

Liber Primus, Pars. I (1706)

Author: Isaac Newton

Source: *Optice: Sive De Reflexionibus, Refractionibus, Inflexionibus & Coloribus Lucis. Libri Tres.*
(London: 1706).

Published online: September 2009

<1>

OPTICES LIBER PRIMUS.

PARS. I.

IN hoc Libro conscribendo, non mihi id institutum fuit, ut positis certis Hypothesibus, notas Luminis Proprietates exinde explicarem: sed ut abditas nec antea observatas ejus Proprietates simpliciter proponerem, & propositas Ratione duntaxat Experimentisque comprobarem; deinde, quid ex iisdem consequatur, ostenderem. Quem in Finem, Definitiones & Axiomata subjecta præmittere statui.

DEFINITIONES.

DEFIN. I.

Per 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, & <2> 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 partiatur: hæc est, quam apello Radium Luminis. Atque in Experimentis capiendis, Radius etiam dicitur, Luminis pars quælibet sensibilis in directum propagata.

DEFIN. 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 partibus incidentiis super unum idemque Medium, magis minusve de viæ detorqueantur. Mathematici plerunque secum ita singunt; radios Luminis esse lineas a corpore Lucido ad corpus illuminatum pertinentes; 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 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 desinire malui, ut quicquid de Luminis propagatione statuatur, hæc tamen Definitiones in utramque partem veræ ac certæ sint.

<3>

DEFIN. III.

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 Aerem transeat, & pro eo ut ad communem Vitri Aerisque 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.

DEFIN. IV.

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

DEFIN. V.

Angulus Reflexionis aut Refractionis, est Angulus, qui linea a reflexo aut refracto radio descripta, & linea ad reflectentem aut refringentem superficiem perpendiculari, in puncto Incidentiæ continetur.

DEFIN. VI.

Sinus Incidentiæ, Reflexionis & Refractionis, sunt sinus Angulorum Incidentiæ, Reflexionis & Refractionis.

<4>

DEFIN. VII.

Lumen cujus omnes Radii sunt æque Refrangibiles, id ego Simplex, Homogeneum, & Similare appello: Cujus autem Radiorum alii magis quam alii Refrangibiles sunt, id ego Compositum, Heterogeneum, & Dissimilare appello. Prius Lumen ideo Homogeneum appello, non quod id plane & omnimode Homogeneum esse, affirmare velim; sed quod Radii qui pari sunt refrangibilitate, iidem in istis saltem omnibus, de quibus in hoc libro disserendum erit, Proprietatibus inter se conveniunt.

DEFIN. VIII.

Colores Homogenei Luminis, appello Primarios, Homogeneos & Simples: Luminum autem Heterogeneorum Colores, Heterogeneos & Compositos. Hi enim ex Luminum Homogeneorum coloribus semper compositi sunt; ut ex iis quæ infra dicenda sunt, apparebit.

AXIOMATA.

AX. I.

Anguli Incidentiæ, Reflexionis & Refractionis, in uno eodemque Plano siti sunt.

AX. II.

Angulus Reflexionis, æqualis est Angulo Incidentiæ.

<5>

AX. III.

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

AX. IV.

Refractione e rariori Medio in densius, fit versus perpendicularem; hoc est, ita ut Angulus Refractionis sit Angulo Incidentiæ minor.

AX. V.

Sinus Incidentiæ est ad Sinum Refractionis in data Ratione, vel accurate vel quam proxime.

Quare si in una radii incidentis inclinatione, cognita sit ista porportio; cognita erit etiam in omnibus. Unde Refractio in omnibus Incidentiæ casibus super unum idemque corpus Refringens, determinari potest. Exempli gratia; si Refractio fiat ex Aere in Aquam, Sinus incidentiæ Luminis rubri, ad Sinum Refractionis ejusdem Luminis, est ut 4 ad 3. Si refractio fiat ex Aere in Vitrum, Sinus erunt inter se ut 17 & 11. In Lumine aliorum Colorum, aliæ sunt Sinuum Proportiones: Sed ea differentia adeo parva est, ut raro ejus ullam rationem haberi sit necesse.

Sit igitur RS aquæ stagnantis superficies, & C punctum^[Image 1] Incidentiæ, ubi radius ab A in linea AC per aerem delapsus, reflectitur aut refringitur. Jam ut inveniam quo iste radius, postquam reflexus aut refractus <6> fuerit, sit perrecturus; erigo super aquæ superficiem e puncto Incidentiæ perpendicularem CP, eamque deorsum produco ad Q. Tum ex Axiomate primo concludo, radium, postquam reflexus aut refractus fuerit, alicubi in Plano Anguli Incidentiæ ACP producto reperiri debere. Super perpendicularem CP igitur, demitto sinum Incidentiæ AD: Et si radius reflexus, quis sit, quæatur; produco AD ad B, ita ut DB sit æqualis isti AD; & duco CB: Quæ linea CB, erit radius reflexus: Angulus enim Reflexionis BCP ejusque Sinus BD, æquales sunt Angulo & Sinui Incidentiæ uti, ex secundo Axiomate, fieri debet. Sin autem radius refractus, quis sit, quæatur; produco AD ad H, ita ut DH ad AD eam proportionem habeat, quam habet Sinus Refractionis ad Sinu Incidentiæ, hoc est, Rationem 3 ad 4. Tum Centro C, in Plano ACP, & radio CA, descripto Circulo ABE; duco parallelam Perpendiculari CPQ lineam HE, quæ secet circumferentiam in E: Et 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 Refractio <7> quæatur: Sit ACB Planum,^[Image 2] 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 Aere in Vitrum, sit ad Sinum Refractionis, ut 17 ad 11; liquet Sinum Incidentiæ e Vitro in Aerem fore e contrario ad Sinum Refractionis, ut 11 ad 17; uti ex tertio Axiomate patet.


