fractionem in transeundo ex uno medio in aliud. Atque hoc quidem de radiis & refractionibus dici possit, si lumen uno momento propagetur. Verum cum ex temporum eclipsium

Jovis

D E F I N I T I O N E S.

5

Jovis satellitum æquationibus , id colligi videatur , lumen spatio temporis propagari ; adeo ut e Sole in terram septem circiter minutorum spatio deferatur ; radios ac refractiones ita laxè definire malui , ut quicquid de luminis propagatione statuatur , hæ tamen definitiones in utramque partem veræ ac certæ sint.

D E F I N I T I O I I I .

Reflexibilitas radiorum , est dispositio ea , qua ita comparati sunt , ut in quodcunque medium inciderint , ab ejusdem superficie in idem rursus unde profecti sunt medium reflectantur . Et radii magis minusve reflexibiles sunt , qui facilius aut difficilius reflectuntur .

Exempli gratia : cum lumen e vitro in aërem transeat , & pro eo ut ad communem vitri aërisque superficiem magis magisque inclinetur , ex toto tandem ab ista superficie reflecti incipiat : quæ radiorum genera vel paribus incidentiis majori copia reflectuntur , vel radios paulatim inclinando citius ex toto reflectuntur ; ea maxime reflexibilia sunt.

D E F I N I T I O I V .

Angulus incidentia , est angulus , qui linea ab incidente radio descripta , & linea ad reflectentem aut refringentem superficiem perpendiculari , in puncto incidentia continetur .

D E F I N I T I O V .

Angulus reflexionis aut refractionis , est angulus , qui linea a reflexo aut refracto radio descripta , & linea ad reflectentem aut refringentem superficiem perpendiculari , in puncto incidentia continetur .

D E F I N I T I O V I .

Sinus incidentia , reflexionis & refractionis , sunt sinus angulorum incidentia , reflexionis & refractionis .

A 2

D E F I

DEFINITIO VII.

Lumen cujus omnes radii sunt aque refrangibiles, id ego simplex, homogeneous, & simile appello: Cujus autem radiorum alii magis quam alii refrangibiles sunt, id ego compositum, heterogeneous, & dissimulare appello.

Prius lumen ideo homogeneous appello, non quod id plane & omnimode homogeneous esse, affirmare velim; sed quod radii qui pari sunt refrangibilitate, iidem in istis saltem omnibus, de quibus in hoc libro differendum erit, proprietatibus inter se conveniunt.

DEFINITIO VIII.

Colores homogenei luminis, appello primarios, homogeneos & simplices: luminum autem heterogeneousorum colores, heterogeneous & compositos.

Hi enim ex luminum homogeneous coloribus semper compositi sunt; ut ex iis quæ infra dicenda sunt, apparebit.

AXIOMATA.

AXIOMA I.

Anguli incidentiæ, reflexionis & refractionis, in uno eodemque plano siti sunt.

AXIOMA II.

Angulus reflexionis, æqualis est angulo incidentiæ.

AXIOMA III.

Si radius refractus directo ad punctum incidentiæ revertatur; in eam ipsam lineam, quam radius incidens ante descripserat, refringetur.

AXIO-

5

1

•

५

•

TAB. I.

A 3

Tum

Tum centro C, in plano ACP, & radio CA, descripto circulo ABE; duco parallelam perpendiculari PCQ lineam HE, quæ secet circumferentiam in E: & ducta CE, ista linea CE erit radius refractus. Si enim demittatur EF perpendicularis ad lineam PQ; ista linea EF, quoniam angulus refractionis est ECQ, erit sinus refractionis radii CE. Qui sinus EF, æqualis est ipsi DH; & consequenter eam proportionem habet ad sinum incidentiæ AD, quam habent 3 ad 4.

Eodem modo si per prisma vitreum (hoc est, vitrum duobus æqualibus & parallelis triangulis ab extremitatibus suis terminatum, tribusque planis & bene politis compactum lateribus, quæ tribus parallelis lineis a ternis angulis unius extremi ad ternos angulos alterius extremi pertingentibus interjunguntur,) si, inquam, luminis per hujusmodi prisma transmissi refractionis quærat: sit ACB [Fig. 2.] planum, quo prisma ea sui parte, qua lumen transmittitur, secetur transversum per istas lineas parallelas quibus ternæ ipsius facies interjunguntur: sitque DE radius incidens in primam faciem prismatis AC, ubi lumen in vitrum ingreditur. Tum posito quod sinus incidentiæ ad sinum refractionis eam proportionem habeat, quam habent 17 ad 11; inveni EF primum radium refractum. Qui porro radius quum sit ipse radius incidens in secundam faciem vitri BC, ubi lumen egreditur; iterum refractus radius FG simili ratione invenietur, ponendo sinum incidentiæ ad sinum refractionis eam habere rationem, quæ est 11 ad 17. Si enim sinus incidentiæ ex aëre in vitrum, sit ad sinum refractionis, ut 17 ad 11; liquet sinum incidentiæ e vitro in aërem fore e contrario ad sinum refractionis, ut 11 ad 17; uti ex tertio Axiomate patet.

TAB. I. Simili fere ratione, si ACBD [Fig. 3.] sit vitrum ex utraque parte sphærice convexum (quod vulgo *lens* appellatur, quale est vitrum nistorium, aut conspiciillum vulgare, aut vitrum objectivum conspiciilli tubulati,) & quærat quomodo lumen e puncto lucido Q in hoc vitrum incidens, refringi debeat: sit QM radius incidens in quodvis punctum M primæ superfæciei sphæricæ ACB; & erigendo lineam vitro perpendicularem in puncto M. invenia-

inveniatur primus refractus radius MN , ex proportione sinuum 17 ad 11. Idem radius e vitro egressurus incidat in N ; tumque inveniatur secundus radius refractus Nq , ex proportione sinuum 11 ad 17. Qua eadem ratione inveniri quoque potest refractione, cum lens ex altera parte convexa, ex altera plana sit vel concava; aut cum ex utraque parte sit concava.

A X I O M A V I.

Radii homogenei ex diversis cujusvis objecti punctis fluentes, & in planam aut sphericam superficiem reflectentem aut refringentem, ad perpendicularum aut fere ad perpendicularum incidentes; divergent deinceps a totidem aliis punctis, aut paralleli evadent totidem aliis lineis, aut convergent versus totidem alia puncta, accurate aut saltem sine errore sensibili. Hocque idem eveniet, si radii a duabus, tribus, pluribusve planis sphericisve superficiebus successive reflectantur vel refringantur.

Punctum, a quo radii divergunt, vel ad quod convergunt, appellari potest ipsorum *Focus*. Et, si focus incidentium radiorum datus sit, focus radiorum reflexorum aut refractorum inveniri poterit, computando binorum quorumvis radiorum refractionem, sicuti supra traditum est; vel etiam facilius hoc modo.

Cas. 1. Sit ACB . [Fig. 4.] planum reflectens aut refringens, TAB. I. & Q focus incidentium radiorum, & QqC linea plano isti perpendicularis. Jam si hæc linea perpendicularis producat ad q , ita ut qC fiat æqualis QC ; punctum q erit focus radiorum reflexorum.

Vel, si qC capiatur ab iisdem partibus plani, ac ipsa QC ; habeatque eandem proportionem ad QC , quam habet sinus incidentiæ ad sinum refractionis; punctum q erit focus radiorum refractorum.

Cas. 2. Sit ACB [Fig. 5.] superficies reflectens cujusvis sphaeræ, cujus centrum sit E . Biseca quemvis ipsius radium (puta EC) in T . Et, si in isto radio, ab iisdem partibus puncti T ,

At T , sumantur puncta Q & q , ita ut TQ , TE , & Tq sint continue proportionales; & punctum Q sit focus radiorum incidentium; punctum q erit focus reflexorum.

TAB. I. CAS. 3. Sit ACB [Fig. 6.] superficies refringens cujuscvis sphaeræ, cujus centrum sit E . In quovis ipsius radio EC in utramque partem producto, capiantur æquales ET & Ct ita, ut ad istum radium eam proportionem seorsum habeant, quam habet sinum incidentiæ & refractionis is qui minor fuerit, ad differentiam ipsorum sinuum. Tum si in eadem linea inveniantur duo quævis puncta Q & q , ita ut TQ sit ad ET , ut Et ad tq ; (sumendo tq in contrarias partes a puncto t , ac TQ a puncto T ;) & punctum Q sit focus radiorum incidentium; punctum q erit focus refractorum.

Porro, eodem modo focus radiorum bis vel sæpius reflexorum aut refractorum, inveniri poterit.

TAB. I. CAS. 4. Sit $ACBD$ [Fig. 7.] lens refringens, sphaerice convexa aut concava, aut plana utraque superficie; sitque CD axis ipsius, (hoc est, linea quæ utramque ejus superficiem ad perpendicularum secet, & per centra sphaerarum transeat; inque hoc axi producto, sint F & f radiorum refractorum foci ratione supra exposita inventi, cum radii incidentes ex utraque parte lentis sint axi eidem paralleli; & diametro Ff bisecto in E describatur circulus. Finge jam quodvis punctum Q focum esse radiorum incidentium. Duc QE , quæ secet circulum prædictum in punctis T & t ; in eamque sume tq , quæ eam proportionem habeat ad tE , quam habet ipsa tE sive TE ad TQ . Sit tq a contrariis partibus puncti t , ac TQ a puncto T ; & q erit radiorum refractorum focus, sine errore sensibili; modo punctum Q non tanto intervallo ab axe distet, nec lens ipsa adeo lata sit, ut radiorum nonnulli in superficies refringentes nimio plus obliqui incident.

Simili opere, cum dati sint duo foci, inveniri possunt superficies reflectentes aut refringentes; eoque pacto forma lentis exprimi, quæ efficiat ut radii ad quemvis locum, vel à quovis loco dato, fluant.

Itaque

Itaque hujus Axiomatis summa hæc est. Si radii in aliquam planam aut sphericam superficiem sive lentem incidant, & , antequam in istam superficiem incidant, fluant a dato puncto vel ad datum punctum Q ; hi radii, postquam reflexi vel refracti fuerint, fluent a puncto q , vel ad punctum q , quod ratione supra exposita definitum fuerit. Et, si radii incidentes fluant a diversis punctis, vel ad diversa puncta, Q ; radii reflexi vel refracti fluent a totidem punctis, vel ad totidem puncta, q , quæ eadem ratione inveniri poterint. Utrum a puncto q , an contra ad istud punctum, radii hi reflexi & refracti fluant; ex ipso puncti istius situ, facile dignoscitur. Si enim istud punctum situm sit ab iisdem partibus superficiei sive lentis reflectentis aut refringentis, ac punctum ipsum Q ; & radii incidentes fluant a puncto Q : radii reflexi, ad q ; & refracti, a q , fluent. Sin autem radii incidentes fluant ad punctum Q : radii reflexi a q ; & refracti, ad q , fluent. Quod si istud punctum q situm sit a contrariis partibus ejusdem superficiei; omnia tunc contra, ac dicta sunt, evenient.

A X I O M A VII.

Quocunque in loco radii ex omnibus cujusvis objecti punctis fluentes, in totidem alia puncta, postquam reflexione aut refractione coacti fuerint, iterum conveniunt; eo in loco imaginem istius objecti, super quovis corpore albo in quod inciderint, depingent.

Exempli gratia: si $P R$ [Fig. 3.] sit corpus foris objectum; & $A B T A B$. L lens, ad cubiculi tenebricosi fenestram, operculi foramini infixæ; qua radii a quovis objecti istius puncto Q fluentes ita cogantur, ut in puncto q iterum conveniant; & chartæ albæ plagula in q , ad excipiendum lumen immissum, collocetur: objecti $P R$ imago, juxta speciem ac formam, colorumque ipsorum conveniente responsum, in chartam depicta conspicietur. Ut enim lumen quod fluit a puncto Q , pergit ad punctum q : ita lumen quod fluit ab aliis objecti punctis P & R , ad totidem alia puncta p & r , eis in imagine respondentia, perget; uti, ex sexto Axiomate, liquet. Atque hoc pacto unumquodque objecti punctum, suum in ima-

B

gine

gine punctum illuminabit ; adeoque imago depingetur , quæ debet forma atque colore ; & plane omni ratione , nisi quod inversa appareat , objecti ipsius simillima. Atque hæc porro est causa experimenti istius etiam in vulgus noti , quo rerum foris objectarum imagines in cubiculo tenebricoso super parietem aut chartæ albæ plagulam depictas excipere solent.

TAB. II. Eodem modo , cum quodvis objectum P Q R [Fig. 8.] oculis intuemur ; lumen , quod ex diversis objecti punctis fluit , ita refringitur a pellucidis oculi tunicis atque humoribus , (hoc est , ab exteriori tunica E F G , quæ *Cornea* appellatur ; & a crystallino humore A B , qui est ultra pupillam *m k* ;) ut id coactum in fundo oculi in totidem aliis punctis iterum conveniat , ibique objecti imaginem in pellicula illa , quæ *Tunica Retina* appellatur , quaque oculi fundum obiectum est , depingat. Anatomici enim , cum exteriorem illam & crassiorem pelliculam , quæ *dura mater* appellatur , oculi fundo detraxerint ; transpicientes per tunicas tenuiores , rerum objectarum imagines in eis pulchre depictas videre possunt. Quæ quidem imagines per nervorum optidorum fibras in cerebrum motu propagatæ , visus causa sunt. Pro eo enim , ut hæ imagines magis minusve distinctæ sunt , ipsum objectum magis minusve distincte visu percipitur. Si oculus aliquo forte colore ita imbutus sit , (quomodo evenit cum quis ictero laborat) ut imagines in fundo oculi isto colore tinctæ sint ; omnia corpora objecta tum isto colore itidem videntur infecta. Si oculi humores progrediente ætate deficientes ita imminuantur , ut tunica cornea & humoris crystallini integumentum se in planiorem superficiem contrahant ; lumen minus æquo refringetur , eaque de causa non conveniet in fundo oculi , sed in loco aliquo ulteriori ; & proinde imago in fundo oculi paulo confusius depingetur ; quæ imago pro eo ut magis minusve confusa fuerit , ipsum itidem objectum videbitur confusum. Hæc causa est , quamobrem senibus plerunque visus deficiat : Atque hinc etiam apparet , quomodo conspici illa ipsis multum adjumento sint ad distincte videndum. Ista enim vitra convexa , oculi jam in compressiorem

figu-

figuram se contrahentis defectum rotunditatis explent; & refractionem augendo, efficiunt ut radii citius solito convergentes, distincte in fundo oculi conveniant; modo vitrum, pro ratione compressioris oculi figuræ, apta factum sit proportionem convexum. Jam vero myopes, quorum oculi nimium globosi sunt, ideoque non nisi propius admota cernunt, omnia contra quam diximus experiuntur. In horum enim oculis, cum refractione nimia sit, radii ita convergunt, ut intra oculum prius conveniant, quam fundum ejus attigerint: ac proinde imago in fundo oculi depicta, & consequenter visio ipsa, non erit distincta; nisi vel objectum adeo prope ad oculum admoveatur, ut locus, quo radii coituri convergunt, jam remotior factus, in fundum oculi incidat; vel nimiae oculi rotunditati subventum sit, refractionesque minuantur, adhibendo vitrum apta proportionem concavum; vel ipsa tandem ætate oculus compressior factus, aptam figuram sortiatur. Myopes enim proveciori ætate corpora remotius objecta distinctius cernere incipiunt, ideoque visum habere durabiliorem creduntur.

A X I O M A V I I I.

Objectum, quod interveniente reflexione aut refractione aspiciatur, eo semper in loco situm videtur, unde radii post ultimam reflexionem aut refractionem divergunt, quo tempore in oculum spectatoris incidunt.

Si objectum A [Fig. 9.] interveniente speculi *m n* reflexione TAB. II. inspiciatur; videbitur id, non proprio in loco A, sed post speculum eo in loco *a*, unde radii quilibet, A B, A C, A D, qui ex uno eodemque objecti puncto fluxerant, divergunt jam, (postquam reflexi fuerunt in punctis B, C, D,) in transitu suo a vitro ad puncta E, F, G, ubi in oculos spectatoris incidunt. Hi enim radii talem omnino imaginem in oculorum fundo depingunt, qualem iidem ab objecto in loco *a* revera collocato fluentes, sine interposito speculi, depinxissent: Omnisque in universum visio, istius imaginis situi atque figuræ congruenter, semper efficitur.

B 2

Simi-

TAB. I. Similiter, objectum D [Fig. 2.] per prisma inspectum, non suo in loco D videtur: sed alio transfertur in locum aliquem d , qui in ultimo refracto radio FG , retro ab F ad d ducto, situs sit.

TAB. II. Simili quoque ratione objectum Q , [Fig. 10.] per lentem AB inspectum, eo in loco q collocatum videtur, unde radii, in transitu suo a lente ad oculum, divergunt. Observandum est autem; objecti imaginem q , tanto maiorem aut minorem quam ipsum objectum Q , videri, quanto distantia imaginis q a lente AB , major minorve est quam distantia objecti ipsius Q ab eadem lente. Quod si objectum per bina plurave hujusmodi vitra convexa aut concava inspectum fuerit; unumquodque vitrum novam imaginem effinget; objectumque eo in loco eaque magnitudine videbitur, quæ erant ultimæ imaginis locus atque magnitudo. Ex hac observatione pendet tota microscopiorum telescopiorumque theoriæ explicatio. Etenim in hoc fere posita est ea universa theoria, ut exponatur talium vitrorum conficiendorum ratio, quæ ultimam objecti imaginem tam distinctam tamque magnam tamque luminosam repræsentent, quam possit commode exhiberi.

In his Axiomatibus eorumque explicatu, quicquid antehac de rebus ad Opticen pertinentibus traditum fuerit, breviter atque summatim videor mihi exposuisse. De quibus enim inter omnes fere convenit, ea, in his quæ infra dicenda sunt explicandis, tanquam principia adhibere mihi licere existimabo. Atque hæc quidem sufficiant, quæ loco introductionis dicta sint in eorum lectorum gratiam, qui cum sint acri quidem & perspicaci ingenio, nondum tamen in studio Optices versati fuerint. Melius tamen atque facilius hæc, quæ sequuntur, intelligent, & cogitatione assequantur ii, qui antea in his rebus aliquid operæ atque studii posuerint, & vitra tractare assueti fuerint.

PROPO-



PROPOSITIONES.

PROPOSITIO I. THEOREMA I.

Lumina, quæ colore differunt, ea itidem refrangibilitatis gradibus inter se differunt.

Probatio ab Experimentis desumpta.

EXPERIMENTUM I.



HARTAM accepi nigram, oblongam, rigidam, lateribus inter se parallelis definitam; eamque linea transversa, ad perpendicularum ab uno latere ad alterum ducta, mediam in duas æquales partes dispertivi. Harum partium alteram colore rubro infeci; alteram cæruleo, sive indico ad violaceum accedente. Charta ipsa nigerrima erat, coloresque largi ac saturi, atque insuper crasse illiti; ut phænomenon evidentius ac notabilius exhiberetur. Chartam istam duobus coloribus hoc modo discretam,

B 3

per

per prisma inspexi ex vitro solidum conflatum; cujus *cæ* binæ facies, per quas lumen ad oculum transmitteretur, planæ erant ac perpolitæ; angulumque circiter sexaginta graduum inter se continebant: quem quidem angulum, refringentem prismatis angulum appello. Dum chartam hoc modo intuerer, eam & prisma ita ante fenestram collocavi, ut chartæ latera essent prismati parallela; eaque latera, atque ipsum insuper prisma, horizonti parallela; & linea transversa, fenestræ plano perpendicularis; lumen etiam a fenestra in chartam incidens, & charta ipsa, angulum inter se continerent ei æqualem, quem eadem charta, & lumen jam inde ad oculum reflexum, inter se itidem continebant. Ultra prisma, paries cubiculi subter fenestram panno nigro obtectus erat, atque ipse insuper pannus tenebris undique circumseptus; nequid luminis inde reflecteretur, quod prope chartæ extremitates ad oculum transiens, sese lumini a charta reflexo immisceret, eoque pacto experimentum inturbaret. His ita dispositis; quæ observabam, hujusmodi erant. Si angulus refringens prismatis sursum convertatur, ita ut charta refractione altius attolli videatur; dimidia ejus pars illa, quæ erit colore cæruleo infecta, altius videbitur refringendo attolli, quam illa quæ erit rubra. E contrario autem, si prismatis angulus refringens deorsum convertatur, ita ut charta refringendo deorsum ferri videatur; tum cærulea ejus pars aliquanto inferius demitti videbitur, quam rubra. Quamobrem in utroque horum casuum, id luminis, quod a cærulea chartæ parte per prisma ad oculum fluit, majorem in eisdem circumstantiis refractionem patitur, quam id quod fluit a parte rubra; & consequenter, magis refrangibile est.