Simili fere ratione, si ACBD sit Vitrum ex utraque^[Image 3] parte Sphærice convexum (quod vulgo Lens appellatur, quale est Vitrum Ustorium, aut Conspicillum vulgare, aut vitrum Objectivum Conspicilli tubulati,) & quæatur quomodo Lumen e puncto lucido Q in hoc Vitrum incidens, refringi debeat: Sit QM radius incidens in quodvis punctum M primæ superficiei Sphæricæ ACB; & erigendo lineam vitro perpendicularem in puncto M, inveni primum refractum radium MN, ex proportionem Sinuum 17 ad 11. Idem radius e vitro egressurus incidat in N; tumque inveni secundum radium refractum Nq, ex proportionem Sinuum 11 ad 17. Qua eadem ratione inveniri quoque potest Refractio, cum Lens ex altera parte convexa, ex altera plana sit vel concava; aut cum ex utraque parte sit concava.


<8>

AX. VI.


Radii Homogenei ex diversis cujusvis Objecti punctis fluentes, & in Planam aut Sphæricam superficiem reflectentem aut refringentem, ad perpendiculum aut fere ad perpendiculum 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 Sphæricisve 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 traditu est; vel etiam facilius, hoc modo.


Cas. 1. Sit ACB Planu reflectens aut refringens,  & Q Focus Incidentium Radiorum, & QqC linea Plano isti perpendicularis. Jam si hæc linea perpendiculalis 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 Superficies reflectens cujusvis Sphæræ,  cujus Centrum sit E. Biseca quemvis ipsius Radium (puta EC) in T. Et, si in isto Radio, ab iisdem partibus puncti T, sumantur puncta Q & q, ita ut TQ, TE, & Tq sint continue proportionales; & punctum Q sit Focus radiorum incidentium; punctum q erit Focus reflexorum.

<9>

Cas. 3. Sit ACB Superficies refringens cujusvis Sphæræ,  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 Sinuum 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.

Cas. 4. Sit ACBD Lens refringens,  Sphærice convexa aut concava, aut plana utraque superficie; sitque CD Axis ipsius; (hoc est, linea quæ utramque ejus superficiem ad perpendiculum secet, & per Centra Sphærarum transeat;) inque hoc Axi 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 eaque 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 incidant.

Simili opere, cum dati sint duo Foci, inveniri pos <10> sunt Superficies reflectentes aut refringentes; eoque pacto forma Lentis exprimi, quæ efficiat ut radii ad quemvis locum, vel a quovis loco dato, fluant.

Itaque hujus Axiomatis summa hæc est. Si radii in aliquam Planam aut Sphæricam Superficiem sive Lentem incident, &, antequam in istam Superficiem incident, 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 potuerint. 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 Superficie 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 Superficie; omnia tunc contra, ac dicta sunt, evenient.

AX. VII.

Quocunque in loco radii ex omnibus cujusvis Objecti punctis fluentes, i 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.

<11>

Exempli gratia: Si PR sit Corpus foris objectum;^[Image 8] & AB Lens, ad cubiculi tenebricosi fenestram, operculi foramini infixa, qua radii a quovis objecti istius puncto Q fluentes ita cogantur, ut in puncto *q* iterum convenient; & chartæ albæ plagula in *q*, ad excipiendum Lumen immissum, collocetur: Objecti PR Imago, justa specie ac forma, colorumque ipsorum conveniente responsu, 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 imagine punctum illuminabit; adeoque imago depingetur, qua 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.

Eodem modo, cum quodvis Objectum PQR oculis intuemur;^[Image 9] Lumen, quod ex diversis Objecti punctis fluit, ita refringitur a pellucidis oculi tunicis atque humoribus, (hoc est, ab exteriori tunica EFG, quæ *Cornea* appellatur; & a crystallino humore AB, qui est ultra pupillam *mk*;) 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 obtectum est, depingat. Anatomici enim, cum exteriorem illam & crassiorem pelliculam, quæ *Dura Mater* appellatur, oculi fundo detraxerint; transpicientes per tunicas tenuiores, rerum ob <12> jectarum imagines in eis pulchre depictas videre possunt. Quæ quidem imagines, per Nervorum Opticorum 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 conspicienda ipsis multum adjumento sint ad distincte Videndum. Ista enim Vitra convexa, oculi jam in compressiorem figuram se contrahentis defectum rotunditatis explent; & Refractionem augendo, efficiunt ut radii citius solito convergentes, distincte in fundo oculi convenient; 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 Refractio nimia sit, Radii ita convergunt, ut intra Oculum prius convenient, quam sundum ejus attigerint: Ac proinde Imago in fundo Oculi depicta, & consequenter Visio <13> 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 nimia oculi rotunditati subventum sit, refractionesque minuantur, adhibendo Vitrum apta proportionem concavum; vel ipsa tandem ætate oculus compressor factus, aptam figuram sortiatur. Myopes enim proveciori ætate corpora remotius objecta distinctius cernere incipiunt, ideoque visum habere durabiliorem creduntur.

AX. VIII.

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 interveniente Speculi *mn* reflexione inspiciatur;^[Image 10] videbitur id, non proprio in loco A, sed post Speculum eo in loco *a*, unde radii quilibet, AB, AC, AD, 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.

Similiter, Objectum D per Prisma inspectum,^[Image 11] 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.

Simili quoque ratione Objectum Q,^[Image 12] 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 majorem 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 loc eaue magnitudine videbitur, quæ erant ultimæ Imaginis Locus atque Magnitudo. Ex hac Observatione pendet tota Microscopiorum Telescopiorumque Theoriæ explicatio. Etenim in hoc sere 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 exhibere.

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 assequuntur ii, qui antea in his rebus aliquid operæ atque Studii posuerint, & Vitra tractare assueti fuerint.

<15>

PROPOSITIONES.

PROP. I. THEOR. I.

Lumina, quæ Colore differunt, ea itidem Refrangibilitatis gradibus inter se differunt.

Probatio ab Experimentis desumpta.