TAB. II. *ILLUSTRATIO.* In schemate undecimo, MN [Fig. II.] exhibet fenestram; & DE chartam, lateribus DI & HE inter se parallelis definitam, & linea transversa FG dispartitam in binas partes æquales, quarum altera DG colore cæruleo saturo, altera FE colore rubro saturo infecta sit. BAC *cab* repræsentat prisma, cujus facies refringentes AB *ba* & AC *ca* interjunguntur in commissa refringentis anguli A *a*. Hæc angulata

gulata acies *A* α sursum spectans, parallela est & horizonti & simul extremitatibus chartæ inter se parallelis *DI* & *HE*; & linea transversa *FG* plano fenestræ perpendicularis est. Porro *de* est chartæ imago refractione ea, quæ fit sursum versus, ita repræsentata, ut pars cærulea *DG* altius sublata sit ad *dg*, quam pars rubra *FE* ad *fe*; ac proinde majorem passa sit refractionem. Quod si acies refringentis anguli deorsum conversa sit; jam chartæ imago deorsum refringetur, puta ad *de*; & pars cærulea refringendo inferius demittetur ad *dy*, quam pars rubra ad *de*.

EXPERIMENTUM II.

Chartæ ante memoratæ, cujus dimidiæ partes colore rubro & cæruleo seorsum infectæ erant, quæque papyri conglutinatæ spissitudine erat ad rigiditatem, tenue serici nigerrimi filum sæpius circumvolvebam; ita ut singula fila in charta colorata, tanquam totidem lineæ nigræ superinductæ, aut longæ tenuisque umbræ in eadem projectæ conspicerentur. Licuerat lineas nigras calamo ducere; sed fila serica tenuiora erant, & distinctiori termino definita. Chartam, hoc modo coloribus inductam & lincis nigris distinctam, ad parietem admovi, situque ad horizontem perpendiculari ita collocavi, ut colorum alter ad dextram esset positus, alter ad sinistram. Ante chartam, in colorum confiniis, ab inferiori parte, & parvo admodum interjecto intervallo, candelam apposui; quæ lumen quam clarissimum chartæ affunderet: noctu enim capiebatur experimentum. Flamma candelæ ad inferiorem chartæ marginem altitudine pertingebat, vel paullo supra eam ferebatur. His ita dispositis; ex adverso chartæ, sex pedum & unius duarumve unciarum intervallo, crexi super tabulato lentem vitream uncias $4\frac{1}{4}$ latam, quæ radios e diversis chartæ partibus fluentes ita colligeret, ut ii ad totidem alia puncta ex altera parte, eodem sex pedum & unius duarumve unciarum intervallo, ultra lentem convergerent; eoque pacto chartæ coloratæ imaginem in charta alba ibi collocata depingerent; eodem modo quo lens in fenestræ foramine infixæ, corporum foris

ris objectorum imagines in cubiculo tenebricoso chartæ albæ plaga exceptas depingit. Chartam istam albam, situ & ad horizontem & ad radios sibi a lente incidentes perpendiculari erectam, ultro citroque, modo lentem versus, modo a lente, movebam; ut quibus in locis cærulearum rubrarumque chartæ coloratæ partium imagines maxime distinctas se exhiberent, invenirem. Loca ista facile dignoscebam, ex imaginibus linearum nigrarum, quæ erant ipsa fila serica in chartam, ut dixi, convoluta. Etenim imagines subtilium istarum tenuissimarumque linearum, (quæ summo suo nigrore ad umbrarum in coloribus projectarum similitudinem accedebant,) confusæ erant & vix discerni potuerunt; nisi quo tempore colores, ex utraque parte cujusque lineæ, terminis maxime distinctis definiebantur. Contemplatus igitur, qua potui summa accuratione, quibus in locis rubrarum cærulearumque chartæ coloratæ partium imagines quam maxime distinctæ apparerent; observavi id ita se habere, ut quo in loco rubra chartæ pars videbatur distincta, eo in loco pars cærulea semper confusa videretur, adeo ut lineæ nigræ ei inductæ vix dici potuerint: E contrario autem, quo in loco cærulea chartæ pars maxime distincta videbatur, eo in loco pars rubra semper videretur confusa, adeo ut lineæ nigræ ipsi inductæ jam vix discerni potuerint: Quodque interea duo loca, in quibus hæ duæ imagines seorsum distinctæ videbantur, spatii interjaceret; id sesqui-uncie intervallum esset. Etenim quo tempore rubra chartæ coloratæ pars maxime distinctam sui imaginem exhibebat; charta alba, qua hæ imagines excipiebantur, & lens, sesqui-uncie intervallo longius inter se distabant, quam quo tempore partis cæruleæ imago maxime distincta videbatur. Cum itaque utriusque incidentia in lentem plane eadem esset; color cæruleus a lente plus refringebatur, quam ruber: adeo ut sesqui-uncie intervallo propius a lente, quam color ruber, convergeret; & consequenter magis sit refrangibilis.

TAB. II. *ILLUSTRATIO.* In schemate duodecimo, DE [Fig. 12.] exhibet chartam coloratam; D G partem ejus cæruleam; F E partem rubram; MN lentem; H I chartam albam eo in loco positam,

fitam, ubi partis rubræ imago, una cum suis lineis nigris, distincta videbatur; & *h i* eandem chartam eo in loco positam, ubi partis cæruleæ imago videbatur distincta. Locus *h i* sesqui uncia intervallo propius, quam locus *H I*, a lente *M N* distabat.

SCHOLIUM. Idem erit hujusce experimenti eventus, utcumque quædam circumstantiæ variantur. Exempli gratia: In primo experimento, si prisma & charta ad horizontem quovis angulo inclinentur; & in utroque experimento, si lineæ coloratæ in charta nigerrima ductæ sint; exitus experimenti nihil immutabitur. Verum enimvero, in hisce experimentis describendis, eas volui adhibere circumstantias, quibus vel ipsum phænomenon clarius atque evidentius exhiberi posset, vel quibus tiro rem facilius experiretur, vel tandem quibus solis ut ipse usus fuerim acciderit. Atque hoc idem sæpius in sequentibus experimentis describendis feci: De quibus omnibus hoc in loco lectorem semel monuisse, satis sit. Observandum est autem, ex hisce experimentis non id continuo effici, ut illud omne lumen, quod e charta cærulea fluit, magis refrangibile putandum sit, quam id omne quod fluat e rubra: utrumque enim istorum luminum ex radiis diverse refrangibilibus compositum est; adeo ut in isto rubro lumine nonnulli sint radii nihilo minus refrangibiles quam radii in cæruleo, & in isto cæruleo lumine nonnulli sint radii nihilo magis refrangibiles quam radii in rubro. Sed istiusmodi radii, ad totius luminis rationem, perpauci sunt; & id efficiunt, ut experimenti successus minuatur, nequaquam autem ut penitus impediatur. Quum enim colores ruber & cæruleus dilutiores & languidiores essent; imagines ante dictæ, minus quam sesqui-uncie intervallo, inter se distabant: quum autem hi colores largiores & saturatiores essent; eæ imagines, uti inferius exponetur, majori intervallo inter se distabant. Atque hæc quidem sufficiant, quæ, ad hanc propositionem comprobandam, in corporum naturalium coloribus capta sint experimenta. In illis enim coloribus, qui prismatum refractione sese exhibent, veritas hujusce propositionis, ex iis quæ in sequenti propositione enarranda sunt experimentis, uberius apparebit.

G

PROP.

PROPOSITIO II. THEOREMA II.

Lumen Solis constat ex radiis diverse refrangibilibus.

Probatio ab experimentis desumpta.

EXPERIMENTUM III.

IN cubiculo valde tenebricoso, ad rotundum fenestræ operculi foramen, quod erat circiter tertia uncix parte latum, prisma vitreum admovi; quo Solis luminis radius, per id foramen in cubiculum transmissus, sursum versus ad oppositum parietem refringeretur, ibique coloratam Solis imaginem exhiberet. Prismatis axis (hoc est, linea per medium prisma ab uno extremo ad alterum, situ ad anguli refringentis aciem parallelo transiens,) erat in his & sequentibus experimentis ad radios incidentes perpendicularis. Circa hunc axem lente converso prismate; lumen refractum, sive coloratam Solis imaginem in pariete depictam, primo descendere, deinde ascendere observabam. Inter descensum & ascensum istum, cum imago consistere & morari videretur, prisma cohibui, eoque in positu fixum retinui, ne moveretur amplius. Etenim in ea prismatis positione, luminis refractiones quæ fierent in duobus anguli refringentis lateribus, hoc est, ad ingressum & egressum luminis, æquales erant inter se. Similiter, in aliis experimentis, quotiescunque id agerem, ut refractiones in utraque prismatis facie inter se essent æquales; notavi locum ubi Solis imago lumine refracto depicta, inter duos contrarios motus suos, in communi progressus & regressus sui confinio, consistere atque morari videretur: & cum in istum locum incideret imago, prisma cohibui fixumque retinui. Atque in hac quidem positione, quippe omnium convenientissima, intelligendum est prismata omnia in sequentibus experimentis esse collocata: nisi ubi alia aliqua positio nominatim describetur. Prismate igitur hac in positione collocato; lumen refractum chartæ
albæ

albæ plagula, ad perpendicularum radiis objecta, in opposito cubi-
culi pariete excepti; solarisque imaginis in chartam eo lumine depictæ
figura atque mensuræ, quæ essent, adnotavi. Imago oblonga erat,
non tamen ovalis, sed duabus rectis interque se parallelis lineis a
lateribus, & duobus semicirculis ab extremitatibus, terminata. A
lateribus definiebatur terminis satis quidem distinctis: ab extre-
mitatibus autem, finibus valde confusis & minime distinctis; lu-
mine istis in locis deficiente paulatim, & evanescente. Latitudo
imaginis ea erat, quæ Solis diametro responderet; utpote uncias
 $2\frac{1}{8}$ complectens, inclusa penumbra. Quippe imago, intervallo
octodecim pedum cum dimidio, a prismate distabat: quo
quidem intervallo interjecto, prædicta imaginis latitudo,
(subducta foraminis in operculo fenestræ diametro, hoc est, $\frac{1}{4}$
unciæ,) subtendebat angulum ad prisma circiter dimidii gradus,
qui est Solis apparens diameter. At longitudo imaginis erat uncia-
rum circiter $10\frac{1}{4}$; laterumque rectilineorum longitudo, circiter
octo unciarum; & angulus refringens prismatis, quo imago tanta
longitudine exhibita est, erat 64 graduum. Quum iste angulus
minor esset, longitudo imaginis itidem minor erat, latitudo au-
tem eadem quæ prius. Si prisma circa axem suum eam in par-
tem convertebatur, quæ efficeret ut radii e secunda refringente
prismatis facie obliquius, quam ante, emergerent; imago conti-
nuo unam duasve uncias, aut plus eo, se in longitudinem am-
plius extendebat. Sin prisma in contrarias partes convertebatur,
ita ut radii jam in primam refringentem faciem obliquius incide-
rent; imago statim uncia una atque altera in brevitatem se con-
trahebat. Quocirca in hoc experimento capiendo, qua potui
summa accuratione id mihi agendum existimavi, ut ratione su-
pra exposita prisma eo in situ diligenter mihi collocatum foret,
quo radiorum e prismate emergentium refractiones pares essent
refractionibus radiorum in prisma incidentium. In prismate, quo
usus sum, erant quidem venulæ aliquæ se ab una extremitate ad
alteram per vitrum diffundentes; quibus radiorum nonnulli quo-
quo versus quidem irregulariter dispergebantur: verum in imagine
colorata in longitudinem extendenda, nihil quicquam effecerunt

hæ venæ. Etenim idem experimentum in aliis prismatibus cepi; eundemque semper exitum habebat. Et specialiter, quum prisma uterer huiusmodi venis perquam immuni, & cujus angulus refringens esset graduum $62\frac{1}{2}$; inveni longitudinem imaginis, intervallo pedum $18\frac{1}{2}$ a prismate, esse unciarum $9\frac{1}{4}$ aut 10; foraminis autem in fenestræ operculo latitudo erat, ut prius, $\frac{1}{4}$ uncia. Porro, quoniam in prismate apte recteque collocando proclive est errare; experimentum ter, quater, sæpius repetebam; imaginisque longitudinem semper eam, quam dixi, inveniēbam. Quum alio prismate, ex vitro adhuc pellucidiori politiorique, uterer; quod venis itidem immune videretur, cuiusque angulus refringens, esset graduum $63\frac{1}{2}$; imaginis longitudo, eodem intervallo pedum $18\frac{1}{2}$ a prismate, erat iterum unciarum circiter 10 aut $10\frac{1}{2}$. Ultra hos fines, spatio circiter $\frac{1}{4}$ aut $\frac{1}{2}$ uncia, ab utraque imaginis extremitate, lumen e nubibus proveniens colore rubro & violaceo nonnihil tinctum videbatur; verum id coloris adeo languidum erat ac dilutum, ut a radiis quibusdam ipsius imaginis, quos forte inæqualitates quædam vel in ipso vitro, vel in faciebus ejus, irregulariter disperierint quoquoersus, ortum id vel omnino, vel saltem maxima ex parte, suspicatus sim: ideoque hosce colores, in mensurarum supra expositarum rationem, non sum complexus. Ad hæc, varia foraminis, in operculo fenestræ, magnitudo; varia prismatis, qua parte lumen transmitteretur, crassitudo; variaz insuper prismatis ad horizontem inclinationes; longitudinem imaginis nihil quicquam ad sensum immutabant. Neque vero diveria ipsa, ex qua prismata constarent, materia, quicquam immutabatur ista longitudo. Nam quum vase ex politis vitri lamellis in formam prismatis, conclusa intus aqua, conglutinatis uterer; similis plane erat experimenti exitus, secundum proportionem refractionis. Observandum est præterea, radios a prismate ad usque imaginem, semper rectis in lineis progressos; ac proinde, simul ut primum e prismate exierant, eam omnem inter se inclinationem habuisse, unde imaginis longitudo oriebatur; hoc est, inclinationem quæ esset graduum amplius duorum

rum cum dimidio. Et tamen, secundum Optices leges vulgo receptas, omnino nullo modo fieri potuit, ut hi radii tantum inter se inclinationis haberent. Sit enim *E G*, [*Fig. I.*] TAB. III. fenestræ operculum; *F*, foramen per quod Solis luminis radius in cubiculum tenebricosum immittebatur; & *A B C* planities triangula animo concepta, qua prisma ea sui parte, per quam luminis pars media permeat, transversum secetur; vel, si ita potius videtur, sit *A B C* ipsum prisma, extremitate sua propiori directo ad spectatoris oculum obversa; *XY*, Sol; *M N* charta, qua Solis imago colorata excipitur; & *P T* imago ipsa, lateribus ad *u* & *w* rectilineis interque se parallelis, extremitatibus autem *P* & *T* in semicirculos desinentibus. Sint denique *YK HP* & *XLIT* duo radii: quorum prior, ab inferiori parte Solis ad superiorem partem imaginis proficiscens, interjecto prisma refringitur in punctis *K* & *H*; posterior autem a superiori parte Solis ad inferiorem partem imaginis proficiscens, refringitur in punctis *L* & *I*. Jam quoniam posuimus, refractiones ex utraque parte prismatis inter se esse æquales: hoc est, refractionem quæ est ad *K*, ei esse æqualem quæ est ad *I*; & refractionem ad *L*, ei æqualem quæ est ad *H*: ita ut refractiones radiorum ad *K* & *L* incidentium simul sumptæ, refractionibus radiorum ad *H* & *I* emergentium simul sumptis æquales sint: sequitur, æqualia æqualibus adiungendo, fore ut refractiones itidem ad *K* & *H* simul sumptæ, æquales sint refractionibus ad *I* & *L* simul sumptis; ac proinde, ut isti duo radii, cum sint æque refracti, eandem inter se post, ac antequam refracti fuerint, inclinationem habere debeant; hoc est, inclinationem, quæ, pro Solis diametri longitudine, sit dimidii gradus: etenim ea erat radiorum, ante refringendum, ad se invicem inclinatio. Itaque, his ita positis, longitudo imaginis *P T*, ex legibus Optices vulgo receptis, subtendere deberet angulum ad prisma, qui esset dimidii gradus: quæ quidem longitudo æqualis foret ipsi latitudini *u w*; & consequenter imago plane rotunda esset. Atque hæc quidem prorsus ita se haberent, si bini isti radii *XLIT* & *YKHP*, reliquique omnes ex quibus Imago *P^w T^u* constat, æque essent refrangibiles. Cum igitur e con-

trario experientia evincatur, imaginem istam non rotundam esse, sed latitudinem ipsius circiter quinque partibus longitudine superari: omnino radii, qui majori refractione ad superiorem imaginis extremitatem P mittuntur, magis; quam ii qui ad inferius ejusdem extremum T progrediuntur, refrangibiles sint necesse est; nisi ea forte sit refractionis hujusce inæqualitas, quæ casu possit accidere.

Imago ista P T sic erat colorata, ut extremitas ipsius ea, quæ minime refringeretur, T, rubra esset; extremitas autem altera P, quæ maxime refringeretur, violacea; partesque mediæ ex ordine, flavæ, virides, & cæruleæ. Quo quidem amplius firmatur id, quod erat prima propositione comprobandum; nempe, quæ lumina colore differant, ea itidem refrangibilitate inter se differre. Longitudinem imaginis in experimentis ante dictis, ab usque extremo & languidissimo colore rubro ex una parte, ad extremum & languidissimum colorem cæruleum ex altera parte, dimensus sum; dempta penumbra quadam, cujus latitudo quadrantem unciae vix superabat, ut supra dictum est.

EXPERIMENTUM IV.

TAB. I.
FIG. 2.

In radio Solis per fenestræ operculi foramen in cubiculum transmissio, interjecto aliquot pedum a foramine intervallo, prisma in manu ea positione tenui, qua axis ipsius ad perpendicularum isti radio objectus esset. Per prisma ita collocatum, inspexi foramen: conversoque hac illac circa axem suum prismate, ut foraminis imago vicibus ascendere & descendere videretur; cum inter duos hosce contrarios motus consistere atque morari imaginem observarem, prisma fixum retinebam, ut refractiones ex utraque parte anguli refringentis, (quomodo in prioribus experimentis factum est,) inter se essent æquales. Per prisma hoc in situ fixum, foramen attentius inspiciens, observabam longitudinem refractæ ipsius imaginis, multis partibus superare latitudinem suam; partemque illius eam, quæ maxime refracta esset, violaceam videri; quæ

quæ minime, rubram; partesque medias ex ordine, cæruleas, virides, & flavas. Idem plane eveniebat, quum per prisina e lumine Solis remotum, foramen splendore nubium solummodo illuminatum inspicerem. Et tamen, si refractionis secundum unam certam (uti vulgo existimatur) sinuum incidentiæ & refractionis proportionem, regulariter efficeretur; refractam istam foraminis imaginem, omnino rotundam apparere oportuisset.

Ex his itaque duobus experimentis apparet, in similibus plane incidentiis notabilem esse refractionum inæqualitatem. Verum unde tandem hæc oriatur inæqualitas; utrum ex eo, quod radiorum incidentium alii magis refringantur, alii minus, idque certa aliqua ac constanti ratione; an vero casu hæc omnia eveniant; an ex eo denique, quod unus idemque radius refractione conturbetur, discutiatur, dilatetur, & diffusus quodammodo in multos divergentes radios diffundatur; in qua sententia erat *Grimaldus*: Hoc quidem ex experimentis ante dictis nondum constat; ex istis autem quæ sequuntur, satis apparebit.

EXPERIMENTUM V.