Exper. 1. Chartam 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 rubeo 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, per Prisma inspexi ex vitro solido conflatum; cujus eæ 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 apello. Dum Chartam hoc modo intuerer, eam & Prisma ita ante senestram collocavi, ut chartæ latera essent Prismati parallela; eaque latera, atque ipsum insuper Prisma, Horizonti parallela; & linea transversa, Fenestræ Plano perpendicularis; Lumen etiam fenestra in chartam incidens, & charta ipsa, Angulum inter se continerent ei æqualem, quem eadem charta, & lumen jam inde ad oculum reflexum, inter se itidem <16> 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 rubea. 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 rubea. 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 rubea; & consequenter, magis refrangibile est.

Illustratio.^[Image 13] In Schemate undecimo, MN exhibet Fenestram; & DE Chartam, lateribus DJ & HE inter se parallelis definitam, & linea transversa FG dispertitam in binas partes æquales, quarum altera DG colore cæruleo saturo, altera FE colore rubeo saturo infecta sit. BACcab repræsentat Prisma, cujus Facies refringentes ABba & ACca interjunguntur in commissura refringentis Anguli Aa. Hæc angulata acies Aa sursum spectans, parallela est & Horizonti & simul extremitatibus chartæ inter se parallelis DJ & 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 <17> altius sublata sit ad dg, quam pars rubea FE ad fe; ac

proinde majorem passa sit Refractionem. Quod si Acies refringentis Anguli deorsum conversa sit; jam chartæ imago deorsum refringetur, puta ad $\delta\epsilon$; & pars cærulea refringendo inferius demittetur ad $\delta\gamma$, quam pars rubea ad $\phi\epsilon$.

Exper. 2. Chartæ ante memoratæ, cujus dimidiæ partes colore rubeo & cæruleo seorsum infectæ erant, quæque papyri conglutinatæ spissitudine erat ad rigiditatem, tenue serici nigerrimi filum sæpius circumvolvebam; ita ut singula super charta colorata, tanquam totidem lineæ nigræ superinductæ, aut longæ tenuesque umbræ in eadem projectæ, conspirecentur. Licuerat lineas nigras calamo ducere; sed fila serica tenuiora erant, & distinctiori termino definita. Chartam hoc modo coloribus indutam, & lineis 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 paulo supra eam ferebatur. His ita dispositis; ex adverso Chartæ, sex pedum & unius duarumve unciarum intervallo, erexi 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 super charta alba ibi collocata depingerent; eodem modo quo Lens in fenestræ fora <18> mine infixa, corporum foris objectorum Imagines in cubiculo tenebricoso chartæ albæ plagula exceptas depingit. Chartam istam albam, Situ & ad Horizontem & ab radios fibi a Lente incidentes parallelo erectam, ultro citroque, modo Lentem versus, modo a Lente, movebam; ut quibus in Locis cærulearum rubearumque 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,) consusæ 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 rubearum cærulearumque chartæ coloratæ partium Imagines quam maxime distinctæ apparerent; observavi id ita se habere, ut quo in loco rubea chartæ pars videbatur distincta, eo in loco pars cærulea semper consusa videretur, adeo ut lineæ nigræ ei inductæ vix discerni potuerint; E contrario autem, quo in loco cærulea chartæ pars maxime distincta videbatur, eo in loco pars rubea semper videretur confusa, adeo ut lineæ nigræ ipsi inductæ jam vix discerni potuerint: Quodque inter ea duo loca, in quibus hæ duæ imagines seorsum distinctæ videbantur, spatii interjaceret; id sesqui-uncie intervallum esset. Etenim quo tempore rubea 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 <19> plane eadem esset; Color cæruleus a Lente plus refringebatur, quam rubeus; adeo ut sesqui-uncie intervallo propius a Lente, quam Color rubeus, convergeret; & consequenter magis sit Refrangibilis.

Illustratio. [Image 14] In Schemate duodecimo, DE exhibet chartam coloratam; DG partem ejus cæruleam; FE partem rubeam; MN Lentem; HI chartam albam eo in loco positam, ubi partis rubeæ imago, una cum suis lineis nigris, distincta videbatur; & hi eandem chartam eo in loco positam, ubi partis cæruleæ imago videbatur distincta. Locus hi sesqui-uncie intervallo propius, quam locus HI, a Lente distabat.

Scholium Idem erit hujusce Experimenti Eventus, utcunque quædam Circumstantiæ varientur. Exempli gratia: In primo Experimento, si Prisma & Charta ad Horizontem quovis angulo inclinentur; & in utroque Experimento, si lineæ coloratæ super 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 describendi 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 rubea: Utrumque enim istorum Luminum ex radiis diverse refrangibilibus compositum est; Adeo ut in isto rubeo Lumine nonnulli sint radii nihilo minus refrangibiles quam radii in cæruleo, & in isto cæruleo Lumine nonnulli sint radii nihilo magis <20> refrangibiles quam radii in rubeo: Sed istiusmodi radii, ad totius Luminis rationem, perpauca sunt; & id efficiunt, ut Experimenti successus minuatur, nequaquam autem ut penitus impediatur. Quum enim Colores rubeus & cæruleus dilutiores & languidiores essent; Imagines ante dictæ, minus quam sesqui-uncie intervallo, inter se distabant:

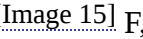
Quum autem hi Colores largiores & saturatiores essent; eæ imagines, uti inferius exponetur, majori intervallo inter se distabant. Atque hæc quidem sufficiant, quæ ad hanc Propositionem comprobendam, in Corporum naturalium coloribus capta sint Experimenta. In illis enim Coloribus, qui Prismatum Refractione sese exhibent, Veritas hujusce Propositionis, ex iis quæ in Sequenti Propositione enarranda sunt experimentis, uberius apparebit.

PROP. II. THEOR. II.

Lumen Solis constat ex radiis diverse Refrangibilibus.

Probatio ab experimentis desumpta.