Cum igitur ita mecum cogitarem; si Solis imago, qualem in tertio supra experimento descripsi, in speciem istam oblongam producta esset, vel dilatatione cujusque radii, vel alia quavis refractionum inæqualitate, tali, quæ posset casu accidere; fore necessario, ut eadem oblonga imago iterum refracta in latus, jam secunda ista dilatatione radiorum, aut quæcunque fuisset fortuita illa refractionum jam in latus factarum inæqualitas, in latitudinem æque, atque ante in longitudinem, extenderetur: Cum hæc, inquam, mecum cogitarem; succurrit ut experirer, quis esset futurus secundæ hujusmodi refractionis effectus. Hunc itaque in finem, omnibus eodem modo atque in tertio experimento dispositis, prisma alterum proxime post primum situ transverso apposui, quod Solis luminis radium, sibi e primo prismate incidentem, denuo refringeret. A primo prismate hic radius refringebatur sursum versus; a secundo,

secundo, in latus. Eventus autem experimenti is erat, ut secundi prismatis refractione latitudo imaginis nihil plane augeretur; superior autem ipsius pars, quæ in primo prisma maximam passæ esset refractionem, coloremque violaceum & cæruleum exhibuisset, eadem in secundo prisma majorem iterum refractionem pateretur, quam inferior ejus pars quæ rubra atque flava visa fuerat: hocque sine ulla dilatatione imaginis in latitudinem.

TAB. III.

I L L U S T R A T I O. Sit S, Sol; [Fig. 14.] F, foramen in fenestra; A B C, prisma primum; D H, prisma secundum; Y, rotunda imago Solis, directo luminis radio, cum nullum interpositum sit prisma, in parietem projecta; P T, oblonga Solis imago, quam radius per primum solum prisma transmissus, antequam prisma secundum apponatur, exhibeat; *p t* autem, imago ea, quæ transversis amborum prismatum refractionibus effecta sit. Jam si radii, qui ad diversa rotundæ imaginis Y puncta tendunt, dilatati refractione primi prismatis ita diffunderentur, ut deinceps non in singulis lineis ad singula puncta proficiscerentur, sed singuli radii diffusi atque discussi, jam e radiis linearibus in totidem superficies radiorum a puncto refractionis divergentium, & in eadem cum incidentiæ & refractionis angulis planitie jacentium, commutati essent; adeo ut in istis planitiebus, ad totidem lineas fere ab uno extremo imaginis P T ad alterum protensas, singuli ferrentur; eaque causa esset, quamobrem imago oblonga fiat: si hæc, inquam, ita se haberent; utique iidem radii, eorumque singulæ partes, ad diversa imaginis P T puncta tendentes, iterum jam transversa prismatis secundi refractione dilatari deberent, atque in latus diffundi; adeo ut imaginem quadratam, qualis ad *7* depicta est, exhibituri essent. Quod ut melius atque facilius intelligatur; distingue imaginem P T in quinque æquales partes, P Q K, K Q R L, L R S M, M S U N. N U T. Et qua irregularitate lumen rotundum Y, refractione primi prismatis dilatatum, producat in imaginem oblongam P T: eadem ratione lumen P Q K, quod spatio tum longitudine tum latitudine simili plane, atque ipsum Y, continetur; refractione secundi prismatis dilatari debeat.,

& in imaginem oblongam $\pi q k p$ produci: Lumen K Q R L
 itidem, in imaginem oblongam $k q r l$; & lumina L R S M,
 M S U N, N U T, in totidem alias imagines oblongas, $l r s m$,
 $m s u n$, $n u t$, producantur oportebit: quæ quidem omnes
 imagines oblongæ, imaginem quadratam πT conficerent. Atque
 hæc quidem ita se haberent necessario; si singuli radii refractione
 dilatati in totidem triangulas radiorum a puncto refractionis di-
 vergentium superficies diffunderentur. Etenim secunda refractione
 radii in unam partem æque diffunderentur necesse est, ac prima
 refractione erant diffusi in alteram; eoque pacto imago refractione
 secunda in latitudinem æque dilataretur, ac priori dilatata erat
 in longitudinem. Hocque idem omnino accidere deberet, si quo
 casu fortuito radiorum alii magis, alii minus, refringerentur.
 Verum enimvero res ipsa longe aliter se habet. Nam prismatis
 secundi refractione imago P T, non latior facta est, sed obliqua
 solummodo; quomodo ad $p t$ depicta est; superiori ipsius ex-
 tremo P refractione longius translato, quam inferiori extremo
 T. Itaque id luminis, quod ad imaginis superius extremum P
 ferebatur, in secundo prisma (positis æqualibus incidentiis)
 magis refringebatur, quam id quod ferebatur ad inferius extre-
 mum T: hoc est, radii qui erant colore cæruleo & violaceo,
 plus refringebantur, quam qui rubro erant & flavo; ac proinde
 magis refrangibiles erant. Istud idem lumen, refractione prio-
 ris prismatis, longius, quam reliquum lumen, a loco Y, quo
 ante refringendum tendebat, translatus fuerat. Quare id tam in
 primo prisma, quam in secundo, majorem subiecit refractionem;
 & consequenter plus, quam reliquum lumen, refrangibile erat,
 etiam ante quam in primum prisma incideret.

Aliquando post secundum prisma, tertium apposui, vel etiam
 quartum; quibus imago sæpius refringeretur in latus. Verum
 horum omnium experimentorum is unus erat exitus, ut qui ra-
 dii in primo prisma plus quam reliqui refringebantur, itidem in
 reliquis prismatibus plus itidem refringerentur: idque sine ulla
 imaginis dilatatione in latus. Quamobrem isti radii, eo quod
 certa ac constanti ratione plus quam reliqui refringantur, me-

D.

rito

rito appellari possunt *magis refrangibiles*.

Sed ut hoc experimentum quo spectet, clarius appareat; concipiendum est radios, qui sint æque refrangibiles, eos omnes in circulum unum incidere, qui Solis globo respondeat. Id enim jam ante in tertio experimento probavimus. Circulum autem cum dico, non id hic ita intelligendum velim, ac si circulum perfectum & geometricum dicerem: sed figuram quamlibet orbicam intelligo, cujus longitudo ac latitudo sint inter se æquales, quæque ad sensum possit circulus videri. Sit igitur

TAB. III. A G [Fig. 15.] circulus, quem radii maxime refrangibiles, quotquot e toto Solis globo fluunt, unum universi, si soli essent, illuminarent & in opposito pariete depingerent: similiter E L, circulus quem universi radii minime refrangibiles, si & ipsi itidem soli essent, eodem modo illuminarent: denique B H, C I, D K, circuli quos totidem media radiorum genera super parietem ordine depingerent, si suo singula ordine, interceptis reliquis omnibus, e Sole propagarentur. Finge porro alios innumeros circulos interjectos, quos alia innumera media radiorum genera suo singula ordine in pariete depingerent, si seorsum e Sole singula ordine emitterentur. Et quoniam revera hæc omnia radiorum genera e Sole simul emittuntur, liquebit necessum fore, ut ea omnia uno eodemque tempore emissa, innumeros circulos inter se æquales illuminent atque depingant; ex quibus universis, in ordinem continuum pro sua cujusque refrangibilitate collocatis, imago ista oblonga P T, quam ante in tertio experimento descripsimus, composita sit. Quod si jam

TAB. III. ita comparata esset rotunda illa Solis imago Y, [Fig. 14. & 15.] quæ a radio luminis nondum refracto depingitur; ut vel dilatatione aliqua radiorum singulorum, vel alia quavis fortuita in priori prismate refractionis inæqualitate, produceretur in oblongam istam imaginem P T: utique eadem ratione, singuli istius imaginis circuli A G, B H, C I, &c. transversa secundi prismatis refractione radios iterum dilatante aut quovis alio modo (ut prius) dispergente, deberent similiter protendi & in figuram oblongam immutari: quo pacto imago P T jam in latitudinem

tudinem æque extenderetur, ac imago Y refractione primi prismatis producta erat ante in longitudinem: & consequenter refractionibus amborum prismatum, omnino effingi deberet imago quadrata, qualem ante descripsi, $p\pi t\gamma$. Cum igitur e contrario, latitudo imaginis P T non augeatur refractione ea quæ fit in latus; liquet radios ea refractione non diffindi, nec dilatari, nec ulla alia ratione, quæ possit casu accidere, dispergi; sed unumquemque circulum regulari & uniformi refractione, integrum alio transferri; exempli gratia, circulum A G refractione maxima transferri ad ag ; circulum B H, refractione minori, ad bb ; circulum C I, refractione adhuc minori, ad ci ; & reliquos simili proportionem; atque hoc pacto novam imaginem $p t$, ad priorem P T aliquantum inclinatam, ex circulis similiter in recta linea ordine dispositis componi. Quos quidem circulos, eadem esse magnitudine, atque primos, necesse est; quia latitudines omnium imaginum, Y, P T & $p t$, quando æqualibus intervallis a prismatibus distant, sunt inter se æquales.

Observabam præterea, ex latitudine foraminis F, per quod lumen in cubiculum tenebricosum transmittitur, penumbram oriri in circuitu imaginis Y; eamque penumbram, in rectilineis imaginum P T & $p t$ lateribus, usque manere. Collocavi igitur in isto foramine lentem, sive vitrum objectivum telescopii; quod Solis imaginem distincte sine ulla penumbra in Y projiceret. Ex quo effectum est, ut ea etiam penumbra, quæ rectilineis imaginum oblongarum P T & $p t$ lateribus adhæserat, penitus sublata fuerit; eaque latera tam distinctis terminis definita apparent, quam ipse primæ imaginis Y circuitus. Atque hæc quidem ita se habebunt; si vitrum, ex quo prismata constant, venulis sit immune, prismatumque facies accurate planæ sint, & perpolitæ, sine rasuris istis undatim curvis, quæ innumeræ ex parvis foraminibus ab arena restantibus, & stanni usti politura detritis aliquantulum ac complanatis, oriri solent. Quinimo, si vitrum politum solummodo, & venulis immune; facies autem prismatum non accurate planæ sint, sed, ut fit, convexæ aliquantulum aut concavæ; nihilo tamen minus fieri potest, ut tres

istæ imagines Y , PT , & pt , penumbris carcant : at non inæqualibus a prismatibus distantis. Jam vero ex eo, quod nullæ penumbrae apparent, hoc certo certius colligebam; circulorum ante dictorum unumquemque, admodum regulari aliqua, uniformi, & certa ac constanti ratione refractum fuisse. Nam si fortuita ulla refractionis fuisset inæqualitas; nullo modo fieri potuisset, ut lineæ rectæ AE & GL , quas singuli imaginis PT circuli tangunt, transferrentur ea refractione in lineas ae & gl , quæ ipsæ usque distinctæ & rectæ æque forent, ac fuerant priores AE & GL : sed omnino in istis lineis e loco in locum translatis, penumbra quædam aut curvatura undulata, aut alia aliqua manifesta perturbatio, necessario oriretur; contra quam experientia compertum est. Quamcunque penumbram aut perturbationem transversa prismatis secundi refractione, forte in circulis, ex quibus imago composita est, effecerit; ea omnis penumbra aut perturbatio, in lineis rectis ae & gl , quas isti circuli tangunt, conspiceretur necesse est. Quamobrem, cum in istis lineis rectis nulla sit hujusmodi penumbra aut perturbatio; utique nec in ipsis circulis ulla est. Cum intervallum, quo istæ tangentes inter se distant, hoc est, latitudo imaginis, refractionibus non augeatur; consequens est, neque circulorum diametros auctas esse. Cum istæ tangentes, adhuc lineæ rectæ sint; utique singuli circuli qui a priori prismate magis minusve refracti fuerint, iidem accurate eadem proportionem magis minusve refracti sunt a secundo. Denique cum hæc omnia adhuc eodem modo eveniant, si usque tertio vel etiam quarto adjecto prismate, radii iterum atque iterum refringantur in latum; liquet radios unius ejusdemque circuli, universos inter se homogeneos esse; eorumque refrangibilitatem semper unius modi esse, siquæ plane consimilem; radios autem diversorum circulorum, refrangibilitate inter se differre; idque certa aliqua ac constanti proportionem. Quod erat mihi comprobandum.

Restat adhuc unum alterumve hujus experimenti adjunctum, quo id adhuc clarius certiusque effici possit. Collocetur secundum prismata DH , [Fig. 16.] non proxime post primum, sed inter-

interjecto aliquo intervallo; puta in medio spatii, quod primum prisma & parietem, quo oblonga imago PT excipitur, interjacet: adeo ut lumen e primo prismate incidat in secundum jam oblonga facta imago $\pi\tau$, huic secundo prismati parallela; indeque refringatur in latus, ut imaginem oblongam $p\tau$ in pariete depingat. His enim ita dispositis, invenies, ut prius, imaginem $p\tau$ inclinatam aliquantum ad eam imaginem PT , quam primum solum prisma, sublato secundo, exhibet: Etenim cæruleæ ipsorum extremitates P & p longius inter se distabunt, quam extremitates rubræ T & τ : consequenter, qui radii maximam in primo prismate refractionem passi, ad cæruleum extremum π imaginis $\pi\tau$ proficiscuntur, eisdem iterum in secundo prismate, plus quam reliquos, refractos, observabis.

Rem eandem iterum hoc modo expertus sum. Per duo parva rotunda foramina F [*Fig. 17.*] & ϕ in fenestræ operculo per- TAB. IV.
tusa, lumen Solis in cubiculum tenebricosum immisi; appositisque ad bina ista foramina prismatibus singulis ABC & $\alpha\beta\gamma$ inter se parallelis, binos luminis radios in oppositum cubiuli parietem ita refringendo projeci, ut binæ coloratæ imagines PT & MN in parietem depictæ, interjunctis in directum extremitatibus, in una eademque linea recta jacerent; extremo rubro T unius imaginis, & extremo cæruleo M alterius, se inter se contingentibus. Cum enim bini isti refracti radii, adposito in transversum tertio prismate DH , iterum refringerentur in latus; imaginesque eo pacto in aliam partem parietis transferrentur; puta imago PT ad $p\tau$, & imago MN ad $m\pi$: hæc imagines jam alio translatae $p\tau$ & $m\pi$, non amplius interjunctis in directum extremitatibus in una eademque, ut prius, linea recta jacebant; sed disjunctæ erant, & inter se factæ parallelæ. Quippe cæruleum extremum m imaginis $m\pi$, majori refractione longius transferebatur e loco suo MT ; quam rubrum extremum τ alterius imaginis $p\tau$, ab eodem loco MT . Ex quo efficitur, ut hæc propositio nullam amplius dubitationem habeat, aut disputandi locum. Porro idem erit experimenti exitus, siue tertium prisma DH proxime
D 3 post

post bina priora, sive majori interjecto intervallo, collocetur; ut lux in binis prioribus prismatibus refracta, in tertium incidat vel alba & circularis, vel colorata & oblonga.

EXPERIMENTUM VI.

Cum in duabus tabulis ligneis tenuioribus, foramina rotunda $\frac{3}{4}$ unciae lata incidissem, inque fenestrae operculo foramen fecissem multo amplius, per quod largior Solis luminis radius in cubiculum tenebricosum transmitteretur: in isto radio, post fenestrae operculum, prisma collocavi, quo lumen in parietem oppositum refringeretur: & proxime post istud prisma, tabularum alteram ita erectam statui, ut luminis refracti pars media per foramen ipsius transmitteretur; reliquum autem lumen ex utraque parte foraminis interciperetur. Tum, interjecto circiter duodecim pedum intervallo, tabulam alteram ita erexi, ut pars media ejus refracti luminis, quod per tabulae prioris foramen transmissum, in parietem oppositum incideret, jam per foramen hujus secundae tabulae itidem transmitteretur; reliquum autem lumen ex utraque parte foraminis interceptum, in hac secunda tabula coloratam Solis imaginem depictam exhiberet. Et proxime post hanc secundam tabulam prisma alterum collocavi, quo lumen per hujus foramen transmissum iterum refringeretur. Deinde ad fenestram reversus, prismate priori circa axem suum lente hac illac converso efficiebam, ut imago in tabula secunda depicta sursum deorsum super ligno moveretur, quo singulae ipsius partes per tabulae istius foramen ex ordine transmissae, in prisma posterius inciderent. Quod dum fieret, notavi loca ea in opposito pariete, ad quae id lumen, postquam in secundo prismate refractum esset, ferretur. Et ex locorum istorum differentia, rem ita se habere comperi, ut qui radii a primo prismate maxime refracti ad caeruleam imaginis extremitatem ferebantur, iidem iterum a secundo prismate plus, quam id luminis quod ad rubram ejusdem imaginis extremitatem ferretur, refringerentur. Qua quidem observatione
tam.

tam prima propositio, quam secunda, comprobatur. Hocque idem contigit, siue axes duorum prismatum inter se essent paralleli, siue tum ad se invicem tum ad horizontem quovis dato angulo inclinarentur.

ILLUSTRATIO. Sit F [Fig. 18.] foramen majusculum TAB. IV. in fenestræ operculo, per quod Solis lumen transmittatur ad primum prisina ABC: incidatque refractum lumen, in mediam partem tabulæ DE; istiusque luminis pars media, in foramen G. Lumen per id foramen transmissum, incidat deinceps in mediam partem secundæ tabulæ *de*, ibique oblongam coloratam Solis imaginem talem, qualem in tertio supra experimento descripsimus, depingat. Ista imago, converso lente hac illac circa axem suum prismate ABC, movebitur sursum deorsum in tabula *de*; eoque pacto fieri poterit, ut singulæ ipsius partes per tabulæ illius secundæ foramen *g* ordine transmittantur. Interea aliud prisina *abc* post istud foramen *g* collocandum est; quo lumen per id foramen transmissum, denuo refringatur. His ita dispositis, notavi in opposito pariete loca M & N, in quæ lumen refractum incideret: eaque observatione rem ita se habere comperi, ut dum binæ tabulæ & prisina secundum fixa immotaque manerent, ista loca, converso circa axem suum primo prismate, assiduo mutarentur. Etenim cum pars inferior ejus luminis, quod in secundam tabulam *de* incidebat, transmitteretur per foramen *g*; pergebat ea ad inferiorem in pariete locum M: cum autem superior pars ejusdem luminis, per foramen *g* transmitteretur; pergebat ea ad superiorem in pariete locum N: cumque media aliqua pars ejusdem luminis per idem foramen transmitteretur; pergebat ea ad locum aliquem in pariete medium inter M & N. Quoniam foraminum in tabulis positio nihil mutabatur; utique radiorum in secundum prisina incidentia, in hisce omnibus casibus, una atque eadem fuit. Attamen una eademque cum esset omnium incidentia; alii radiorum magis refringebantur, alii minus. Quique in priori prismate majori refractione longius e via detorti fuerant; iidem in hoc secundo prismatico iterum magis refracti sunt: Ac proinde, quum certa ac constanti ratione

ratione plus, quam reliqui, refringantur; merito appellari possunt *magis refrangibiles*.

EXPERIMENTUM VII.

Ad bina foramina in fenestræ operculo, parvo intervallo inter se distantia, prismata singula apposui; quibus duæ oblongæ & coloratæ Solis imagines in opposito pariete (quomodo in tertio supra experimento factum est) depingerentur. Tum ante parietem, parvo spatio interjecto, chartam longam & exilem, lateribus rectis interque se parallelis, collocavi: & tum prismata tum chartam ita disposui, ut color ruber unius imaginis directo in unam partem dimidiam chartæ incideret, & color violaceus alterius imaginis directo in alteram partem dimidiam ejusdem chartæ: adeo ut charta ista bicolor videretur, rubra & violacea; simili fere ratione, ac charta illa in experimentis primo & secundo, quam colore rubro atque indico infeceram. Deinde parietem, qui post chartam erat, panno nigerrimo obtexi; nequid luminis inde reflecteretur, quo experimentum posset inturbari. Quibus ita dispositis; chartam per tertium prisma ipsi parallelum inspiciens, observabam dimidiam ipsius partem eam, quæ erat lumine violaceo illustrata, abruptam majori refractione, & quasi reliqua charta abscissam videri; præsertim cum eam e longinquo inspicerem. Cum enim nimis e propinquo inspiebam; chartæ dimidia non jam penitus inter se disjuncta videbantur, sed angulo uno cohærentia; ut faciebat charta bicolor in primo experimento. Quod idem tum quoque accidebat, cum forte charta uterer nimium lata.

TAB. IV.

Interdum, chartæ loco, filo albo usus sum: idque, cum per prisma inspiceretur, in duo fila inter se parallela divisum videbatur: quomodo in schemate 19^{no} depictum est; ubi DG [Fig. 19.] repræsentat filum illuminatum lumine violaceo a D ad E, & lumine rubro ab F ad G; *de* autem, & *fg*, sunt fili dimidia per prisma refractione inspecta. Si alterum fili dimidium colore rubro perpetuo illuminetur, alterum autem coloribus omnibus ex ordine:

ordine: (quod facile fieri potest, efficiendo ut, prismatum altero manente immoto, alterum circa axem suum convertatur:) jam filum per prisma ita se inspiciendum exhibebit, ut dimidium ipsius id, quod erat omnibus ex ordine coloribus illuminandum, quum colore rubro illuminatum sit, in eadem linea recta cum altero ejusdem dimidio, eique in directum appositum videatur; quum autem colore aureo illuminatum sit, tum separari aliquantillum; quum colore flavo illuminatum sit, separari paulo longius; quum colore viridi, adhuc longius; quum cæruleo, adhuc longius; quum indico, etiam adhuc longius; quum violaceo saturo, longissime omnium. Ex quo clarissime apparet, lumina variorum colorum varia esset refrangibilitate: idque eo ordine, ut color ruber omnium minime refrangibilis sit, reliqui autem colores, aureus, flavus, viridis, cæruleus, indicus, violaceus, gradatim & ex ordine magis magisque refrangibiles. Quo quidem tam prima propositio, quam secunda, comprobatur.

Porro, coloratas imagines PT & MN, [*Fig. 17.*] refrac- TAB. IV.
tionibus binorum prismatum in cubiculo tenebricoso depictas, ita disposui, ut interjunctis extremitatibus, quomodo in quinto supra experimento expositum est, in directum in eadem linea recta jacerent: tumque eas per tertium prisma longitudini ipsarum parallelum inspiciens, observabam eas non jam amplius in linea recta inter se continentes, sed plane disruptas videri; quomodo ad *pt* & *mn* depictæ sunt: Quippe violaceum extremum *m* imaginis *mn*, majori refractione longius e loco suo priori MT translatum est, quam rubrum extremum *t* alterius imaginis *pt*.

Alio tempore, duas istas imagines PT [*Fig. 20.*] & MN TAB. IV.
ita disposui, ut, rubro utriusque extremo in alterius extremum cæruleum incidente, contrario colorum suorum ordine in unum ambæ conjungerentur; quomodo in oblonga figura PTMN depictæ sunt. Tumque eas per prisma DH longitudini ipsarum parallelum inspiciens, observabam eas non jam amplius in unum conjunctas, ut cum nudis oculis aspicerentur, videri; sed tan-
E quam

quam duas inter se diversas imagines $p\tau$ & mn , in formam crucis decussatæ transversas jacere. Ex quo apparet colorem rubrum unius imaginis & violaceum alterius, qui ad $P N$ & $M T$ in unum conjuncti fuerant, distractos jam majori refractione coloris violacei ad p & m quam rubri ad n & τ , differre inter se refrangibilitate.

Illuminabam etiam parvum circulum chartaceum album, luminibus amborum prismatum intermixtis. Cumque is colore rubro unius imaginis, & violaceo alterius, ita esset illuminatus, ut ex colorum istorum admixtione totus purpureus videretur; inspieiebam eum per tertium prisma, primum parvo, dein majori intervallo interjecto. Et pro eo, ut a charta longius discedebam, imago ipsius per prisma inspecta, inæquali duorum colorum intermixtorum refractione paulatim distrahebatur; tandemque in duas distinctas imagines plane divisa est, alteram rubram, violaceam alteram, quarum ea, quæ erat violacea, longius, quam rubra, ab ipsa charta distabat; & consequenter majorem passa fuerat refractionem. Cum porro prismatum in fenestra positorum illud, quo lumen violaceum in chartam projectum fuerat, sublatum esset; imago violacea e conspectu se continuo subripuit: e contrario, cum alterum prisma sublatum esset, imago rubra evanuit. Ex quo apparet duas hasce imagines nihil aliud fuisse, quam lumina binorum prismatum super chartam purpuream primo intermixta, deinde autem inæqualibus suis refractionibus in tertio prismate, per quod charta inspiceretur, iterum separata. Illud etiam notatu erat dignissimum: si prismatum, quæ erant ad fenestram, alterutrum, puta id quo lumen violaceum in chartam projectum erat, ita circa axem suum converteretur, ut colores singuli, violaceus, indicus, cæruleus, viridis, flavus, aureus & ruber, ab isto prismate in chartam ex ordine projicerentur; imago violacea colorem suum congruenter immutabat, seque in colorem indicum, cæruleum, viridem, flavum & rubrum, ordine convertebat; & pro eo ut colorem suum mutabat, appropinquabat paulatim ad imaginem rubram ab altero prismate projectam; donec, quum ipsa tandem
rubra.

rubra itidem evaderet, ambæ in unum plane conjungebantur.

Adhæc, duos circulos chartaceos, parvo admodum intervallo inter se distantes, ita collocavi, ut in unum eorum, lumen ex uno prismatico rubrum; & in alterum, lumen ex altero prismatico cæruleum, incideret. Circuli isti, diametro uncias singulas continebant: & post eos, paries nigro panno obtectus erat; ne quid luminis inde reflecteretur, quo experimentum posset interturbari. Circulos hoc modo illuminatos per prisma inspexi ita collocatum, ut refractione fieret versus eam partem, ubi circulus ruber esset positus. Et pedetentim retrocedens, circulos istos pro eo, ac ipse gradum referrem, ad se invicem paulatim appropinquare, tandemque in unum plane coire videbam: cumque deinceps adhuc longius recederem, illi in partes contrarias, ac prius, distrahebantur; quippe circulus violaceus majori refractione rubrum prætervectus, etiam ulterius ferebatur.

EXPERIMENTUM VIII.

Tempore æstivo, cum lumen Solis fortissimum esse solet, prisina ad fenestræ operculi foramen, sicuti in tertio ante experimento feceram, collocavi; ita tamen, ut axis prismatis parallelus esset axi terræ: & ad oppositum parietem, in refracto Solis lumine, librum apertum statui. Tum intervallo sex pedum duarumque unciarum a libro, lentem supra memoratam erexi; qua lumen a libro reflexum, simili iterum sex pedum duarumque unciarum intervallo ultra lentem in unum colligeretur; ibique libri imaginem in chartæ albæ plagula sic, quomodo fere in secundo supra experimento factum est, depingeret. Quibus ita dispositis; lenteque ac libro, ne loco moverentur, fixis; notavi accurate quo in loco chartæ albæ plagula tum esset posita, cum literæ in libro impressæ, rubro intensissimo solaris imaginis in librum incidentis lumine illustratæ, sui imagines in charta ista quam distinctissime depictas exhiberent. Deinde expectans, donec motu Solis, & conse-

quenter motu imaginis libro exceptæ, colores omnes a rubro illo ad usque medium cæruleum super literas easdem transirent: cum literas istas colore cæruleo viderem illuminatas, notavi iterum quo in loco charta alba jam posita esset, quum literæ cæruleo lumine illustratæ, sui imagines in eadem quam distinctissimas depingerent: invenique chartam jam unciarum circiter $2\frac{1}{2}$ aut $2\frac{3}{4}$ intervallo, propius, quam ante, a lente abesse. Quare eo intervallo, quod est unciarum $2\frac{1}{2}$ aut $2\frac{3}{4}$, lumen id, quod erat violaceum imaginis extremum, citius propter majorem refractionem, quam id quod erat rubrum ejusdem extremum, coactum & in unum collectum est. Verum in hoc experimento capiendo, id præcipue mihi agendum duxi, ut cubiculum, quam posset maxime, tenebricosum esset factum. Si enim adventitii ullius luminis admixtione, colores isti languidiores dilutioresque fiant; jam minori intervallo inter se distabunt foci ante dicti. In secundo experimento, ubi colores ii adhibebantur, qui erant corporum naturalium; horum focorum intervallum, propter colorum istorum imperfectionem, sesquiunciam non excedebat. In hocce autem experimento, ubi colores prismatis adhibebam, qui manifesto largiores, clariores, & saturatiores sunt, quam colores corporum naturalium; id intervallum erat unciarum $2\frac{3}{4}$. Quod si adhuc largiores vividioresque colores adhiberi possent; nihil dubito, quin id intervallum multo adhuc majus esset futurum. Etenim coloratum prismatis lumen, cum propter circulorum supra in secundo experimenti quinti schemate descriptorum permixtionem, tum propter luminis nubium prope Solem clariorem se plerunque intrudentis accessionem, radiosque insuper fortuitis facierum prismatis inæqualitatibus undique dispersos & coloribus sese intermiscientes; propter has, inquam, causas, coloratum prismatis lumen adeo erat compositum, ut colorum istorum fulcorum nubilorumque, indici & violacci, imagines in charta depictæ, debiliores minusque distinctæ fuerint, quam ut satis accurate observari possent.

EXPE-

EXPERIMENTUM IX.

Prisma, cujus bini anguli ad basim æquales inter se semirectique essent, tertius autem rectus; collocavi in Solis luminis radio per fenestræ operculi foramen, sicuti in tertio supra experimento dictum est, in cubiculum tenebricosum transmissio. Conversoque lente circa axem suum prismate, donec id omne lumen, quod initio per alterum angulorum ejus transmissum in eoque refractum fuerat, mox a basi, qua usque adhuc e vitro exierat, reflecti cœperit; observabam radios, qui maxime refracti fuissent, eosdem citius quam reliquos reflecti. Quocirca mecum ita reputabam; radiorum reflexi luminis, qui maxime essent refrangibiles, eos omnium primos totali reflexione copiosiores in isto lumine quam reliquos adesse; reliquos autem deinceps, totali itidem reflexione, æque, ac hos, copiosos reflecti. Ut hoc, utrum ita se haberet, necne, experirer; lumen reflexum per aliud deinceps prisma ita trajeci, ut in eo refractum, incideret deinde in chartæ albæ plagulam post id prisma interjecto aliquo intervallo collocatam; ibique, ut solet, colores refractione depingeret. Tum converso circa axem suum, uti supra dictum est, priori prismate; rem ita se habere comperi, ut cum radii illi, qui in isto priori prismate maxime refracti fuissent, cæruleique & violacei visi essent, ex toto reflecti cœperint; lumen super charta cæruleum & violaceum, quod itidem in secundo prismate maxime refractum fuerat, manifesto plus augeri videretur, quam rubrum & flavum quod minus refractum fuerat: & deinde, cum reliquum lumen, quod erat viride, flavum, & rubrum, cœperit in primo prismate in totum reflecti; lumen itidem eorundem colorum super charta, accessionem sibi faceret non minorem, quam ante sibi fecissent cæruleum & violaceum. Ex quo apparet, radium istum luminis, basi prismatis reflexum; quum primo radiorum maxime refrangibilium, & deinde eorum qui fuerint minus refrangibiles, accessione auctus sit; utique compositum

E 3.

esse

esse ex radiis diverse refrangibilibus. Tale autem omne reflexum lumen, quin ejusdem plane naturæ sit ac id quod directo e Sole fluxerat antequam in basim prismatis incideret, nemo est qui dubitet: quippe in hoc fere omnes conveniunt, lumen istiusmodi reflexionibus nullam omnino modificationum suarum proprietatumve subire mutationem. Refractionum, quæ in faciebus prioris prismatis fieri potuissent, nullam hic mentionem habeo; quia radii in priorem faciem ad perpendicularum ingressi, & ad perpendicularum itidem egressi e secunda, non fuerunt refracti. Cum igitur Solis lumen incidens, ejusdem plane generis ejusdemque naturæ sit, ac lumen e prisma post reflexionem emergens; lumenque emergens, e radiis diverse refrangibilibus manifesto compositum sit; utique efficitur, ut lumen incidens similiter compositum fuerit.

TAB. IV. *ILLUSTRATIO.* In schemate 21^{mo}, A B C est primum prisma; B C, ejus basis; B & C, anguli ad basim inter se æquales, graduum quadragenum quinum; A, rectangulus ejusdem vertex; F M radius solis, per foramen F tertiæ uncie parte latum, in cubiculum tenebricosum transmissus; M, punctum incidentiæ ipsius in basim prismatis; M G, radius minus refractus; M H, radius magis refractus; M N, radius luminis a basi reflexus; V X Y, alterum prisma; quo lumen inter transeundum refringitur; N t, luminis hujusce pars minus refracta; & N p, ejusdem pars magis refracta. Quum primum prisma A B C convertitur circa axem suum eam in partem, quam denotat ordo literarum A B C; radii M H magis magisque oblique ex isto prisma emergunt, donec, postquam qua potuerint summa obliquitate emerferunt, reflectuntur tandem ad N; indeque ad p pergentes, adjungunt se ad radios N p. Deinde, continuando prismatis primi motum, radii M G itidem reflectuntur ad N; & accessionem adferunt ad radios N t. Quare lumen M N recipit in sui compositionem, primo radios maxime refrangibiles, deinde eos etiam qui sint minus refrangibiles. Nihilo tamen minus, postquam ita compositum sit, adhuc ejusdem plane naturæ est ac directa Solis lux F M; quippe in qua reflexio basis specularis B C, nullam effecerit mutationem,

EXP.

EXPERIMENTUM X.

Bina prismata, forma atque magnitudine consimilia, ita colligavi, ut, axibus lateribusque inter se ex opposito parallelis, parallelipedon conficerent. Id parallelipedon, in radio Solis per parvum fenestræ operculi foramen in cubiculum tenebrosus transmissio, interjecto aliquo intervallo, ea positione collocavi, qua prismatum axes radiis incidentibus objecti essent ad perpendicularum; radiique incidentes in primam faciem unius prismatis, & transmissi per binas contiguas facies amborum prismatum, emergent tandem ex ultima facie posterioris prismatis. Hæc ultima facies, cum parallela esset primæ faciei prioris prismatis, effecit ut lumen emergens atque incidens inter se essent parallela. Tum, post bina ista prismata, tertium collocavi; quo lumen e prioribus emergens refringeretur; eaque demum refractione colores, uti fieri solet, in opposito pariete, vel in chartæ albæ plagula modico ultra id prisma intervallo ad excipiendum lumen refractum collocata, depingerentur. His ita dispositis, Parallelipedon lente circa axem suum convertebam. Cumque contiguæ binorum prismatum facies, radios sibi incidentes jam adeo oblique exciperent, ut radii isti in totum reflecti coeperint: radii, qui in tertio prismate maxime refracti fuerant, chartamque colore violaceo & cæruleo infecerant, iidem jam omnium primi reflexione totali e lumine transmissio tollebantur: dum reliqui adhuc transmitterentur, coloresque, ut antea, viridem, flavum, aureum & rubrum, in charta depictos exhiberent: Postea autem, continuato binorum prismatum inter se colligantium motu, reliqui itidem radii reflexione totali, pro sua cujusque refrangibilitate, ordine tollebantur. Itaque lumen, quod e binis prismatibus emerfit, compositum erat ex radiis diverse refrangibilibus: quippe e quo radii magis refrangibiles, manentibus adhuc iis qui minus refrangibiles sint, tolli potuerint. Jam vero id lumen, cum per parallelas solummodo binorum prismatum facies tractum fuerit; siquam ex unius superficiei refractione mutationem id subiisse fingas; at illam omnem quæcunque

cunque est impressionem, jam ex contraria alterius superficiei refractione deposuerit oportet; eoque pacto in pristinum suum statum restitutum esse necesse est; ejusdemque omnino naturæ, ac antequam in ista prismata incideret, jam esse factum. Sequitur igitur, id lumen, etiam antea, æque ac post, quam in prismata incideret, ex radiis diversè refrangibilibus compositum fuisse.

TAB. IV.

ILLUSTRATIO. In schemate 22^{do} ABC & BCD sunt bina prismata, in parallelopipedi formam colligata; lateribus BC & CB contiguis; lateribus autem AB & CD inter se parallelis. Et HIK est tertium prisma, quo Solis lumen, in cubiculum tenebricosum per foramen F immissum, & deinceps per binorum prismatum facies AB, BC, CB & CD trajectum, refringitur demum in O ad chartam albam PT, super qua partim ad P majori refractione, partim ad T minori refractione, & partim ad R aliaque media loca refractionibus intermediis fertur. Jam convertendo parallelopipedon A CBD circa axem suum eam in partem, quam denotat ordo literarum A, C, D, B: efficietur ut quum facies contiguae BC & CB, radios FM, sibi in M incidentes satis jam oblique excipiant; evanescant continuo e lumine refracto OPT, primo radii maxime refracti OP, (reliquis OR & OT adhuc, ut prius, manentibus;) deinde radii OR reliquique mediocriter refracti, & postremo radii minime omnium refracti OT. Etenim cum facies BC radios sibi incidentes satis jam oblique excipiat; radii isti inde ex toto reflecti incipient ad N; idque ea lege, ut radii maxime refrangibiles omnium primi in totum reflectantur, (quomodo in superiori ante experimento expositum est,) & consequenter primi ad P evanescant necesse sit; reliqui autem, quo ordine in totum reflectuntur ad N, eodem ordine ad R & T evanescant. Itaque radii qui in prismate O maxime retringuntur, tolli possunt e lumine M O, dum reliqui adhuc supersunt: ac proinde id lumen M O, compositum est ex radiis diversè refrangibilibus. Et quoniam facies AB & CD inter se parallelæ sunt; & consequenter æqualibus & contrarias in partes factis refractionibus suos ipsarum invicem

invicem effectus, quicumque ii fuerint, destruant retexantque necesse est: utique lumen incidens FM , necessario ejusdem generis ejusdemque naturæ erit, ac lumen emergens MO ; & proinde ipsum itidem ex radiis compositum erit diverse refrangibilibus. Duo ista lumina FM & MO , antequam radii maxime refrangibiles e lumine emergente MO separentur, tum colore tum reliquis omnibus, quantum ego quidem observare potuerim, proprietatibus inter se plane conveniunt. Merito igitur ejusdem esse generis ejusdemque naturæ existimentur: & proinde ambo consimili ratione sunt composita. Verum simul ac primum radii maxime refrangibiles ex toto reflecti cœperint, eoque pacto a lumine emergente MO separari; id lumen continuo colorem suum immutat; albumque cum esset, jam dilutius fit primo & subflavum, deinde aureum, postea rubrum saturatius, & postremo penitus evanescit. Nam postquam radii maxime refrangibiles, qui chartam ad P colore purpureo inferant, e lumine MO totali reflexione sublatis sunt; reliqui colores super charta ad R & T , permixti in lumine MO , conficiunt jam in isto radio colorem subflavum. Cum porro radii cærulei & ex parte etiam virides, qui super charta inter P & R visi fuerant, sublatis sunt; reliqui inter R & T (hoc est, flavi, aurci, rubri, & viridium nonnulli,) permixti in lumine MO , conficiunt jam in isto radio colorem aureum. Cum denique, reliquis omnibus reflexione e lumine MO sublatis, radii minime refrangibiles, qui ad T colore rubro saturatiori apparuerant, soli supersunt; horum radiorum jam idem plane, color est in lumine MO , qui fuerat eorundem super charta in T : quippe refractione prismatis HIK id solummodo effecerit, ut radii diverse refrangibiles a se invicem separarentur, nequaquam autem ut colores ipsorum ullo modo mutarentur; id quod infra uberius comprobabitur. Quibus omnibus observationibus tam prima propositio, quam secunda, confirmatur.

SCHOLIUM. Si hoc & superius experimentum in unum conjungantur, adhibendo quartum prisma VXY , [*Fig. 22.*] TAB. IV.
Fquo

quo radius reflexus MN refringatur ad p ; clarius adhuc sequetur id, quod erat inferendum. Etenim hoc pacto id luminis N p , quod in quarto prisma plus quam reliquum lumen refringitur, clarius & illustrius tum efficitur, cum lumen OP, quod in tertio prisma HIK itidem maxime refractum est, evanescet ad P. Postea autem, cum lumen minus refractum OT evanescet ad T, lumen minus refractum N t similiter augebitur; dum lumini magis refracto, quod est ad p , nulla amplius adferatur accessio. Et sicut radius trajectus MO, inter evanescendum semper eum colorem habet, qui ex colorum in chartam PT incidentium permixtione oriri debeat: ita radius reflexus MN, semper eum colorem habebit, qui oriri debeat ex illorum colorum permixtione, qui incidant in chartam $p t$. Quando enim radii maxime refrangibiles e lumine trajecto MO totali reflexione sublati sunt, indeque illud lumen coloris aurei evadit: nimia radiorum istorum exinde in lumine reflexo admixta proportio efficit, non modo ut colores violaceus, indicus, & cæruleus, qui sunt ad p , densiores clariorefque fiant; verum etiam ut radius MN, amisso colore illo subflavo, qui est Solis luminis color, alborem jam induat ad cæruleum accedentem: Qui tamen idem radius subflavum suum colorem iterum recuperet, simul ut reliquum luminis transmissi MOT itidem reflectatur.