Exper. 3. IN Cubiculo valde tenebricoso, ad rotundum fenestræ operculi foramen, quod erat circiter quarta aut tertia Unciæ 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 Pris <21> mate; 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: Et 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 plagula, ad perpendiculum radiis objecta, in opposito Cubiculi pariete excepi; 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 extremitatibus autem, finibus valde confusis & minime distinctis; Lumine 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 <22> intervallo interjecto, prædicta Imaginis latitudo, (subducta foraminis in operculo senestræ diametro, hoc est, $\frac{1}{4}$ Unciæ,) subtendebat Angulum ad Prisma circiter dimidii Gradus, qui est Solis apparens diameter. At Longitudo Imaginis erat Unciarum circiter $10\frac{1}{4}$; laterumque rectilineorum longitudo, circiter octo Unciarum; & Angulus Refringens Prismatis, quo Imago tanta longitudine exhibita est, erat 64 graduum. Quun iste Angulus minor esset, Longitudo Imaginis itidem minor erat, latitudo autem eadem quæ prius. Si Prisma circa Axem suum eam in partem convertebatur, quæ efficeret ut radii e secunda refringente Prismatis facie obliquius, quam ante, emergent; Imago continuo unam duasve uncias, aut plus eo, se in Longitudinem amplius extendebat. Sin Prisma in contrarias partes convertebatur, ita ut radii jam in primam refringentem faciem obliquius inciderent; Imago statim Uncia una atque altera in Brevitatem se contrahebat. Quocirca in hoc Experimento capiendo, qua potui summa accuratione id mihi agendum existimavi, ut ratione supra exposita Prisma eo in situ diligenter mihi collocatum foret, quo radiorum e Prismate emergentium Refractiones simul pares essent, ac fuerant in Prisma incidentium. In Prismate, quo usus sum, erant quidem Venulæ aliquæ se ab una extremitate ad alteram per Vitrum diffundentes; quibus radiorum nonnulli quoquo 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 Prismate uterer hujusmodi Venis perquam immuni, & cujus Angulus Refringens esset graduum $62\frac{1}{2}$; Inveni longitudinem Imaginis, intervallo Pedum $18\frac{1}{2}$ Pris <23> mate, esse Unciarum $9\frac{3}{4}$ aut 10; Foraminis autem in fenestræ operculo latitudo erat, ut prius, $\frac{1}{4}$ Unciæ. Porro, quoniam in Prismate apte recteque collocando proclive est errare; experimentum ter, quater, sæpius repetebam; Imaginisque Longitudinem semper eam, quam dixi, inveniebam. Quum alio Prismate, ex Vitro ad huc pellucidiori politiorique, uterer; quod venis itidem immune videretur, cujusque 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 $10\frac{1}{8}$. Ultra hos Fines, spatio circiter $\frac{1}{4}$ aut 13 Unciæ, ab utraque Imaginis extremitate, Lumen e nubibus proveniens colore rubeo & 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 disperserint 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; varia insuper Prismatis ad Horizontem inclinationes; Longitudinem imaginis nihil quicquam ad Sensum immutabant. Neque vero diversa ipsa, ex qua Primata constaret, materia, quicquam immutabatur ista Longitudo. Nam quum Vase ex politis Vitri lamellis in formam Prismatis, conclusa intus aqua, conglutinatis uteretur; similis plane erat Experimenti Exitus, secundum proportionem Refractionis. Observandum est præterea, Radios a Primate ad usque Imaginem, semper rectis in lineis progressos; ac proinde, simul ut primum e Primate exierant, eam omnem inter se Inclinationem habuisse, unde Imaginis Logitudo oriebatur; hoc est, Inclinationem quæ esset graduum amplius duorum cum dimidio. Et tamen, secundum Optices Leges vulgo receptas, omnino nullo modo sieri potuit, ut hi radii tantum inter se Inclinationis haberent. Sit enim EG, fenestræ operculum;  F, foramen per quod Solis luminis radius in cubiculum tenebricosum immittebatur; & ABC Planities triangula animo concepta, qua Prisma ea sui parte, pr quam Luminis pars media permeat, transversum secetur. Vel, si ita potius videtur, sit ABC ipsum Prisma, extremitate sua propiori directo ad Spectatoris oculum observa; XY, Sol; MN Charta, qua Solis imago colorata excipitur; & PT Imago ipsa, lateribus ad *u* & *w* recitilineis interque se parallelis, extremitatibus autem P & T in semicirculos desinentibus. Sint denique YKHP & XLIT duo Radii: Quorum prior, ab inferiori parte Solis ad superiorem partem Imaginis proficiscens, interjecto Primate 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 adjungengo, 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 ante, quam refracti fuerint, Inclinationem habere debeant; hoc est, Inclinationem, quæ, pro Solis diametri longitudine, sit <25> dimidii gradus: Etenim ea erat Radiorum, ante Refringendum, ad se invicem Inclinatione. Itaque, his ita positis, Longitudo Imaginis PT, ex Legibus Optices vulgo receptis, subtendere deberet Angulum ad Prisma, qui esset dimidii gradus: Quæ quidem Longitudo, æqualis foret ipsi Latitudini *uw*; Et consequenter Imago plane rotunda esset. Atque hæc quidem prorsus ita se haberent, si bini isti radii XLIT & YKHP, reliquique, omnes ex quibus Imago PwTu constat, æque essent Refrangibiles. Cum igitur e contrario 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 siint necesse est; Nisi ea forte sit Refractionis hujusce inæqualitas, quæ casu possit accidere.

Imago ista PT sic erat colorata, ut extremitas ipsius ea, quæ minime refringeretur, T, rubea 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 rubeo ex una parte, ad extremum & languidissimum colorem cæruleum ex altera parte, dimensus sum dempta penumbra quadam, cujus latitudo quadrantem unciæ vix superabat, ut supra dictum est.


Exper. 4. In radio Solis per fenestræ operculi foramen in Cubiculum transmisso, interjecto aliquot Pedum a foramine intervallo, Prisma in manu ea positione tenui, qua Axis ipsius ad perpendicularum isti radio objectus esset. <26> Per prima ita collocatum, inspexi foramen: Conversoque hac illac circa Axem suum Primate, 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 minime, rubeam; partesque medias ex ordine, cæruleas, virides, & flavas. Idem plane eveniebat, quum per Prisma e lumine Solis remotum, foramen splendore nubium solummodo illuminatum inspicerem. Et tamen, si Refractio

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, discutiat, dilatetur, & diffusus quodammodo in multos divergentes radios diffundatur; in qua sententia erat *Grimaldus*: Hoc quidem ex Experimentis acte dictis nondum constat; Ex istis autem quæ sequuntur, satis apparebit.



<27>

Exper. 5. 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 Luminidis radium, sibi e primo Prismate incidentem, denuo refringeret. A primo Prismate hic radius refringebatur sursum versus; a secundo, in Latus. Eventus autem Experimenti is erat, ut secundi Prismatis Refractione Latitudo Imaginis nihil plane augeretur; superior autem ipsius pars, quæ in primo Prismate maximam passa esset Refractionem, coloremque violaceum & cæruleum exhibuisset, eadem in secundo Prismate majorem iterum Refractionem pateretur, quam inferior ejus pars quæ rubea atque flava visa fuerat: Hocque sine ulla Dilatatione Imaginis, in Latitudinem.

Illustratio.  Sit S, Sol; F, Foramen in fenestra; ABC, Prisma primum; DH, Prisma secundum; Y, rotunda Imago Solis, directo Luminis radio, cum nullum interpositum sit Prisma, in parietem projecta; PT, oblonga Solis Imago, quam radius per primum solum Prisma transmissus, antequam Prisma secundum apponatur, exhibeat; *pt* autem, Imago ea, quæ transversis <28> amborum Prismatum Refractionibus efficitur 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 diffissi 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 PT ad alterum protensas, singuli ferrentur; eoque Causa esset, quamobrem Imago oblonga fiat: Si hæc, inquam, ita se haberent; Utique iidem Radii, eorumque singulæ partes, ad diversa Imaginis PT puncta tendentes, iterum jam transversa Prismatis secundi Refractione dilatari deberent, atque in Latus diffundi; adeo ut Imaginem quadratam, qualis ad πT depicta est, exhibituri essent. Quod ut melius atque facilius intelligatur; distingue Imaginem PT in quinque æquales partes, PQQ, QKRL, LRSM, MSUN, NUT. Et qua irregularitate Lumen rotundum Y, refractione primi Prismatis dilatatum, producat in Imaginem oblongam PT: eadem ratione Lumen PQQ, quod spatio tum Longitudine tum Latitudine simili plane, atque ipsum Y, continetur; refractione secundi Prismatis dilatari debet, & in Imaginem oblongam πqkp produci: Lumen KQRL itidem, in imaginem oblongam $kqrl$; & Lumina LRSM, MSUN, NUT, in totidem alias imagines oblongas, *lrs m*, *msun*, *nutT*, 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 divergentium Superficies diffunderentur. Etenim secunda Refractio 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 prima dilatata erat in Longitudinem. Hocque idem omnino accidere deberet, si quo Casu fortuito radiorum alli magis, alii minus, refringerentur. Verum enimvero Res ipsa longe aliter se habet. Nam Prismatis secundi Refractione Imago PT, non latior facta est, sed obliqua solummodo; quomodo ad *pt* depicta est; Superiori ipsius Extremo P refractione longius translato, quam inferiori extremo T. Itaque id Luminis, quod ad Imaginis Superius Extremum P ferebatur, in secundo Prismate (positis æqualibus Incidentiis) magis Refringebatur, quam id quod ferebatur ad Inferius Extremum T: Hoc est; Radii qui erant colore cæruleo & violaceo, plus Refringebantur, quam qui rubeo erant & flavo; Ac proinde magis Refrangibiles erant. Istud idem Lumen, Refractione prioris Prismatis, longius, quam reliquum Lumen, a loco Y, quo ante Refringendum tendebat, translatus fuerat. Quare id tam in Primo Prismate, quam in Secundo, majorem subierat

Refractionem; Et consequenter plus, quam Reliquum Lumen, Refrangibile erat, etiam ante quam in primum Prisma incideret.

Aliquando post secuundum Prisma, tertium apposui, vel etiam quartum; quibus Imago sæpius refringeretur in Latus. Verum horum omnium Experimentorum is Unus erat Exitus, ut qui Radii in primo Prismate plus quam reliqui Refringebantur, iidem 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 Re <30> tringantur, merito 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 intelligok cujus longitudo ac latitudo sint inter se æquales, quæque ad Sensum possit Circulus videri. Sit igitur AG Circulus,  quem Radii maxime Refrangibiles, quotquot e toto Solis globo fluunt, unum universi, si soli essent, illuminarent & in opposito pariete depingerent: Similiter EL, Circulus quem universi Radii minime Refrangibiles, si & ipsi itidem soli essent, eodem modo illuminarent: Denique BH, CI, DK, 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 PT, quam ante in tertio Experimento descripsimus, composita sit.  Quod si jam ita comparata esset rotunda illa Solis Imago Y, quæ a radio Luminis nondum refracto depingitur; ut vel dilatatione aliqua Radiorum singulorum, vel alia <31> quavis fortuita in priori Prismate Refractionis inæqualitate, produceretur in oblongam istam Imaginem PT: Utique eadem ratione, singuli istius Imaginis Circuli AG, BH, CI, &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 PT jam in Latitudinem æque extenderetur, ac Imago Y Refractione primi Prismatis producta erat ante in Longitudinem: Et consequenter Refractionibus amborum Prismatum, omnino effingi deberet Imago quadrata, qualem ante descripti, *prrtT*. Cum igitur e contrario, Latitudo Imaginis PT non augeatur Refractione ea quæ fit in Latus; Liqueat 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 AG Refractione maxima transferri ad *ag*; Circulum BH, refractione minori, ad *bh*; Circulum CI, refractione adhuc minori, ad *ci*; & reliquos simili proportionem: Atque hoc pacto novam Imaginem *pt*, ad priorem PT aliquantum inclinatham, ex circulis similiter in recta linea ordine dispositis componi: Quos quidem circulos, eadem esse magnitudine, atque primos, necesse est; quia latitudines omnium Imaginum, Y, PT, & *pt*, quando æqualibus intervallis a Prismatibus distant, sunt inter se æquales.