Quoniam igitur in hac tanta experimentorum varietate: sive lumen adhibeatur reflexum; idque vel a corporibus naturalibus, ut in experimentis primo & secundo; vel specularibus, ut in nono: sive lumen adhibeatur refractum; idque vel antequam radii inæqualiter refracti divergendo a se invicem separentur, amissaque ea qua erant universi albitudine, suum jam singuli colorem exhibeant, ut in quinto experimento; vel postquam a se invicem separati sunt coloratique videntur, ut in sexto, septimo, & octavo: sive lumen adhibeatur trajectum per superficies inter se parallelas, quæ suos ipsarum effectus, quicunque ii sint, invicem retexant, ut in experimento decimo: Quoniam, inquam, in hisce omnibus experimentis, semper
inveniuntur:

inveniuntur radii, qui in iisdem incidentiis super unum idemque medium inæqualiter refringantur; idque sine ulla diffusione aut dilatatione radiorum singulorum, ullave refractionum inæqualitate tali, quæ possit casu accidere, ut in experimentis quinto & sexto probavimus: Et quoniam radii, qui inter se refrangibilitate differunt, secerni invicem & segregari possunt; idque vel refractione, ut in tertio experimento; vel reflexione, ut in decimo; tumque varia seorsum radiorum genera, iisdem positis incidentiis, inæqualiter refringuntur; quique ante separandum plus cæteris refringebantur radii, iidem plus etiam postea refringuntur, ut in sexto & sequentibus experimentis; &, si Solis lumen per tria plurave prismata sibi invicem in transversum posita ex ordine refringatur, qui radii in primo prismate plus quam reliqui refracti fuerint, iidem in cæteris quoque omnibus prismatibus consimili proportionem plus quam reliqui iterum refringuntur; ut ex quinto experimento liquet: Ex his, inquam, omnibus abunde apparet, Solis lumen heterogeneam esse radiorum mixturam, quorum alii magis, alii minus refrangibiles sint; idque certa aliqua ac constanti ratione. Quod erat mihi comprobandum.

PROPOSITIO III. THEOREMA III.

Lumen Solis constat ex radiis, qui reflexibilitate inter se differunt: & qui radii magis refrangibiles sunt, iidem quoque sunt magis reflexibiles.

Liquet hoc ex nono decimoque experimentis. In nono enim experimento, cum prisma circa axem suum usque eo conversum esset, donec radii intra prisma, qui in transeundo e prismate in aërem adhuc a basi ejus refracti fuissent, jam in istam basim adeo oblique inciderent, ut in totum inde reflecti coeperint; ii radii omnium primi in totum reflectebantur, qui ante, iisdem positis omnium incidentiis, ma-

xime fuerant refracti. Hocque idem accidit in reflexione radiorum a communi binorum prismatum basi, in decimo supra experimento memorata.

PROPOSITIO IV. PROBLEMA I.

Separare a se invicem heterogeneos luminis compositi radios.

RAdii heterogenei a se invicem quadantenus separati sunt refractione prismatis in tertio experimento : & in quinto experimento, auferendo penumbram a rectilineis coloratæ imaginis lateribus, ea separatio, in istis ipsis rectilineis lateribus sive marginibus imaginis, perfecta fit. Verum in omni parte imaginis inter ista rectilinea latera, innumeri illi circuli in quinto supra experimento descripti, quorum singuli singulis radiorum generibus illuminati sunt, se inter se omni ex parte commiscendo efficiunt, ut lumen satis admodum compositum sit. Quod si jam circulorum illorum diametri, centrorum situ atque intervallis nihil mutatis, diminui possent; utique permixtio ipsorum inter se, & consequenter radiorum heterogeneorum mixtura, consimili proportionem diminueretur. Sint enim, in schemate 23°, AG, BH, CI, DK, EL, & FM, circuli, quos totidem radiorum genera ex uno eodemque Solis globo fluentia, uti in tertio supra experimento dictum est, singula singulos illuminant: ex quibus omnibus, aliisque innumeris intermediis ordine continuo inter duo rectilinea & parallela oblongæ Solis imaginis PT latera dispositis circulis, imago ista, quomodo in quinto supra experimento exposuimus, composita est. Sintque *ag, bh, ci, dk, el, & fm*, totidem minores circuli, ordine consimili inter duas parallelas lineas rectas *af* & *gm* dispositi; similibus centrorum suorum intervallis; similibusque, ac majores circuli, radiorum generibus illuminati: hoc est, sit circulus *ag* eodem genere radiorum, ac circulus AG sibi ordine respondens, illuminatus; item circulus *bh* eodem genere radiorum, ac circulus BH; & similiter.

TAB. V.

liter singuli circuli *ci, dk, el & fm* compare, iisdem generibus radiorum, ac circuli *CI, DK, EL, & FM*. Jam in schemate *P T* ex circulis majoribus constante, terni istorum circulorum, *AG, BH, CI*, adeo in se invicem diffusi permiscuntur, ut tria radiorum genera quibus circuli isti illuminati sunt, una cum aliis innumeris radiorum intermediarum generibus, inter se ad *QR* in medio circuli *BH* penitus commixta sint: & consimilis fere per totam schematis *P T* longitudinem invenitur permixtio radiorum. Atqui in schemate *p t* ex circulis minoribus constante, terni minores circuli *ag, bh, ci*, ternis illis majoribus ordine respondentes, non in se invicem diffunduntur; neque ulla sui parte in se commixta habent ne bina quidem ex tribus illis radiorum generibus, quibus hi circuli illuminantur, quæque in altero schemate *P T* inter se omnia penitus intermixta sunt ad *BH*.

Qui igitur rem hoc modo consideraverit, is facile intelliget, radiorum permixtionem eadem proportionem diminui, ac diametros circulorum. Si, eisdem manentibus centrorum intervallis, diametri circulorum tribus tantis minores fiant, quam fuerant antea; permixtio radiorum, itidem tribus tantis minor fiet: Si circulorum diametri, decies tanto minores fiant; radiorum permixtio itidem decies tanta minor evadet: & similiter, in alia omni proportionem. Hoc est, mixtura radiorum in majori schemate *P T*, ad mixturam eorum in minori *p t*, eam proportionem habebit, quam habet latitudo majoris schematis ad latitudinem minoris. Etenim latitudines horum schematum, æquales sunt diametris circulorum. Ex quo facile consequens est, permixtionem radiorum in refracta imagine *p t*, ad permixtionem radiorum in directo & integro Solis lumine, eam proportionem habere, quam habet latitudo istius imaginis ad differentiam longitudinis & latitudinis suæ.

Quare, ut radiorum permixtionem diminuere possimus, diminuendæ sunt diametri circulorum. Hoc autem ita facere poterimus, si Solis diameter, cui isti circuli respondent, minor reddi queat; vel (quod eodem recidit) si foris inter prisma &

E 3

Solem,,

Solem, magno interjecto intervallo, aliquod opacum corpus ita sit collocatum, ut, intercepto reliquo omni Solis lumine, id duntaxat luminis, quod e medio Solis globo fluit, per parvum rotundum foramen in isto opaco corpore transmittatur ad prisma. Etenim hoc pacto, circuli A G, B H, cæterique eis adjuncti, non jam amplius toti Solis globo respondebunt; sed ei solummodo ipsius parti, quæ e prisma per id foramen cerni possit; hoc est, apparenti magnitudini foraminis istius e prisma spectati. Verum, quo hi circuli magis distincte isti foramini respondeant, lentem insuper prope prisma collocatam oportet, qua foraminis imago (hoc est, unusquisque circulorum A G, B H, &c.) distincte in charta P T depingatur; eodem modo ac lente in fenestra collocata, rerum foris objectarum imagines distincte in charta intra cubiculum depictæ exhiberi solent; & quomodo in quinto supra experimento rectilinea oblongæ Solis imaginis latera distincta erant reddita, ac sine penumbra. Atque hoc si fiat; jam nihil necesse erit ut id foramen longe remotum sit, ne quidem ultra fenestram. Quamobrem, loco illius foraminis, foramine in ipso fenestræ operculo, quomodo jam infra exponetur, usus sum.

EXPERIMENTUM XI.

In Solis radio per parvum rotundumque fenestræ operculi foramen in cubiculum tenebricosum immisso, lentem, intervallo circiter decem duodecimve pedum a fenestra, erexi; qua foraminis imago in chartæ albæ plagula, intervallo sex, octo, decem, duodecimve pedum ultra lentem collocata, distincte depingeretur. Nam pro varia lentium forma, chartam variis interjectis intervallis, quæ singulatim memorare operæ pretium non erit, objiciebam. Deinde, proxime post lentem, prisma interposui; quo lumen trajectum refringeretur vel sursum versus, vel in latus; eoque pacto imago rotunda, quam lens sola in chartam projecerat, jam in oblongam imaginem lateribus inter se parallelis definitam, qualem in tertio supra experimento descri-

descripsimus, produceretur. Oblongam istam imaginem alia charta, eodem fere, ac prius, interjecto a prismate intervallo, excepi. Movebam autem chartam ultro citroque usque eo, donec charta & prisma iusto inter se spatio distarent, quo rectilinea imaginis latera quam maxime distincta apparerent. Cum enim hoc accideret; rotundæ foraminis imagunculæ, ex quibus tota ista imago eodem modo composita erat ac imago *p t* [*Fig. 23.*] TAB. V. ex circulis *ag*, *b h*, *ci*, &c; terminis maxime distinctis finiebantur sine ulla penumbra: ideoque in se invicem quam possent minime commiscebantur; & consequenter radiorum heterogeneorum permixtio jam omnium minima erat. Hoc pacto, ex rotundis foraminis imaginibus, quales sunt *ag*, *b h*, *ci*, &c. oblongam imaginem, qualis est *p t*, [*Fig. 23 & 24,*] formare solebam: & ampliando aut minuendo foramen in fenestræ operculo, efficiebam ut rotundæ imagines *ag*, *b h*, *ci*, &c. ex quibus oblonga ea imago composita erat, dilatarentur aut contraherentur, ut mihi libitum esset; indeque ut radiorum mixtura in imagine *p t* tam magna tamve parva esset, quam ipse cuperem.

ILLUSTRATIO. In schemate 24^{to}, F representat TAB. V. rotundum foramen in fenestræ operculo: M N lentem, qua imago istius foraminis distincte in charta I depicta exhibetur; A B C prisma, quo radii, simul ut e lente emerferint, refringuntur ab I ad aliam chartam *p t*; ibique rotunda imago I convertitur in oblongam imaginem *p t*. Ea imago *p t*, constat ex circulis in una eademque linea recta ordine continuo dispositis; quomodo in quinto supra experimento satis explicatum est. Qui quidem circuli, æquales sunt circulo I; & consequenter foramini F magnitudine respondent. Quamobrem minuendo id foramen, hi circuli, iisdem adhuc manentibus centrorum intervallis, in quam libuerit parvitatem contrahi poterunt. Atque hoc quidem pacto effeci, ut latitudo imaginis istius *p t*, quadraginta vel etiam sexaginta interdum aut septuaginta partibus superaretur longitudine sua. Exempli gratia: si latitudo foraminis F, sit $\frac{1}{10}$ uncia; & M F, intervallum quo foramen & lens.

lens inter se distant, sit 12 pedum; & p B aut p M, distantia imaginis p a prismaticæ aut lente, sit 10 pedum; & angulus refringens prismatis, 62 graduum: utique latitudo imaginis p erit $\frac{1}{12}$ unciae, longitudo autem ejus circiter sex ipsas uncias complectetur. Quare longitudo ejus ad latitudinem, erit ut 72 ad 1: & consequenter lumen hujus imaginis semel & septuagies tanto, quam directum Solis lumen, minus erit compositum. Hujusmodi autem lumen, satis quidem simplex & homogenum æstimari possit, ad omnia experimenta quæ in hoc libello circa lumen simplex versari videantur. Etenim adeo pusillum est quod in hoc lumine admixtum sit radiorum heterogeneousorum, ut sensu percipi vix possit: nisi forte in coloribus indico & violaceo; quibus, ut sunt colorum fuiciores, perpaululum id quoque versus dispersi luminis, quod prismatis inæqualitatibus irregulariter refringi solet, facile aliquam immutationem adferre queat.

Attamen, loco rotundi foraminis F, melius adhiberi poterit foramen oblongum, forma oblongi parallelogrammi, cujus longitudo parallela sit prismati A B C. Si enim hujusmodi foramen, longum sit uncia una aut duabus; latum autem $\frac{1}{10}$ solummodo aut $\frac{1}{20}$ unciae, aut etiam minus eo: lumen imaginis p æque, vel etiam magis, quam in priori casu, simplex erit; simulque imago latior multo, & proinde ad experimenta aptior.

Porro, foraminis hujusce parallelogrammi loco, adhiberi poterit foramen triangulum, binis lateribus inter se æqualibus; cujus basis, exempli gratia, sit circiter $\frac{1}{10}$ unciae; altitudo autem, uncia una aut plus eo. Etenim hoc pacto, si prismatis axis sit parallelus ad trianguli perpendicularem, imago p [Fig. 25.] jam composita erit ex triangulis æquicruris ag , bh , ci , dk , el , fm , &c. aliisque innumeris intermediis triangulis, foramini triangulari forma & magnitudine respondentibus, & inter duas lineas parallelas af & gm ordine continuo dispositis. Quæ quidem triangula a basibus suis nonnihil inter se commixta erunt; a verticibus autem, nequaquam. Quare lumen a clariori imaginis latere af , ubi triangulorum bases sitæ sunt, erit quidem aliquantum compositum; a latere obscuriori autem gm , plane simpli-

simplicissimum; & in omni parte imaginis inter ista latera, pro eo ut a latere obscuriori gm distet, magis minusve compositum. Atque talem quidem imaginem pt , ubi semel comparaveris; varia experimenta capere licebit, vel in clariori ac minus simplici ipsius lumine a latere af , vel in obscuriori ac simplici latere gm , ut libitum fuerit.

Verum in hujusmodi experimentis capiundis, id omnino agendum est, ut cubiculum quam possit maxime tenebriosum fiat; nequid luminis sese imaginis pt lumini extrinsecus admiscens, compositum id reddat: & præsertim, si experimenta capiunda sunt in simplici isto lumine, quod est a latere gm ; quod, cum debilius languidiusque sit, utique minorem proportionem habebit ad lumen extrinsecus adveniens, & proinde admixtione istius luminis magis interturbabitur compositumque reddetur. Oportet etiam ut lens sit bona, qualis in conspiciillis tubulatis adhiberi solet: insuper ut prisma sit angulo largiori, puta 65 aut 70 graduum; beneque factum, ex vitro bullis venulisque immuni, & faciebus non, ut sit, convexis aliquantum aut concavis, sed accurate planis: item ut summa cum cura perpoliturum sit, quomodo vitra ad conspiciilla tubulata poliuntur; non autem, uti vulgo fit, stanno usto solummodo leviter defricatum; quo cum foraminum ab arena restantium margines detriti sint, vitri facies adhuc innumeris perparvis lævibusque prominentiis aliquantiulum convexis undatim crispa manet. Præterea, prismatis acies angulatæ, lentisque extremitates, quatenus irregularem aliquam refractionem efficere possent, charta nigra adglutinata obtegi debent. Radiique solaris in cubiculum transmissi lumen id omne, quod ad experimentum erit inutile, charta nigra aliove aliquo nigro objecto corpore omnino interceptum est. Alioqui enim lumen id inutile, quaquaversus in cubiculo reflexum, immiscebit sese imagini oblongæ, eamque nonnihil interturbabit. Cæterum ad hæc experimenta non equidem prorsus necessariam esse dixerim tantam, quantam in præsentī imperasse videar, diligentiam: Quanquam ad id sane, ut feliciter procedant experimenta, permultum conferet; ideo-

G

que

que si quis accuratius & curiosius naturam speculari velit, is certe tantam diligentiam non sine fructu uberiori adhibebit. Verum enimvero prismata ex vitro solida, quæ hujusmodi experimentis capiendis satis idonea sunt, comparare perdifficile est: Quamobrem ipse vasis ex speculorum contraCTORUM partibus in formam prismatum, conclusa intus aqua pluvia, compactis, nonnunquam usus sum; & ad augendam refractionem, aquam interdum Saccharo Saturni copiose imbuebam.

PROPOSITIO V. THEOREMA IV.

Lumen homogeneum regulariter, sine ulla dilatatione, diffusione, aut discussione radiorum, refringitur: Et confusior ille objectorum lumine heterogeneo per corpora refringentia visorum aspectus, oritur ex diversa refrangibilitate radiorum diversorum generum.

PRima pars hujus propositionis jam ante in quinto experimento satis comprobata fuit; & ex his, quæ sequuntur, experimentis amplius manifesta fiet.

EXPERIMENTUM XII.

Chartam nigram, in qua foramen rotundum erat diametro circiter quintam aut sextam uncix partem longa, ita collocavi, ut ea imaginem ex lumine homogeneo talem, qualem in præcedente propositione descripsimus, sic exciperet, ut luminis pars aliqua per foramen ipsius transmitteretur. Dein luminis partem eam, quæ per chartæ foramen transmissa esset, prisma post istam chartam collocato ita refregi, ut deinceps in chartam albam, interjecto duorum triumve pedum intervallo, ad perpendiculum incideret. Quibus ita dispositis, observavi imaginem super charta alba refractione luminis illius homogenei depictam, non jam oblongam esse, ut cum (in tertio experimento) luminis solaris compositi refractione depingeretur; sed, (quantum

PROPOSITIO V. *Exper. XII.* SI

tum oculis quidem judicare potuerim,) longitudine & latitudine inter se æqualibus, plane rotundam. Ex quo apparet, hoc lumen regulariter refractum esse, sine ulla dilatatione radiorum.

EXPERIMENTUM XIII.

In lumine homogeneo circulum chartaceum, diametro $\frac{1}{4}$ unciæ longa, collocavi; & in albo heterogeneo Solis lumine nondum refracto, alium circulum chartaceum, eadem magnitudine, similiter posui. Tum, interjecto aliquot pedum intervallo, utrumque horum circulorum per prismam oculis admotum inspexi. Circulus is, qui heterogeneo Solis lumine illuminabatur, oblongus valde, sicuti in quarto experimento, videbatur; adeo ut latitudo ejus multis partibus superaretur longitudine sua: Circulus autem is, qui lumine homogeneo illuminabatur, plane rotundus videbatur; & distinctis terminis definitus; ut quum nudis oculis inspiceretur. Quo experimento utraque pars hujus propositionis comprobatur.

EXPERIMENTUM XIV.

Cum muscas aliaque id genus minuta corpora, in homogeneo lumine collocata, per prismam inspicerem; partes ipsorum videbam tam distincte definitas, ac si nudis ea oculis aspexissem. Cum autem eadem corpora, in albo heterogeneo Solis lumine nondum refracto collocata, per prismam similiter inspicerem; valde confusis terminis definita videbantur; adeo ut minutiores ipsorum partes discernere & internoscere haud potuerim. Similiter cum litterulas minutiores libro impressas, primo in lumine homogeneo, deinde in heterogeneo collocatas, per prismam inspicerem; in posteriori lumine tam confusæ tamque indistinctæ videbantur, ut legi non possent; in priori autem adeo distinctæ, ut & facillime legi possent, & plane nihilo minus distincte cerni, quam si nudis oculis aspicerentur. In

utroque casu easdem res objectas, eodem situ positas, per idem prisma, & eodem intervallo interjecto, conspiciuntur. Nihil quicquam prorsus inter se differebant, nisi quod lumine diverso illuminabantur; quod quidem lumen uno in casu simplex erat, in altero compositum. Quare corpora ista objecta, quoniam in priori casu tam distincte, in posteriori tam confuse cernerentur, nihil aliud plane in causa esse potuit, præter luminum solummodo differentiam. Quo itidem tota propositio comprobatur.

Porro in tribus hæc experimentis, id etiam notatu erat dignissimum; homogenei luminis colorem, refractione nihil fuisse immutatum.

PROPOSITIO VI. THEOREMA V.

Sinus incidentia cuiusque radii seorsum, est ad sinum refractionis sua in data ratione.

U Numquemque radium seorsum, certa ac constanti aliqua ratione refrangibilem esse, ex iis quæ dicta sunt, satis est manifestum. Qui radii in prima refractione, iisdem positis omnium incidentiis, maxime refringuntur; ii in sequentibus itidem refractionibus, iisdem positis incidentiis, iterum maxime refringuntur: similique ratione radii minime refrangibiles, & quicumque sunt medio aliquo refrangibilitatis gradu; uti ex 5^{to}, 6^{to}, 7^{mo}, 8^{vo}, & 9^{no} experimentis liquet. Porro qui radii in prima refractione, iisdem positis omnium incidentiis, æqualiter refringuntur; ii iterum, iisdem positis incidentiis, æqualiter & uniformiter refringuntur: idque sive refringantur antequam a se invicem separati fuerint, ut in quinto experimento; sive postquam separati fuerint, ut in experimentis 12^{mo}, 13^o, & 14^{to}. Itaque refractione cuiusque radii seorsum, fit ad certam aliquam constantemque regulam: ea autem regula quæ sit, restat ut jam deinceps ostendamus.

Nuperi de rebus Opticis scriptores docent; sinus incidentiæ ad

ad sinus refractionis esse in data proportione ; uti in quinto axioma expositum est : & nonnulli instrumentis ad refractiones mensurandas , aut alia aliqua ratione hanc proportionem experimentis computantes , asseruerunt se eam invenisse accuratam. Verum dum illi , nondum intellecta diversa radiorum diversorum refrangibilitate , crediderunt radios una eademque proportionem refringi universos ; existimandum est , eos mensuras ad partem mediam solummodo luminis refracti accommodasse : adeo ut ex illorum mensuris hoc solum concludi possit ; radios , qui sunt medio refrangibilitatis gradu ; hoc est , qui , cum a reliquis separati sint , virides videntur ; eos in data sinuum proportionem refringi : Reliquos autem omnes , itidem secundum datas sinuum proportionem refringi ; id nobis jam restat comprobandum. Equidem , rem ita se habere debere , admodum est credibile & rationi consentaneum ; quandoquidem natura semper est sui similis. Verum probatio ab experimentis desumenda requiritur. Atque talem quidem probationem ita adferemus , si ostendere poterimus , sinus refractionis radiorum diverse refrangibilium esse ad se invicem in data proportionem , quando sinus incidentiæ sunt inter se æquales. Etenim si sinus refractionis omnium radiorum , sint in datis proportionibus ad sinus refractionis alicujus radii , qui sit medio refrangibilitatis gradu ; isque sinus sit in data proportionem ad incidentiæ sinus inter se æquales ; utique reliqui isti refractionis sinus , erunt itidem in datis proportionibus ad sinus incidentiæ inter se æquales. Jam autem sinus refractionis esse ad se invicem in data proportionem , quando sinus incidentiæ sunt inter se æquales ; ex sequenti experimento apparebit.

EXPERIMENTUM XV.

Per parvum rotundum foramen in fenestræ operculo , transmittatur in cubiculum tenebricosum radius Solis. Sit S [Fig. TAB. V. 26.] alba & rotunda Solis imago , directo suo lumine in oppositum parietem depicta. Sit P T oblonga & colorata imago.

G 3

quæ

quæ fiat refringendo id lumen per prisma in fenestra positum. Sit denique $p\ t$, vel $2\ p\ 2\ t$, vel $3\ p\ 3\ t$, oblonga & colorata imago ea, quæ fiat refringendo iterum idem lumen in latus per alterum prisma proxime post primum situ transverso collocatum; quomodo in quinto supra experimento explicatum est. Hoc est, sit ea imago, cum refractione secundi prismatis minor sit, $p\ t$, cum refractione ejusdem major sit, $2\ p\ 2\ t$; cum maxima, $3\ p\ 3\ t$. Etenim ea erit refractionum diversitas, si angulus refringens secundi prismatis sit varia magnitudine; puta quindecim aut viginti graduum, quum imago sit $p\ t$; triginta aut quadraginta, quum $2\ p\ 2\ t$; & sexaginta, quum $3\ p\ 3\ t$. Verum enimvero defectu prismatum ex vitro solidorum, quorum anguli ea sint qua oporteat magnitudine; comparari poterunt vasa ex politis vitri lamellis in formam prismatum, conclusa intus aqua, conglutinatis. His ita dispositis, observabam omnes Solis imagines coloratas, $P\ T$, $p\ t$, $2\ p\ 2\ t$, $3\ p\ 3\ t$, convergere quam proxime ad eum ipsum locum S , quo directum Solis lumen, quando, sublatis prismatibus, albam rotundamque in pariete Solis imaginem depingeret incidebat. Axis imaginis $P\ T$, productus; hoc est, linea ita per mediam imaginem $P\ T$ ducta, ut rectilineis ipsius lateribus parallela esset; transibat deinceps per medium ipsum istius albæ ac rotundæ imaginis S . Cumque refractione secundi prismatis, æqualis esset refractioni prioris; quippe quorum anguli refringentes, essent circiter sexagenum graduum; axis imaginis $3\ p\ 3\ t$ ista refractione effictæ, ipse itidem productus transibat per medium ejusdem albæ rotundæque imaginis S . Cum autem refractione secundi prismatis, minor esset refractione prioris; axes producti imaginum $t\ p$ aut $2\ t\ 2\ p$ ista refractione effictarum, intersecabant jam in punctis m & n , paulo ultra centrum albæ rotundæque imaginis S , axem productum imaginis $P\ T$. Unde proportio lineæ $3\ t\ T$ ad lineam $3\ p\ P$, paulo major erat quam lineæ $2\ t\ T$ ad lineam $2\ p\ P$; hæcque itidem paulo major, quam lineæ $t\ T$ ad lineam $p\ P$. Jam quum lumen imaginis $P\ T$ incidat in parietem ad perpendiculum; lineæ istæ $3\ t\ T$, $3\ p\ P$; & $2\ t\ T$, $2\ p\ P$; & $t\ T$, $p\ P$, sunt

sunt *Tangentes* refractionum. Quare ex hoc experimento, proportionales tangentium refractionum inveniuntur; Unde & finium proportionales collectæ, æquales reperiuntur; quantum quidem, imagines intuendo, & mathematicam quandam ratiocinationem adhibendo, judicare potuerim: Non enim accurate calculum ponebam. Itaque propositio nostra, quantum ab experimentis colligitur, in unoquoque seorsum radio vera esse apparet. Veram autem eam esse accuratissime, etiam demonstrari potest ex hac suppositione; *corpora lumen refringere, agendo in radios ejus in lineis ad superficies suas perpendicularibus.* Verum, quo hæc demonstratio recte procedat, distinguendus est motus cujusque radii in duos motus, quorum alter superficiei refringenti perpendicularis sit, alter eidem parallelus, & de motu quidem eo qui est perpendicularis, subjicienda est propositio sequens.

Si quis motus, aut corpus motum quodcumque, incidat quavis velocitate in quodvis latum & tenue spatium, duobus planis parallelis utrinque terminatum; inque transitu suo per istud spatium, urgeatur perpendiculariter versus ulterius planum quavis vi, quæ, datis distantis ab isto plano, sit datarum quantitatum: Perpendicularis velocitas istius motus, aut corporis, tum cum emerget ex eo spatio, semper æqualis erit radici summæ ejusce, quæ composita sit ex quadrato perpendicularis velocitatis quam habebat iste motus, aut corpus, tum cum incideret in istud spatium; & ex quadrato perpendicularis velocitatis quam idem motus, aut corpus, haberet tum, cum emergeret, si perpendicularis ejus velocitas tum, cum incideret, infinite parva fuisset.

Eadem autem propositio similiter vera erit de quovis motu, aut corpore, perpendiculariter retardato in transitu suo per istud spatium; si loco summæ binorum quadratorum, differentiam ipsorum sumas. Demonstrationem facile invenient mathematici; ideoque, ne lectorem distineam, eam hic non apponam.

Finge jam radium aliquem obliquissime in linea *M C* [*Fig. TAB. I.*] incidentem, refringi ad *C* a Plano *R S* in lineam *C N*: &, si linea *C E*. in quam alius quilibet radius *A C* refringi debeat, quæ:

quæ sit quærat; sint MC , AD , sinus incidentiæ duorum istorum radiorum; & NG , EF , eorundem sinus refractionis; & exponantur æquales radiorum incidentium motus, per lineas inter se æquales MC & AC . Tum, motu MC ad planum refringens parallelo existente, distinguatur motus alter AC in duos motus AD & DC , quorum alter AD parallelus, alter autem DC perpendicularis sit ad superficiem refringentem. Similiter, distinguantur motus emergentium radiorum, in binos motus; quorum ii, qui sunt perpendiculares. sint $\frac{MC}{NG} CG$, &

$\frac{AD}{EF} CF$. Quod si vis plani refringentis incipiat agere in radios vel jam in ipso plano, vel certo interjecto intervallo, ex una parte; desinatque certo interjecto intervallo ex altera parte; & in omnibus locis intra istos limites sitis, agat in radios in lineis superficiei isti refringenti perpendicularibus; actionesque ejus in radios, in distantiiis æqualibus a plano refringente, æquales sint; in distantiiis autem inæqualibus, vel æquales sint, vel certa qualibet proportionem inæquales: utique motus radii is, qui sit plano refringenti parallelus, nullam omnino ab ista vi mutationem patietur; motus autem is, qui sit plano eidem perpendicularis, mutabitur secundum propositionis jam expositiæ rationem. Itaque si perpendicularis velocitas radii emergentis CN , exponatur per $\frac{MC}{NG} CG$, ut supra; perpendicularis velo-

citas alterius cujusvis radii emergentis CE , quæ erat $\frac{AD}{EF} CF$,

erit æqualis radici Summæ quadratorum $CDq + \frac{MC}{NG}q CGq$.

Quæ quidem æqualia si quadraveris jam, eisque addas æqualia ADq & $MCq - CDq$, dividasque summas per æqualia $CFq + EFq$ & $CGq + NGq$, habebis $\frac{AD}{EF}q$ æquale

$\frac{MC}{NG}q$. Unde AD , sinus incidentiæ, sit ad EF , sinum refractionis, ut MC ad NG ; hoc est, in data ratione. Et quoniam

niam hæc demonstratio universalis est; in qua nec quid sit lumen, nec quali vi refringatur, nec aliud omnino quicquam posuerim, præter id solum; *corpus refringens agere in radios in lineis superficiei suæ perpendicularibus*: utique veritatem hujusce propositionis certissimam videtur evincere.

Quare, si ratio sinuum incidentiæ & refractionis cujusvis generis radiorum in uno aliquo casu inventa fuerit; inventa erit in omnibus. Ea autem quæ sit, methodo in sequenti propositione tradenda, facile colligi poterit.

PROPOSITIO VII. THEOREMA VI.

Conspicilla tubulata quominus omnibus numeris perfecta construï queant, facit diversa radiorum luminis refrangibilitas.

CONspicilla tubulata quominus omnibus numeris perfecta construï potuerint, sphericæ vitrorum figuræ vulgo in causa fuisse creduntur: ideoque id sibi proposuerunt mathematici, ut vitra in conicarum sectionum figuras tornarent. Verum ut eos in errore hac in parte versari ostenderem, propositionem hancce adjeci. Quæ quam vera sit, ex mensuris refractionum diversorum generum radiorum apparebit. Eæ autem quæ sint, hac ratione definio.

In tertio experimento hujus *Partis*, ubi angulus refringens prismatis erat graduum $62\frac{1}{2}$, dimidium istius anguli, hoc est, 31 gradus & 15 minuta, est angulus incidentiæ radiorum in ærem e vitro egredientium; & sinus istius anguli, est 5188 earum partium, quarum radius complectitur 10000. Cum axis hujus prismatis, horizonti parallelus esset; refractioneque radiorum in prisina incidentium, refractioni eorundem e prisma excuntium, æqualis esset: observabam, ope quadrantis, angulum quem radii mediocriter refrangibiles (hoc est, ii qui ad medium coloratæ Solis imaginis irent,) cum horizonte continerent:

H

Ex

Ex hoc autem angulo, & altitudine Solis eodem tempore observata, comperiebam angulum, quem radii emergentes & incidentes inter se continerent, esse 44 graduum ac 40 minutorum; cujus quidem anguli dimidium, additum angulo incidentiæ, qui erat 31 graduum & 15 minutorum, conficit angulum refractionis; qui proinde fit 53 graduum ac 35 minutorum, ejusque sinus 8047. Hi sunt sinus incidentiæ & refractionis radiorum mediocriter refrangibilium; eorumque proportio inter se, in numeris integris, est ut 20 ad 31. Vitrum, e quo hoc prisma constabat, colore erat ad viridem descendente. Ultimum autem prismatum in tertio experimento memoratorum, e vitro erat admodum pelucido candidoque. Ejus angulus refringens, erat graduum $63\frac{1}{2}$. Angulus quem radii emergentes & incidentes inter se continebant, 45 grad. 50 min. Sinus dimidii primi anguli, 5262. Sinus dimidiæ summæ angulorum, 8157. Proportio autem ipsorum inter se, erat, ut prius, in numeris integris, ut 20 ad 31.

Si de longitudine imaginis, quæ erat unciarum circiter $9\frac{3}{4}$ aut 10, subducatur ejusdem latitudo, quæ erat unciarum $2\frac{1}{8}$; residuum, quod est uncia $7\frac{3}{4}$, erit longitudo, quam eadem imago ita esset habitura, si Solis globus unum solummodo punctum foret. Itaque hæ uncia $7\frac{3}{4}$ subtendunt angulum, quem radiorum maxime minimeque refrangibiles, qui in unis eisdemque lineis in prisma inciderant, inter se jam, postquam emerferint, continent. Quare iste angulus, est 2 grad. 0', 7". Etenim intervallum, quo imago & prisma, ubi iste angulus constituitur, inter se distabant, erat pedum $18\frac{1}{2}$; quo interjecto intervallo, chorda uncias $7\frac{3}{4}$ longa subtendit angulum 2 graduum, 0', 7". Dimidium autem istius anguli, est angulus quem hi maxime minimeve refrangibiles radii emergentes continent cum radiis mediocriter refrangibilibus emergentibus: & quarta ejusdem pars, hoc est, 30', 2", haberi potest angulus, quem iidem radii cum radiis illis mediocriter refrangibilibus emergentibus contenturi essent, si intra vitrum cum eis conjuncti

juncti fuissent, nec ante emergendum ullam passi fuissent refractionem. Si enim duæ æquales refractiones; quarum altera sit radiorum in prisma incidentium, altera emergentium; constituunt dimidium anguli 2 grad. 0', 7": utique una istarum refractionum efficiet circiter quartam partem ejusdem anguli. Atque hæc quidem quarta pars, si adjiciatur jam ad angulum refractionis radiorum mediocriter refrangibilium, qui erat 53 grad. 35; & de eodem subducatur; conficiet angulos refractionis radiorum & maxime & minime refrangibilium, 54 grad. 5', 2"; & 53 grad. 4', 58": quorum angulorum sinus sunt 8099 & 7995: cum communis angulus incidentiæ, esset 31 grad. 15; ejusque sinus, 5188. Et hi quidem sinus, in minimis numeris integris, sunt inter se ut 78 & 77 ad 50.

Jam si de sinibus refractionis 77 & 78, communem incidentiæ sinum 50 subducas; residua 27 & 28 ostendunt, in parvis refractionibus refractionem radiorum minime refrangibilium esse ad refractionem maxime refrangibilium, ut 27 ad 28 quam proxime; refractionumque differentiam in radiis minime maximeque refrangibilibus, esse circiter $27\frac{1}{2}^{\text{am}}$ partem totius refractionis radiorum mediocriter refrangibilium.

Unde Optices periti facile intelligent, latitudinem minimi rotundi spatii, in quod vitra objectiva conspicillorum tubulorum colligere possint omnia genera radiorum inter se parallelorum, esse circiter $27\frac{1}{2}^{\text{am}}$ partem dimidiæ aperturæ vitri, aut 55^{am} partem totius aperturæ; focumque radiorum maxime refrangibilium, proprius a vitro objectivo abesse, quam focum minime refrangibilium, parte circiter $27\frac{1}{2}$ ejus totius intervalli, quo vitrum objectivum & focus radiorum mediocriter refrangibilium inter se distant.

Quod si radii omnium generum, fluentes ex uno quovis puncto lucido in axe lentis cujusvis convexæ sito, cogantur refractione istius lentis in puncta non nimium remota a lente; focus radiorum maxime refrangibilium jam propius a lente aberit, quam focus minime refrangibilium, eo intervallo; quod

H 2

sit

fit ad $27\frac{1}{2}$ ^{am} partem distantiae foci radiorum mediocriter refrangibilium a lente, ut distantia inter focum istum & punctum lucidum a quo radii fluunt, ad distantiam inter id punctum lucidum & lentem ipsam quam proxime.

Jam autem ut examinarem, utrum differentia refractionum, quas radii maxime minimeque refrangibiles ex uno eodemque puncto fluentes, in vitris objectivis conspiciuntur tubulorum aliisque id genus vitris patiuntur, tanta sit revera, quantam modo descripserim, necne; subjectum excogitavi experimentum.

EXPERIMENTUM XVI.

Lens, qua in secundo & octavo experimentis usus fueram, intervallo sex pedum uniusque unciae a quovis objecto collocata, colligebat imaginem istius objecti, per radios mediocriter refrangibiles, eodem interjecto sex pedum uniusque unciae intervallo ex altera parte. Quamobrem, ex regula antedicta, colligere debet eandem imaginem per radios minime refrangibiles, intervallo pedum sex, unciarumque $3\frac{2}{3}$; per radios autem maxime refrangibiles, intervallo pedum quinque unciarumque $10\frac{1}{3}$: adeo ut inter duo loca, in quibus radii minime maximeque refrangibiles istam imaginem exhibeant, intervallum sit unciarum circiter $5\frac{1}{3}$. Etenim, secundum illam regulam; quam proportionem habent sex pedes & uncia una, (intervallum quo lens & corpus lucidum objectum inter se distant,) ad duodecim pedes duasque uncias, (quo intervallo corpus lucidum objectum & focus radiorum mediocriter refrangibilium inter se distant;) hoc est, quam proportionem habet unum ad duo; eandem habet pars $27\frac{1}{2}$ sex pedum uniusque unciae, (intervalli quo lens & iste focus inter se distant;) ad intervallum quo radiorum maxime minimeque refrangibilium foci inter se distant: quod proinde intervallum, sit unciarum $5\frac{17}{27}$; hoc est, unciarum $5\frac{1}{3}$ quam proxime. Jam ut invenirem utrum haec mensura esset vera, necne; experimenta secundum & octavum in lumine colorato,

lorato, quod multo, quam id quo tum usus eram, minus esset compositum, iterabam: jam enim radios heterogeneos a se invicem ea ratione, quæ in undecimo experimento descripta est, separaveram; adeo ut imago colorata, duodecim circiter aut quindecim partibus longior facta esset quam latior. Imaginem istam libro literis impressio excipiebam. Cumque lentem supra memoratam, interjecto sex pedum uniusque unciae intervallo, collocassem; quo. literarum illuminatarum imago, eodem iterum intervallo ex altera parte colligeretur; observabam imaginem literarum colore cæruleo illuminatarum, propius a lente abesse, quam literarum rubro saturo illuminatarum, intervallo circiter unciarum trium aut $3\frac{1}{4}$: verum literarum colore indico & violaceo illuminatarum imago adeo confusa minimeque distincta videbatur, ut eæ legi non possent. Quare prisma inspiciens, comperiebam id venulis ab una vitri extremitate ad alteram pertingentibus undique crispum esse; adeo ut refractione nequaquam regularis esse potuerit. Aliud itaque prisma, venulis immune, accepi; &, literarum loco, duas tresve lineas nigras inter se parallelas & literarum ductibus paulo grandiores adhibebam: quibus cum colores ita superinjecissem, ut ab una imaginis extremitate ad alteram hæ lineæ per colores ductæ viderentur; observabam focum, ubi color indicus, sive confinium indici & violacei, linearum nigrarum imagines maxime distinctas exhiberet, intervallo circiter unciarum 4 aut $4\frac{1}{4}$ propius a lente abesse, quam focum ubi color ruber extremus & saturatissimus imagines earundem linearum nigrarum maxime distinctas exhibebat. Color violaceus adeo debilis fuit & obscurus, ut in eo linearum imagines distincte discernere haud potuerim. Quare, cum prisma, quo utebar, e vitro esset subviridi & minus pellucido; aliud adhuc prisma accepi, quod esset e vitro admodum pellucido candidoque. Verum, hoc prismate adhibito, longæ jam albæque luminis debilioris radiationes se ex utraque imaginis coloratæ extremitate mittebant: unde concludebam, necdum omnia recte esse comparata. Prisma igitur attentius inspiciens,

H. 3

duas.

duas tresve bullulas in vitro observabam, quibus lumen irregulariter refringebatur. Quocirca eam partem vitri, in qua hæ bullulæ inessent, charta nigra obtegebam; lumineque per aliam vitri partem bullulis immunem transmissa, imago colorata immunis jam ab irregularibus illis radiationibus apparebat; eaque fere erat, quam optarem. Veruntamen adhuc color violaceus adeo obscurus debilisque fuit, ut in eo linearum imagines vix, & in obscuriori ipsius parte, prope imaginis extremitatem, omnino haud discernere potuerim. Suspicabar igitur obscurum hunc debilemque colorem, admixtum sibi habere posse aliquid luminis illius quaquaversum dispersi, quod partim bullulis quibusdam perparvis intra vitrum latentibus, partim vitri facierum haud satis accurate perpolitarum inæqualitatibus, irregulariter refringeretur & reflecteretur: quod quidem lumen, quavis parvum, tamen subalbidum cum esset, sensum satis fortiter, ad interturbanda debilis illius & obscuri coloris violacei Phænomena, afficere posset. Quamobrem explorabam, quomodo in 12° , 13° , & 14° experimentis expositum est, annon hoc lumen violaceum constaret ex sensibili mixtura radiorum heterogeneousorum. Verum apparebat, non ita se id habere. Neque enim refractiones ex hoc violaceo lumine alium ullum colorem, qui quidem sensu percipi posset, præter unum violaceum, eliciebant; uti ex albo lumine omnino eliciissent; & consequenter ex hoc violaceo lumine similiter eliciissent, si id ex albo lumine, ita ut res sub sensum caderet, compositum fuisset. Concludebam itaque, obscuritatem solummodo hujusce coloris, & luminis sui tenuitatem, nimiamque ab axe lentis distantiam, in causa fuisse, quamobrem linearum imagines in eo distincte discernere haud potuerim. Quocirca nigras istas lineas parallelas, in partes inter se æquales dividebam; quo facilius, quibus intervallis colores in imagine inter se distarent, cognoscerem: cumque notassem quantis itidem intervallis foci colorum eorum, in quibus linearum imagines distincte cernebantur, a lente distarent; in id deinceps inquirebam, utrum differentia horum intervallorum eandem habeat

habeat proportionem ad uncias $5\frac{1}{2}$, hoc est, ad maximam differentiam intervallorum quibus foci colorum extremorum rubri & violacei a lente distare debent, ac habet colorum in imagine observatorum distantia inter se, ad maximum itidem intervallum (in rectilineis imaginis lateribus dimensum) quo colores extremi ruber & violaceus in imagine inter se distant, hoc est, ad longitudinem rectilineorum imaginis laterum, sive spatium quo longitudo imaginis exuperat latitudinem suam. Quæ autem observaverim, hujusmodi fuerunt.