Observabam præterea, ex latitudine foraminis F, per quod Lumen in Cubiculum tenebricosum transmittitur, Penumbra oriri in Circuitu Imaginis Y; eamque Penumbra, in rectilineis Imaginum PT & *pt* lateribus, usque manere. Collocavi igitur in isto foramine Lentem, sive Vitrum Objectivum Telescopii; quod Solis Imagi <32> nem distincte sine ulla Penumbra in Y projiceret. Ex quo effectum est, ut ea etiam Penumbra, quæ rectilineis Imaginum oblongarum PT & *pt* lateribus adhæserat, penitus sublata fuerit; eaque latera tam distinctis terminis definita apparerent, 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 polituraa 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*, Penumbra careant: At non in æqualibus a Prismatibus distantis. Jam vere ex eo, quod nullæ Penumbra apparerent, 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; utique nullo modo fieri potuisset, ut linæ 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 compertume est. Quamcunque Penumbra aut Perturbationem transversa Prismatis secundi Refractio forte in Circulis, ex quibus Imago composita est, effecerit; ea omnis Penumbra aut Perturbatio, in lineis rectis *ae* <33> & *gl*, quas isti Circuli tangunt, conspiceretur necesse est. Quamobrem, cum in istis lineis rectis nulla sit huiusmodi Penumbra aut Perturbatio; utique nec in ipsis Circulis ulla est. Cum intervallum, quo istae Tangentes inter se distant, hoc est, Latitudo Imaginis, Refractionibus non augeatur; Consequens est, neque Circulorum diametros auctas esse. Cum istae Tangentes, adhuc lineae rectae sint; utique singuli Circuli qui a priori Prismate magis minusve refracti fuerint, iidem accurate eadem proportionem magis minusve refracti sunt a secundo. Denique cum haec omnia adhuc eodem modo eveniant, si usque tertio vel etiam quarto adjecto Prismate, radii iterum atque iterum refringantur in Latus; Liqueat radios unius ejusdemque Circuli, universos inter se Homogeneos esse; eorumque Refrangibilitatem semper unius modi esse, suique 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. [Image 19] Collocetur secundum Prisma DH, non proxime post primum, sed 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 $\pi\pi$, huic secundo Prismati parallela; indeque refringatur in Latus, ut imaginem oblongam *pt* super Parietem depingat. His enim ita dispositis, invenies, ut prius, Imaginem *pt* Inclinatam aliquantum ad eam Imaginem PT, quam primum solum Prisma, sublato secundo, exhibet: Etenim caeruleae ipsorum extremitates P & *p* longius inter se distabunt, quam extremi <34> tates rubrae T & *t*: Et consequenter, qui radii maximam in primo Prismate refractionem passi, ad caeruleum extremum π Imaginis $\pi\pi$ proficiscuntur; eosdem iterum in secundo Prismate, plus quam reliquos, refractos observabis.

Rem eandem iterum hoc modo expertus sum: [Image 20] Per duo parva rotunda foramina F & ϕ in fenestram operculo pertusa, Lumen Solis in cubiculum tenebricosum immisi; appositisque ad bina ista foramina Prismatibus singulis ABC & $\alpha B\gamma$ inter se parallelis, binos Luminis radios in oppositum Cubiculi parietem ita refringendo projeci, ut binae coloratae Imagines PT & MN in parietem depictae, interjunctis in directum extremitatibus, in una eademque linea recta jacerent; extremo rubeo T unius Imaginis, & extremo caeruleo 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 *pt*, & Imago MN ad *mn*: Hae Imagines jam alio translatae *pt* & *mn*, non amplius interjunctis in directum extremitatibus in una eademque, ut prius, linea recta jacebant; sed disjunctae erant, & inter se factae parallelae: Quippe caeruleum extremum *m* Imaginis *mn*, majori Refractione longius transferebatur e loco suo MT; quam rubrum extremum *t* alterius Imaginis *pt*, ab eodem loco MT. Ex quo efficitur, ut haec Propositio nullam amplius dubitationem habeat, aut disputandi locum. Porro idem erit Experimenti Exitus, sive tertium Prisma DH proxime post bina priora, sive majori interjecto intervallo, collocetur; ut Lux in binis prioribus Prismatibus refracta, in Tertium incidat vel alba & circularis, vel colorata & oblonga.

<35>

Exper. 6. Cum in duabus tabulis ligneis tenuioribus, foramina rotunda $\frac{1}{3}$ Unciae lata incidissem; inque fenestram operculo foramen fecissem multo amplius, per quod largior Solis Luminis radius in Cubiculum tenebricosum transmitteretur: In isto radio, post fenestram operculum, Prisma collocavi; quo Lumen in parietem oppositum refringeretur: Et 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, super 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

rubeam ejusdem imaginis extremitatem ferretur, refringerentur. Qua quidem Observatione tam <36> prima Propositio, quam secunda, comprobatur. Hocque idem contigit, sive Axes duorum Prismatum inter se essent paralleli, sive tum ad se invicem tum ad Horizontem quovis dato Angulo inclinarentur.

Illustratio. ^[Image 21] Sit F Foramen majusculum in fenestræ operculo, per quod Solis Lumen transmittatur ad primum Prisma 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 super tabula *de*; eoque pacto fieri poterit, ut singulæ ipsius partes per tabulæ illius secundæ foramen *g* ordine transmittantur. Interea aliud Prisma *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 & Prisma 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 ad superiorem in pariete locum N: Cumque media aliqua pars ejusdem Luminis per idem foramen transmitteretur; pergebat ad locum aliquem in pariete medium inter M & N. Quoniam foraminum in tabulis positio nihil mutabatur; utique Radii <37> orum in secundum Prisma 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 Prismate iterum magis Refracti sunt: Ac proinde, quum certa ac constanti ratione plus, quam reliqui, refringantur; merito appellari possunt *Magis Refrangibiles*.