Cum observarem interque se compararem colorem rubrum saturatissimum extimumque, qui sensu percipi posset; & colorem eum, qui in confinibus viridis & cærulei positus, distabat a rubro, in rectilineis imaginis lateribus, dimidia parte longitudinis istorum laterum: focus ubi confinium coloris viridis & cærulei, imagines linearum distincte super charta exhibebat, propius a lente distabat, quam focus ubi color ruber imagines earundem linearum distincte exhibebat; intervallo circiter unciarum $2\frac{1}{2}$ aut $2\frac{3}{4}$. Mensuræ enim interdum paulo majores erant, interdum paulo minores; raro autem inter se differebant amplius $\frac{1}{2}$ unciae: Etenim difficillimum erat focos, quo in loco sitii essent, accuratissime sine omni errore definire. Jam vero si colores dimidia longitudine imaginis inter se distantes, (in rectilineis nimirum imaginis lateribus dimensi,) faciunt ut differentia intervallorum, quibus foci sui a lente distant, sit unciarum $2\frac{1}{2}$ aut $2\frac{3}{4}$; utique colores tota imaginis longitudine inter se distantes, facere debebunt ut differentia intervallorum, quibus foci sui a lente distent, sit unciarum 5 aut $5\frac{1}{2}$.

Verum id hic observandum est, me non potuisse videre colorem rubrum ad usque ipsam imaginis extremitatem, sed duntaxat ad centrum semicirculi quo ista extremitas terminaretur, aut paulo ultra id. Quare colorem istum rubrum comparabam, non cum colore eo qui esset accurate in media imagine, sive in ipsis confinibus viridis & cærulei; sed cum eo colore, qui ad cæruleum paulo magis, quam ad viridem accederet. Et quemadmodum computabam totam colorum longitudinem non

eam:

eam esse, quæ esset tota imaginis longitudo; sed eam duntaxat, quæ esset longitudo rectilineorum ipsius laterum: ita, semicircularibus extremis jam in integros circulos absolutis; quum alteruter e duobus observatis coloribus intra istos circulos caderet, dimeriebar distantiam ejusce coloris a semicirculari imaginis extremitate, & subducto dimidio istius distantiae de mensurata duorum colorum distantia inter se, residuum pro correctâ ipsorum distantia inter se accepi; inque his observationibus correctam istam distantiam, pro differentia intervallorum quibus foci sui a lente distarent, annotavi. Quemadmodum enim longitudo rectilineorum imaginis laterum, futura esset ipsa colorum omnium tota longitudo, si circuli, ex quibus (uti supra ostensum est) ea imago composita est, in puncta physica contracti forent: sic, in eo casu, correctâ illa distantia binorum quorumvis observatorum colorum, vera esset futura distantia ipsorum inter se.

Cum igitur porro observarem, interque se compararem, colorem rubrum extremum qui sensu percipi posset, & cæruleum illum, quorum correctâ distantia inter se esset $\frac{7}{12}$ partes longitudinis rectilineorum imaginis laterum: differentia intervallorum quibus foci sui a lente distarent, erat circiter unciarum $3\frac{1}{4}$. Jam autem ut 7 ad 12, ita $3\frac{1}{4}$ ad $5\frac{4}{7}$.

Cum observarem colorem rubrum extremum qui sensu percipi posset, & indicum illum, quorum correctâ distantia inter se esset $\frac{3}{12}$ sive $\frac{2}{3}$ longitudinis rectilineorum imaginis laterum: differentia intervallorum quibus foci sui a lente distarent, erat circiter unciarum $3\frac{2}{3}$. Ut autem 2 ad 3, ita $3\frac{2}{3}$ ad $5\frac{1}{2}$.

Cum observarem colorem rubrum extremum qui sensu percipi posset, & indicum illum saturatiorem, quorum correctâ distantia inter se esset $\frac{2}{12}$ sive $\frac{1}{6}$ longitudinis rectilineorum imaginis laterum: differentia intervallorum quibus foci sui a lente distarent, erat circiter 4 unciarum. Ut autem 3 ad 4, ita 4 ad $5\frac{1}{3}$.

Cum observarem colorem rubrum extremum qui sensu percipi posset, & violacei partem indico proximam, quorum correctâ

recta distantia inter se esset $\frac{10}{2}$ sive $\frac{5}{2}$ longitudinis rectilineorum imaginis laterum: differentia intervallorum quibus foci sui a lente distarent, erat circiter unciarum $4\frac{1}{2}$. Ut autem 5 ad 6, ita $4\frac{1}{2}$ ad $5\frac{2}{3}$. Interdum enim, cum lens commodiori situ ita esset collocata, ut axis ejus ad colorem cæruleum spectaret; cæteraque omnia commode essent comparata; Sol etiam disjectis nubibus clarior colluceret; ipseque oculis propius admotis chartam, quæ linearum imagines lente projectas exciperet, attentius intuerer: discernere poteram satis distincte linearum istarum imagines, in coloris etiam violacei parte ea, quæ indico proxima esset; nonnunquam etiam ultra medium ipsum coloris violacei. Etenim in his experimentis capiendis id observaveram, imagines eorum duntaxat colorum distinctas apparere, qui vel in axe lentis, vel saltem non longe extra eum, essent positi: adeo ut, cum color cæruleus vel indicus in eo axe situs esset, ipsorum imagines distincte discernere potuerim; eodem autem tempore color ruber multo, quam ante, minus distinctus videretur. Quocirca id deinceps egi, ut, colorum imagine in brevitatem contracta, ambo ejus extrema propius jam ab axe lentis distarent. Jamque ejus longitudo erat unciarum circiter $2\frac{1}{2}$, latitudo autem circiter $\frac{1}{2}$ aut $\frac{1}{6}$ unius unciae. Porro, loco linearum nigrarum in quas colores adhuc inciderant, unam jam lineam nigram prioribus latiore duxi; quo facilius imaginem ipsius discernere: eamque lineam brevibus transversis lincis in partes inter se æquales divisi, quibus colores observati quo intervallo inter se distarent dimetirer. Quibus ita dispositis, poteram jam nonnunquam discernere lineæ hujusce imaginem una cum divisionibus suis, ad usque centrum fere semicircularis violacæ extremitatis imaginis. Quæque jam deinde observaverim, hujusmodi erant.

Cum observarem colorem rubrum extremum qui sensu percipi posset, partemque violacei eam, quorum correctâ distantia inter se esset circiter 8 partes longitudinis rectilineorum imaginis laterum: differentia intervallorum quibus horum colorum foci a lente distarent, erat uno tempore unciarum $4\frac{2}{3}$, alio tempore

pore $4\frac{3}{4}$, alio $4\frac{7}{8}$. Ut autem 8 ad 9; ita $4\frac{2}{3}$, $4\frac{1}{4}$, $4\frac{7}{8}$, ad $5\frac{3}{4}$, $5\frac{11}{12}$, $5\frac{31}{32}$, respective.

Cum observarem colorem rubrum extremum, & violaceum itidem extremum, qui sensu percipi possent: (quorum quidem colorum correctâ distantia inter se, cum omnia quam potuerint commodissime essent comparata, Solque clarissimus luceret, erat circiter $\frac{11}{12}$ aut $\frac{15}{16}$ partes longitudinis rectilinearum imagini coloratæ laterum:) comperiebam differentiam intervallorum quibus foci sui a lente distarent, esse unciarum modo $4\frac{3}{4}$, modo $5\frac{1}{4}$, & plerunque plus minus 5 unciarum. Ut autem 11 ad 12, aut 15 ad 16; ita 5 uncia ad $5\frac{1}{2}$ aut $5\frac{1}{3}$.

Atque hac quidem experimentorum progressionem adductus sum ut certo credam, si lumen in ipsis extremitatibus imaginis satis forte fuisset, quo linearum nigrarum imagines clare super charta apparere potuerint; futurum utique fuisse, ut focus coloris violacei extremi propius a lente distare compertus esset, quam focus rubri extremi, intervallo unciarum minimum $5\frac{1}{2}$. Quo & illud etiam amplius confirmatur; sinus incidentiæ & refractionis omnium generum radiorum, eandem proportionem inter se in minimis refractionibus, atque in maximis, habere.

Totam hujusce rei experiundæ rationem, quoniam negotium est multæ diligentiae atque accuratationis, singulatim enarrare volui; ut, qui rem eandem posthac experiundo examinaturi sint, intelligant quam accurate omnia animo circumspicere & secum ante considerare debeant, quo experimentum hocce sibi feliciter succedat. Qui nihilominus, si negotium sibi minus forsan ex sententia succedat, quam mihi ante successit; colligere tamen poterunt ex proportionem quam habet distantia colorum a se invicem in imagine, ad differentiam distantiarum focorum suorum a lente, quis esset futurus exitus accuratioris experimenti in coloribus longius inter se distantibus. Veruntatem si lentem latiore, quam qua ego usus sum, adhibeant; eamque longo rectoque bacillo alligent, quo facile rectaque dirigatur ad eum semper colorem, cujus focus, ubi sit, requiritur; nullus dubito quin illis etiam melius hæc res sub manus succedat, quam mihi.

mihi ipsi successit experiēti. Ego enim axem lentis ad mediam duntaxat partem colorum, quam potui proxime, direxi; quo pacto languidæ colorum extremitates, quia paulo remotiores essent ab axe, imagines sui minus distincte in chartam projiciebant, quam si axis lentis ad singulos colores ordine directus fuisset.

Jam ex his quæ dicta sunt manifestum est, radios, qui refrangibilitate inter se differunt, non convenire in unum focum; sed ita esse comparatos, ut, si a lucido puncto fluant, quod eodem intervallo a lente distet ex una parte, ac foci sui ex altera; tum focus radiorum maxime refrangibilium propius a lente abfuturus sit, quam focus minime refrangibilium, amplius decima-quarta totius distantiae: sin a lucido puncto fluant, quod a lente tanto sit intervallo remotum, ut ante incidendum jam pro parallelis inter se haberi possint; tum focus radiorum maxime refrangibilium propius a lente abfuturus sit, quam focus minime refrangibilium, circiter 27^{ma} aut 28^{va} parte totius suæ distantiae a lente. Porro diameter circuli in medio duorum istorum focorum intervallo siti, quem hi radii tum illuminant, cum ibi in aliquod planum axi perpendiculare incidunt; (qui quidem circulus minimus est, in quem ii omnes convenire possint;) erit circiter 55^{ta} pars diametri aperturæ vitri. Adeo ut mirum sit conspici illa tubulata res objectas tam distincte exhibere posse, quam eas revera exhibent. At si omnes radii luminis ex æquo refrangibiles essent, error qui solummodo ex sphaericis vitrorum figuris oriretur, sexcenties minor esset. Si enim vitrum objectivum telescopii sit plano-convexum, & plana ipsius facies ad rem objectam obvertatur; diameter autem sphaeræ, cujus id vitrum segmentum sit, appelletur D; item semidiameter aperturæ vitri, vocetur S; & sinus incidentiæ e vitro in aërem, sit ad sinum refractionis, ut I ad R: radii qui incidunt paralleli ad axem vitri, diffusi erunt, eo in loco ubi objecti imago distinctissima exhibetur, in parvum circulum, cujus diameter erit $\frac{Rq}{Iq} \times \frac{Scub.}{Dquad.}$ quampro-

I 2

metho-

methodum ferierum infinitarum, & rejiciendo terminos quorum quantitates nullius essent momenti. Exempli gratia: si sinus incidentiæ I, sit ad sinum refractionis R, ut 20 ad 31; & D, diameter sphaeræ ad quam convexa vitri facies tornata est, sit 100 pedum sive 1200 unciarum; S autem, semidiameter aperturae, sit duarum unciarum: utique diameter parvi circuli ante dicti, (hoc est, $\frac{R \times S \text{ cub.}}{I \times D \text{ quad.}}$) erit $\frac{3^3 \times 31 \times 8}{20 \times 20 \times 1200 \times 1200}$ (five $\frac{961}{72000000}$) partes unius unciae. Atqui diameter alterius parvi circuli, per quem nimirum radii inæquali sua refrangibilitate diffusi sunt, erit circiter 55^a pars aperturae vitri objectivi; quam quidem aperturam jam posuimus esse quatuor unciarum. Ergo error qui oritur a sphaerica figura vitri, ad errorem qui oritur a diversa radiorum refrangibilitate, est ut $\frac{961}{72000000}$ ad $\frac{4}{55}$; hoc est, ut 1 ad 5449. Quare cum error ille adeo parvus sit in comparisonem, utique non est consideratione dignus.

Verum hic quæri potest; si errores, qui ex diversa radiorum refrangibilitate oriuntur, adeo sint ingentes; qui ergo fiat, ut res objectæ per conspicilla tubulata inspectæ, tam distinctæ appareant, quam eas revera apparere experimur. Respondeo. hoc ideo ita se habere, quia radii errantes non uniformiter per totum id rotundum spatium diffusi sunt; sed in centrum infinito, quam in aliam ullam circuli partem, densius collecti sunt; a centro autem ad usque circumferentiam rarescunt continuo, donec in ipsa tandem circumferentia infinite rari evadunt; & propter raritatem istam minus fortes sunt, quam ut sensu percipi possint, nisi in ipso centro aut propius ab eo. Sit enim A D E [Fig. 27.] istiusmodi circulus, centro C & semidiametro A C descriptus; sitque B F G minor circulus, eodem cum isto A D E centro descriptus, ejusque diametrum A C circuitu suo interfecans in B: biseca autem A C in N. Jam, ut ego quidem calculum posui, densitas luminis in quovis loco B, erit ad densitatem ejusdem in N, ut A B ad B C; totumque lumen intra circulum minorem B F G, ad totum lumen.

TAB. V.

men intra majorem A E D, erit ut excessus quadrati A C super quadratum A B, ad quadratum ipsius A C. Exempli gratia: si B C sit quinta pars istius A C; lumen in B quadruplo densius erit, quam in N; & totum lumen intra minorem circulum, ad totum lumen intra majorem, erit ut 9 ad 25. Ex quo manifestum est, lumen intra minorem circulum sensum multo fortius afficere debere, quam lumen illud debilius & in raritatem dilatatum, quod inter circumferentiam majoris minorisque circuli est circumcirca dispersum.

Verum & illud hic insuper observandum est, colorum primate exhibitorum clarissimos & fulgentissimos esse flavum & aureum. Hi sensum fortius, quam reliqui simul universi, afficiunt: hisque proximi sunt claritate, colores ruber & viridis. Cæruleus, cum hisce comparatus, debilis est & tenebricosus color; indicus autem & violaceus, multo etiam istis languidior. Adeo ut ii, in colorum clariorum comparisonem, parvi momenti sint habendi. Rerum igitur objectarum imagines collocandæ sunt, non in foco radiorum mediocriter refrangibilium; qui sunt in confinibus viridis & cærulei; sed in foco eorum radiorum, qui inter aureum colorem & flavum interjacent; eo in loco ubi color omnium lueidissimus est & fulgentissimus, hoc est, in colore flavo clarissimo, sive eo qui ad aureum propius quam viridem accedit. Atque horum quidem radiorum refractione, (quorum sinus incidentiæ & refractionis in vitro sunt ut 17 & 11,) dimetienda est refractionis vitri & crystalli ad usus Opticos. Ponamus itaque corporis objecti imaginem in foco horum radiorum: jamque omnes radii flavi & aurei collecti erunt intra circulum, cujus diameter sit circiter 250^{ma} pars diametri aperturæ vitri. Quod si his addideris clariorem partem dimidiam rubri, (eam scilicet quæ aureo proxima est,) & clariorem partem dimidiam viridis, (eam scilicet quæ flavo proxima est:) jam circiter $\frac{2}{3}$ partes luminis horum duorum colorum intra circulum ante dictum cadent, & $\frac{2}{3}$ partes extra eum cadent circumcirca; quæque luminis hujusce pars extra circulum cadet, ea per spatium fere altero tanto majus, quam quæ intra cadet.

I 3

diffun-

diffundetur; ac proinde in toto, tribus fere tantis rarior erit facta. Ex reliqua autem parte dimidia colorum rubri & viridis, (hoc est, ex rubro tenebricoso saturatissimo & viridi saligneo,) circiter $\frac{1}{4}$ pars intra circulum prædictum cadet, & $\frac{3}{4}$ extra; quæque hujus luminis pars extra circulum cadet, ea per spatium circiter quatuor aut quinque partibus majus, quam quæ intra cadet, diffundetur: Ac proinde hoc lumen in toto rarius erit, idque circiter viginti quinque partibus, quam totum lumen intra circulum inclusum; quinimo, ut verius dicam, lumen hoc extra circulum, amplius triginta aut quadraginta partibus quam id quod est circulo inclusum, rarius erit; quippe color ruber extremus in fine coloratæ imaginis prismate effictæ, jam ante tenuis admodum & rarus fuerat; itemque viridis saligneus rarior aliquanto quam aureus ac flavus. Quare horum colorum lumen, cum sit tanto rarius quam id quod intra circulum cadat; utique sensum vix movere poterit. Præsertim cum color ruber saturatior, & viridis saligneus, hujusce luminis; colores sint multo, quam reliqui, fulciores. Eandem autem ob causam colores cæruleus & violaceus, cum sint etiam adhuc multo, quam illi, obscuriores; multoque etiam magis rarefacti; omnino negligi poterunt. Etenim densum illud clarumque lumen in circulo inclusum offundet obscurabitque rarum & languidum fulciorum horum colorum circumjectorum lumen; efficietque ut hi sensu percipi vix queant. Itaque puncti lucidi imago, quæ sensu percipi possit, vix excedet magnitudine circulum, cujus diameter sit 250^{ma} pars diametri aperturæ vitri objectivi telescopii melioris: saltem non multo latior eo erit; si excipias languidum, obscurum, nubilumque admodum circumfusum lumen, cujus haud fere ullam habebit spectator rationem. Proinde in conspicio tubulato, cujus apertura sit quatuor unciarum, & longitudo pedum centum; hæc imago non excedet 2" 45"', aut 3". Et in conspicio tubulato, cujus apertura sit binarum unciarum, & longitudo 20 aut 30 pedum; poterit esse 5" aut 6", vix autem major eo. Quod quidem experientiæ optime congruit. Etenim Astronomi quidam, per

con-

conspicilla tubulata supra vicos pedes, & infra sexagenos, longa; observarunt diametros stellarum fixarum, esse circiter 5" aut 6", aut summum 8" aut 10". Verum si vitrum ocularium, facis lychnive fumo leniter infuscatum sit, quo lumen stellæ obscuretur; jam languidum illud lumen, quod erat in circuitu stellæ, evanescet; stellaque ipsa (si vitrum satis sit fumo infuscatum) ad puncti Mathematici similitudinem propius accedet. Quam porro eandem ob causam, enorme illud lumen, quod est in circumferentia cujusque puncti lucidi, minus sentiri debet in brevioribus telescopiis, quam in longioribus; quia breviores minus luminis ad oculum transmittunt.