Exper. 7. 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: Et tum Prismata tum chartam ita disposui, ut color rubeus 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, rubea & violacea; simili fere ratione, ac charta illa in Experimentis primo & secundo, quam colore rubeo 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 inspiciebam; chartæ dimidia non jam penitus inter se disjuncta videbantur, sed angulo uno cohæren <38> tia; ut faciebat charta bicolor in primo Experimento. Quod idem tum quoque accidebat, cum forte charta uteretur nimium lata.

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; ^[Image 22] ubi DG repræsentat filum illuminatum lumine violaceo a D ad E, & lumine rubeo ab F ad G; *de* autem, & *fg*, sunt fili dimidia per Prisma refractione inspecta. Si alterum fili dimidium colore rubeo perpetuo illuminetur, alterum autem Coloribus omnibus ex 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 rubeo 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 esse Refrangibilitate: Idque eo ordine, ut Color rubeus 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, refractionibus binorum Prismatum in cubiculo tenebricoso depictas, ^[Image 23] ita disposui, ut interjunctis extremitatibus, quomodo in <39> 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 translatus est, quam rubeum extremum *t* alterius Imaginis *pt*.

Alio tempore, duas istas Images PT & MN ita disposui, ^[Image 24] ut, rubeo 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 tanquam duas inter se diversas imagines *pt* & *mn*, in formam Crucis decussatæ transversas jacere. Ex quo apparet Colorem rubeum unius Imaginis & violaceum alterius, qui ad PN & MT in unum conjuncti fuerant, distractos jam majori Refractione coloris violacei ad *p* & *m* quam rubei ad *n* & *t*, differre inter se Refrangibilitate.

Illuminabam etiam circulum chartaceum album, Luminibus amborum Prismatum intermixtis. Cumque is colore rubeo unius Imaginis, & violaceo alterius, ita esset illuminatus, ut ex Colorum istorum admixtione totus purpureus videretur; inspiebam 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 Images plane divisa est, al <40> teram rubeam, cæruleam alteram; quarum ea, quæ erat cærulea, longius, quam rubea, ab ipsa charta distabat; & consequenter majorem passa fuerat Refractionem. Cum porro Prismatum in fenestra positorum illud, quo Lumen violaceum in chartam projectum fuerat, sublatus esset; Imago violacea e conspectu se continuo subripuit: E contrario, cum alterum Prisma sublatus esset, Imago rubea evanuit. Ex quo apparet duas hasce Images 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 & Rubeus, ab isto Prismate in Chartam ex ordine projicerentur; Imago violacea colorem suum congruenter immutabat, seque in Colorem Indicum, Cæruleum, Viridem, Flavum & Rubeum ordine convertebat; & pro eo ut Colorem suum mutabat, appropinquabat paulatim ad Imaginem rubeam ab altero Prismate projectam; donec, quum ipsa tandem rubea 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 Prismate rubeum; & in alterum, Lumen ex altero Prismate cæruleum, incideret. Circuli isti, diametro Uncias singulas continebant: Et post eos, paries nigro panno obtectus erat; nequid Luminis inde reflecteretur, quo Experimentum posset inturbari. Circulos hoc modo illuminatos per Prisma inspexi ita <41> collocatum, ut Refractio fieret versus eam partem, ubi circulus rubeus 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 rubeum prætervectus, etiam ulterius ferebatur.

Exper. 8. Tempore æstivo, cum Lumen Solis fortissimum esse solet, Prisma ad fenestræ operculi foramen, sicuti in tertio ante Experimento feceram, collocavi; ita tamen, ut Axis Prismatis parallelus esset Axi Terræ: Et 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 super 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 esse posita, cum literæ in Libro impressæ, rubeo intensissimo Solaris Imaginis in librum incidentis lumine illustratæ, sui Images super charta ista quam distinctissime depictas exhiberent. Deinde expectans, donec Motu Solis, & consequenter Motu Imaginis libro exceptæ, Colores omnes a rubeo 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 super eandem <42> quam distinctissimas depingerent: Invenique Chartam jam Unciarum circiter $2\frac{1}{2}$ aut 214 intervallo, propius, quam ante, a Lente abesse. Quare eo intervallo, quod est Unciarum $2\frac{1}{2}$ aut 214, Lumen id, quod erat violaceum Imaginis Extremum, citius propter majorem Refractionem, quam id quod erat rubeum ejusdem Extremum, coactum & in unum collectum est. Verum in hoc Experimento capiendo, id præcipue mihi agendum duxi, ut cubiculum quam posset maxime tenebricosum esse 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, sesqui-unciam 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 intermiscentes; propter has, inquam, causas, coloratum Prismatis Lumen adeo erat compositum, ut Colorum istorum fusciorum nubilorumque, Indici & Violacei, Imagines super charta depictæ, debiliores minusque distinctæ fuerint, quam ut satis accurate observari possent.

<43>


Exper. 9. Prisma, cujus bini Anguli ad Basim æquales in ter 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 transmisso. 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 cæperit; Observabam radios, qui maxime Refracti fuissent, eosdem citus 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, Experiter; 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 cæperint; lumen super charta cæruleum & violaceum, quod itidem in secundo Prismate maxime Refractum fuerat, manifesto plus augeri videretur, quam rubeum & flavum quod minus Refractum fuerat: Et deinde, cum reliquum Lumen, quod erat viride, flavum, & rubeum, cæperit 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, <44> Radium istum Luminis, Basi Prismatis reflexum, quum primo Radiorum maxime Refrangibilium, & deinde eorum qui fuerint minus Refrangibiles accessione auctus sit, utique Compositum esse ex Radiis diverse Refrangibilibus. Tale autem omne Reflexum Lumen, quin ejusdem plane naturæ sit ac id quod directo e Sole fluxerat antequam in Basin Prismatis incideret, nemo est qui dubitet: Quippe in eo fere Omnes conveniunt, Lumen istiusmodi Reflexionibus nullam omnino Modificationum suarum Proprietatumve subire Immutationem. 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 Prismate post Reflexionem Emergens; Lumenque Emergens, e radiis diverse Refrangibilibus manifesto compositum sit; Utique efficitur, ut Lumen Incidens similiter Compositum fuerit.