Cæterum Stellas fixas, ob immensam distantiam, instar punctorum esse, nisi quatenus earum lumen refractione dilatatur, inde constat; quod, ubi Lunam subeunt, eclipsin passuræ, lumen earum non gradatim (ut fit in planetis,) sed totum simul evanescit, &, finita eclipsi, totum simul in conspectum redit; aut certe intra spatium dimidii unius minuti secundi; refractione scilicet in atmosphæra Lunæ, tempus luminis & evanescentis & in conspectum denuo redeuntis, aliquantulum protrahente.

Quod si jam igitur ponamus puncti lucidi imaginem, quæ sensu percipi possit, latitudinem habere omnino 250 partibus minorem latitudine aperturæ vitri objectivi; at etiam hæc valde grandis est imago, si cum ea comparetur, quæ ex sphaerica solummodo vitri figura fuisset oritura: etenim, absque diversa radiorum refrangibilitate esset, latitudo ejusdem imaginis in telescopio pedes centum longo, cujus apertura sit quatuor unciarum, omnino haud amplius $\frac{961}{72000000}$ partes uncia foret complexura; uti ex præcedenti computatione liquet. Quare, in hoc casu, errores maximi qui e sphaerica vitri figura oriantur, ad errores sensibiles maximos qui e diversa radiorum refrangibilitate oriantur, erunt summum ut $\frac{961}{72000000}$ ad $\frac{4}{250}$; hoc est, ut 1 duntaxat ad 1200. Ex quo abunde quidem

quidem apparet, conspici illa tubulata quominus omnibus numeris perfecta atque absoluta construi queant, non utique sphaericas vitrorum figuras, sed diversam radiorum ipsorum refrangibilitatem, in causa esse.

Adhæc aliud argumentum est quo itidem inferri possit, diversam radiorum refrangibilitatem revera in causa esse, quamobrem conspici illa tubulata omnibus numeris perfecta construi nequeant. Etenim radiorum errores, qui quidem e sphaericis vitrorum objectivorum figuris oriuntur, sunt ut cubi aperturarum vitrorum objectivorum: & exinde, quo telescopia varia longitudine res objectas ita varie amplificent, ut tamen illæ in singulis æque distinctæ appareant; aperturæ vitrorum objectivorum, potentiæque amplificandi, deberent esse ut cubi radicum quadratarum longitudinum tuborum: quod experientiæ non respondet. At radiorum errores ii, qui e diversa refrangibilitate oriuntur, sunt ut ipsæ aperturæ vitrorum objectivorum: & exinde, quo telescopia varia longitudine res objectas jam ita varie amplificent, ut tamen illæ in singulis æque distinctæ appareant; aperturæ, & potentiæ amplificandi, debent esse ut ipsæ radices quadratæ longitudinum. Idque, ut bene notum est, experientiæ respondet. Exempli gratia: telescopium 64 pedum in longitudinem, & cujus apertura sit unciarum $2\frac{2}{3}$, rem objectam circiter centies & vicies amplificatam, tamen æque distinctam exhibet; ac telescopium unius pedis in longitudinem, & cujus apertura sit $\frac{1}{3}$ unius unciae, eam quindecies exhibet amplificatam.

TAB. V.

Quod si jam radii non essent diverse refrangibiles, conspici illa tubulata multo, quam adhuc descripsimus, perfectiora construi possent; componendo vitra objectiva ex binis vitris, inclusa intus aqua, conglutinatis. Sit ADFC [Fig. 28.] vitrum objectivum, compositum ex duobus vitris ABED & BEFC, ab exteriori sui parte AGD & CHF consimiliter convexis, & ab interiori sui parte BME & BNE consimiliter concavis; sitque aqua in cavitatem BMEN conclusa. Porro sit sinus incidentiæ ad sinum refractionis e vitro in aërem, ut

I ad R

I ad R; ex aqua autem in aërem, ut K ad R; & consequenter e vitro in aquam, ut I ad K. Diameter sphaeræ, ad quam facies convexæ A G D & C H F tornatæ sint, esto D: diameterque sphaeræ, ad quam facies concavæ B M E & B N E tornatæ sint, esto ad D, ut radix cubica illius K K — K I ad radicem cubicam illius R K. — R I: jamque refractiones in concavis vitrorum faciebus, multum corrigent errores refractionum in convexis faciebus; quatenus quidem ii e sphaerica vitri figura oriuntur. Atque hac quidem ratione conspiciilla tubulata satis admodum perfecta atque absoluta construi possent; si utique diversa radiorum genera non forent diverse refrangibilia. Verum enimvero, propter diversam hancce refrangibilitatem, non equidem video qui fieri queat, ut conspiciilla tubulata solis refractionibus excoli atque perfici possint; nisi forte ea ratione, quæ in eisdem amplius in longitudinem extendendis versatur, effici hoc quadantenus possit: quem quidem ad finem, nuperum *Hugenii* inventum optime videtur accommodatum. Etenim tubi prælongi valde molesti & incommodi sunt, & tractatu difficillimi; & præterea, propter nimiam longitudinem, facile incurvescunt & quatiuntur; eoque pacto efficiunt, ut res objectæ perpetuo tremere videantur, & non sine multo negotio distincte cerni queant: cum jam e contrario, adhibito *Hugenii* invento, & tractatu facilliora sint vitra; & specialiter vitrum objectivum, perticæ fortiori erectæque infixum, stabile ac firmum maneat.

Quandoquidem igitur refractionibus perficere conspiciilla tubulata, quæ sint datarum longitudinum, in negotiis desperatis est; excogitavi quondam telescopium, quod res objectas reflexione inspiciendas exhiberet: utebar autem, loco vitri objectivi, metallo concavo. Diameter sphaeræ, ad quam metallum concavum tornatum fuit, complectebatur circiter 25 uncias Anglicas; & consequenter longitudo instrumenti erat circiter unciarum $6\frac{1}{4}$. Vitrum ocularium plano-convexum erat; & diameter sphaeræ, ad quam convexa ipsius facies tornata fuit, erat circiter $\frac{1}{2}$ uncia, aut paulo infra id; ac proinde hoc vitrum rem

K

objectam

objectam triginta aut quadraginta tantis vero ampliorem representabat. Alia computandi ratione, inveni illud circiter triginta quinque tantis specie ampliorem rem objectam exhibere. Metallum concavum id erat, quod aperturam unciae unius & $\frac{1}{3}$ ferre posset. Verum apertura definita erat, non circulo opaco marginem metalli circum obtegente, sed circulo opaco inter vitrum ocularium & oculum collocata, in cujus medio parvum rotundum foramen erat, per quod radii ad oculum transmitterentur. Etenim circulus iste ibi collocatus, interceptabat plurimum errantis luminis, quo aspectus alioquin interturbatus fuisset. Quum hoc instrumentum cum conspicillo tubulato satis bono, quod in longitudinem haberet quatuor pedes, & cujus vitrum ocularium concavum esset, compararem; e loco longinquiore, mei instrumenti ope, quam istius conspicilli, literas legere poteram. Attramen in meo instrumento corpora objecta multo, quam in isto conspicillo vitreo, tenebrosiora videbantur; partim quia plus luminis inter reflectendum a metallo, quam inter retringendum a vitro, intercidebat & amittebatur; & partim, quia instrumentum meum nimium ad amplificandum esset comparatum. Etenim si meum instrumentum corpora objecta non amplius triginta aut viginti quinque tantis vero ampliora exhibuisset; utique illa clariora jam & lucidiora in eo apparuissent. Duo hujusmodi instrumenta, ante hos annos circiter sexdecim, construxi: quorum alterum adhuc apud me est; ipsumque quam vera sint, quae scribam, cuilibet demonstrare poterit. Veruntamen id diuturnitate temporis paulo deterius est factum. Etenim metalli concavi nitor saepius infuscatus fuit; qui tamen nitor, corii mollioris affricu, iterum est restitutus. Cum haec instrumenta confecissem; artifex Londinensis id sibi sumpsit, ut ea imitaretur. Verum cum ille metallum alia ratione poliret, quam ego fecissem; ejus instrumentum multum infra mei bonitatem cecidit; uti ex opifice inferiori, qui illi hac in re operam dederat, postea audiui. Caeterum ego quidem metallum hac ratione perpolivi. Duas laminas cupreas, alteram convexam, concavam alteram, uncias

senas;

fenas diametro complectentes, & inter se optime aptatas, accipiebam. Harum super ea quæ convexa erat, metallum objectivum concavum, quod erat mihi poliendum, atterebam usque eo, donec in figuram laminæ convexæ respondentem tornatum esset, & ad polituram esset paratum. Tum laminam convexam pice liquefacta desuper instillata valde tenuiter induebam, calefaciebamque interea, ut pix tamdiu mollis permaneret, dum eam lamina cuprea concava contererem nonnihil madefacta, quo lamina convexa pice ex æquo usquequaque diffusa indueretur. Atque hoc quidem pacto, attritis diutule inter se lamellis, picem in summam tenuitatem diducebam. Cumque lamina convexa refrigerata esset, picem iterum, admota concava lamina, conterebam; ut figuram sortiretur quam posset maxime aptam atque accuratam. Tum stanni usti aliquantum, quod a particulis suis crassioribus multa lotura separassem, & in summam subtilitatem coegissem, pici isti superinjectum, admota iterum lamina cuprea concava, conterebam usque eo, donec stridere desit: & deinde super pice metallum objectivum, brachio celeriori, & plusculo virium adhibito, ad duo circiter triave minuta, atterebam. Tum stannum ustum denuo pici eidem superinjectum, admota iterum lamina cuprea concava conterebam, donec rursus stridere desit: & deinde super pice metallum objectivum, ut prius, atterebam. Hocque idem sæpius iterabam, donec metallum esset perpolitum. Ad extremum autem enixius jam, abhibitis totis viribus, atque etiam diutius illud atterebam; picemque, nullo amplius superinjecto stanno usto, sufflabam identidem, ut ea humida permaneret. Metallum hoc objectivum, latum erat uncias duas, & circiter tertia uncia parte crassum, ne forte inflecti posset. Duo hujusmodi metalla, habui: & cum utrumque polivissem, explorabam utrum eorum melius esset: alterumque iterum atterebam, si forte ut id adhuc melius esset illo, quod apud me servaveram, efficere possem. Atque hoc pacto, sæpe experiundo, metalli expoliendi rationem edidici; donec tandem bina illa conspiciilla superius memorata, quæ res objectas reflexione inspiciendas præberent, fabricaverim. Ete-

nim hæc metalli perpoliendi ars assiduo usu melius, quam præceptis omnibus, edisci poterit. Antequam metallum objectivum super pice attererem; semper stannum ustum, admota lamina cuprea concava, prius super eadem atterebam, usque eo, donec stridere desit: quoniam stanniusti particulæ, nisi pici hoc modo ita sint infixæ, uti nulla ex parte possint se torquendo excitare; sese hac illac provolvendo interrudent metallum objectivum, parvisque innumeris foraminibus asperum id & inæquale facient.

Verum quandoquidem metallum multo, quam vitrum, difficilius est politum; & postquam politum est, facillime, infusato nitore suo, ineptum fit ad usus opticos; atque etiam omnino luminis minus reflectit, quam vitrum argento vivo indutum: suaderem equidem, ut, loco metalli, vitrum adhibeatur, ab anteriore sui parte concavum, a posteriori autem parte ex æquo convexum, & ab ista convexa quidem parte argento vivo indutum. Vitrum usquequaque una eademque prorsus crassitudine sit oportet. Alioqui res objectas coloribus variatas exhibebit, & minus distinctas. Hujusmodi vitro adhibito, conatus sum ante hos quinque aut sex annos telescopium reflectens construere, quod cum in longitudinem esset quatuor pedum, corpora objecta circiter centies & quinquagies vero ampliora repræsentaret: planeque adductus eram ut crederem, quod hoc inventum omnibus numeris perfectum atque absolutum reddi possit, nihil præter artificem peritum deesse. Etenim vitrum quo utebar, ab artifice quodam Londinensi politum, eodem modo ac vitra ad conspicienda tubulata poliri solent; quamvis non minus bene expolitum, quam esse solent vitra objectiva, videretur; tamen, cum deinde argento vivo indutum esset, apparebat jam ex reflexione innumeris id undique inæqualitatibus crispum esse. Quæ quidem inæqualitates, quominus objecta in instrumento jam dicto cerni distincte potuerint, effecerunt. Nam errores radiorum reflexorum ex quavis vitri inæqualitate orti, circiter sextuplo grandiores sunt, quam errores radiorum refractorum ex eisdem vitri inæqualitatibus orituri. Attamen ex hoc experimento illud intellexi;

refle-

reflexionem a concava vitri facie, quæ ne omnia perturbaret metueram, nihil hic incommodi, quod quidem sensu percipi potuerit, attulisse; & consequenter, quominus hujusmodi telescopia omnibus numeris perfecta construi queant, nihil plane deesse præter peritos opifices, qui vitra perpolire & in sphaeræ figuram accurate tornare calleant. Vitrum objectivum ad telescopium quatuordecim pedum, ab artifice quodam Londinensi expoliturum, ipse quondam multo melius feci, atterendo id super picem stanno ustis conspersam; levi autem ac molli brachio hoc faciebam, ne stannum ustum id interraderet. Annon vitra ad reflectendum comparata, eadem ratione satis bene perpoliri possint; equidem nondum expertus sum. Verum quicumque hac vel alia quavis, quæ ei visa fuerit, vitrorum poliendorum ratione uti volet; certe debet is vitra ad polituram præparanda, leviori prius manu atterere; & minus virium, quam solent opifices Londinenses in vitris suis tornandis, adhibere. Etenim vitra nimis violenter appressa, ne flectantur nonnihil inter atterendum, periculum erit. Si autem inflectantur, omnino figura eorum vitabitur. Quo igitur horum vitrorum reflectentium speculationem istiusmodi artificibus, qui vitrorum figurandorum curiosiores sint, amplius commendem; conspicillum antedictum in sequenti propositione singulatim describam.

PROPOSITIO VIII. PROBLEMA II.

Conspicilla tubulata in brevitate contrahere.

SIT $a b d c$ [Fig. 29.] vitrum, ab anteriore sui parte $b a$ TAB. V. sphaerice concavum; a posteriori autem parte $c d$, ex æquo convexum: adeo ut usquequaque una eademque sit crassitudine. Cave inæquali crassitudine sit; ne res objectas coloribus variatas exhibeat, & minus distinctas. Sit porro accurate expoliturum, & a posteriore sui parte argento vivo indutum; inque tubo $v x y z$, qui intus valde niger sit oportet, apte infixum.

K 3.

fixum. Sit efg prisma vitreum aut crystallinum, prope ab altera tubi extremitate, in medio collocatum; hoc est, anſæ æneæ aut ferreæ fgk , ab extremo se in latitudinem laxanti atque complanatæ, agglutinatum. Sit prismatis istius angulus e rectus; reliqui autem duo anguli f & g inter se accurate æquales, & consequenter semirecti: sintque planæ facies fe & ge quadratæ; & consequenter tertia facies fg parallelogrammum rectangulum, cujus longitudo ad latitudinem suam erit in subduplicata proportionem duorum ad unum. Sit prisma istud in tubo ita collocatum, ut axis speculi per mediam faciem quadratam ef ad perpendicularum transeat, & consequenter per mediam faciem fg in angulo 45 graduum. Obvertatur facies ef ad speculum: distentque prisma & speculum inter se tali intervallo, ut radii luminis pq, rs , &c. qui in speculum incidunt in lineis axi ipsius parallelis, ingrediantur in prisma per faciem ef , & reflectantur a facie fg , indeque per faciem ge exeant ad punctum t , quod communem esse focum oportet speculi $abcd$, & vitri ocularii plano-convexi h , per quod radii isti ad oculum egrediantur. Denique radii jam e vitro illo egredientes, transmittantur per tenue rotundum foramen, sive aperturam, in parva lamella ex plumbo, ære, argentove, qua vitrum obtegi oportet: idque foramen ea sit magnitudine, quæ omnino ad tantum luminis transmittendum, quantum ad videndum satis sit, necessaria fuerit. Etenim eo pacto res objecta distincte videbitur; quippe lamina, in qua id foramen sit, lucem illam omnem errantem, quæ forte a marginibus speculi b & d advenerit, intercipiet. Hujusmodi instrumentum bene apteque constructum, si in longitudinem habeat sex pedes, (computando longitudinem istam a speculo ad prisma, & inde ad focum t ,) feret aperturam in speculo ad sex ipsas uncias; & rem objectam ducentis aut trecentis partibus specie ampliorem repræsentabit. Verum apertura hic commodius foramine h definitur, quam si in ipso speculo definita esset. Si instrumentum longius breviusve faciendum sit; apertura debet proportionem esse, ut cubus radicis quadra-

quadrato-quadratae longitudinis; & amplificandi potentia, ut apertura. Cæterum conveniens erit, ut speculum sit uncia una minimum aut duabus latius, quam apertura: itemque ut vitrum, ex quo speculum constat, crassum sit; ne inter poliendum forte inflectatur. Prisma *efg* tam parvum esse debet, quam possit commode fieri; & posteriorem ipsius faciem *fg* argento vivo indui non oportebit. Quippe sine argento vivo ea lumen omne, quod sibi e speculo inciderit, reflectet.

In hoc instrumento res objecta videbitur inversa: verum erigi poterit, efficiendo ut facies quadratae *ef* & *eg* prismatis *efg*, non jam planæ, sed sphaerice convexæ sint; ut radii iam antequam in prisma incidant, quam postea inter id & vitrum ocularium, se decussatim secant. Porro, si postuletur ut hoc instrumentum ampliorem aperturam ferat; id etiam ita fieri poterit, si speculum componatur ex duobus vitris, inclusa intus aqua, conglutinatis.

Veruntamen si id omne demum, quod quis expectare aut sibi proponere queat, arte posset effici; nihilominus certi essent limites, ultra quos telescopia nullo modo perfici possent. Etenim aer, quem transpicimus, perpetuo tremit; uti videre est ex metu tremulo umbrarum de turribus altis projectarum; & ex Stellarum fixarum scintillatione. At Stellæ istæ non scintillant, cum aspiciuntur per telescopia, quæ latas habent aperturas. Etenim luminis radii, qui per diversas partes aperturæ transeunt, tremunt singuli seorsum; variisque & contrariis tremoribus incidunt uno eodemque tempore in diversa puncta in fundo oculi; celerioribus utique motibus, & confusioribus, quam ut separatim sensu percipi possint. Quæ quidem omnia puncta, constituunt unum latum punctum lucidum, compositum ex multis illis punctis trementibus, motu celerrimo & vibrationibus brevissimis inter se confuse & insensibiliter permixtis; efficiuntque ut Stella justo latior videatur, itemque sine ullo totius tremore, qui quidem sensu percipi possit. Telescopia longa efficere poterunt ut objecta videantur lucidiora & ampliora;

pliora: at nullo modo ita comparari, ut confusio*n*i isti, quæ ex
aëris tremoribus oritur, remedium afferre queant. Remedi-
um unicum est aer serenissimus, qualis fortean in summis
montium altissimorum verticibus supra nubes crassiores repe-
riatur.