Illustratio. [Image 25] In Schemate 21^{mo}, ABC est primum Prisma; BC, ejus Basis; B & C, Anguli ad Basim inter se æquales, graduum quadragenum quinum; A, Rectangulus ejusdem Vertex; FM Radius Solis, per foramen F tertia Unciæ parte latum, in Cubiculum tenebricosum transmissus; M, Punctum Incidentiæ ipsius in Basim Prismatis; MG, Radius minus Refractus; MH, Radius magis Refractus; MN, Radius Luminis a Basi Reflexus; VXY alterum Prisma, quo Lumen inter transeundum Refringitur; Nt, Luminis hujusce pars minus Refracta; & Np, ejusdem pars magis Refracta. Quum primum Prisma ABC convertitur circa Axem suum eam in partem, quam denotat ordo literarum ABC; Radii MH magis magisque oblique ex isto Pris <45> mate emergunt, donec, postquam qua potuerint summa Obliquitate emergerunt, Reflectuntur tandem ad N; indeque ad p pergentes, adjungunt se ad radios Np. Deinde, continuando Prismatis primi Motum, Radii MG itidem Reflectuntur ad N; & accessionem adferunt ad Radios Nt. Quare Lumen MN 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 FM; Quippe in qua Reflexio Basis Specularis BC, nullam effecerit mutationem.

Exper. 10. Bina Prismata, Forma atque Magnitudine consimilia, ita colligavi, ut, Axibus Lateribusque inter se ex opposito parallelis, Parallelopipedon conficerent. Id Parallelopipedon, in radio Solis per parvum fenestræ operculi foramen in Cubiculum tenebricosum transmisso, interjecto aliquo intervallo, ea positione collocavi, qua Prismatum Axes Radiis Incidentibus objecti essent ad perpendicularum; Radique incidentes in primam faciem unius Prismatis, & transmissi per binas contiguas facies amborum Prismatum, emergerent 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 super chartæ albæ plagula modico ultra id Prisma intervallo ad excipiendum Lumen refractum collocata, depingerentur. His ita dispositis, Parallelopipedon lente circa Axem suum convertebam. Cumque contiguæ binorum Prismatum facies, radios sibi inciden <46> tes jam adeo oblique exciperent, ut Radii isti in totum Reflecti cæperint: Radii, qui in tertio Prismate maxime Refracti fuerant, chartamque colore violaceo & cæruleo infecerant; iidem jam omnium primi Reflexione totali e Lumine transmisso tollebantur; dum reliqui adhuc transmitterentur, coloresque, ut antea, Viridem, Flavum, Aureum & Rubeum, in charta depictos exhiberent: Postea autem, continuato binorum Prismatum inter se colligatorum Motu, reliqui itidem Radii Reflexione totali, pro sua cujusque Refrangibilitate, ordine tollebantur. Itaque Lumen, quod e binis Prismatibus emersit, 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 trajectum fuerit; siquam ex unius superficiei Refractione mutationem id subjissee fingas; at illam omnem quæcunque 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 diverse Refrangibilibus Compositum fuisse.

Illustratio. [Image 26] In Schemate 22^{do} ABC & BCD sunt bina Prismata, in Parallelopipedi formam colligata; Lateribus BC & CB contiguus; 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 <47> ad P majori Refractione, partim ad T minori Refractione, & partim ad R aliaque media loca Refractionibus intermediis fertur. Jam Convertendo Parallelopipedon ABCD circa Axem suum eam in partem, quam denotat ordo Literarum A, C, D, B: efficietur ut quum Facies contiguæ 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 Refringuntur, tolli possunt e Lumine MO, dum reliqui adhuc supersunt: Ac proinde id Lumen MO, Compositum est ex Radiis diverse Refrangibilibus. Et quoniam Facies AB & CD inter se parallelæ sunt; & consequenter æqualibus & contrariis in partes factis Refractionibus suos ipsarum invicem Effectus, quicunque 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 <48> plane conveniunt. Merito igitur ejusdem esse generis ejusdemque naturæ existimentur: & proinde Ambo consimili ratione sunt Composita. Veruum simul ac primum Radii maxime Refrangibiles ex toto Reflecti cæperint, eoque pacto a Lumine Emergente MO separari; Id Lumen continuo Colorem suum immutat; albumque cum esset, jam dilutius fit primo & subflavum, deinde aureum, postea rubeum saturatius, & postremo penitus evanescit. Nam postquam Radii maxime Refrangibiles, qui Chartam ad P Colore purpureo infecerant, 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, aurei, rubei, & viridium nonnulli,) permixti in Lumine MO, conficiunt jam in isto Radio Colorem aureum. Cum denique, reliquis omnibus Reflexiones e Lumine MO sublatis, radii minime Refrangibiles, qui ad T colore rubeo saturatori apparuerant, soli supersunt; horum radiorum jam idem plane Color est in Lumine MO, qui fuerat eorundem super charta in T: Quippe Refractio

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, quo Radius Reflexus MN refringatur ad *tp*;  clarius adhuc sequetur id, quod erat inferendum. Etenim hoc pacto <49> id Luminis Np, quod in quarto Prismate plus quam reliquum Lumen refringitur, clarius & illustrius tum efficietur, cum Lumen OP, quod in tertio Prismate HIK itidem maxime Refractum est, vanescet ad P. Postea autem, cum Lumen minus Refractum OT vanescet ad T, Lumen minus Refractum Nt similiter augebitur; dum Lumini magis Refracto, quod est ad p, nulla amplius adferatur accessio. Et sicut Radius trajectus MO, inter vanescendum 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 incident in chartam *pt*. Quando enim Radii maxime Refrangibiles e lumine trajecto MO totali Reflexioe sublatis 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 clariosque 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 Refracti divergendo a se invicem separantur, amissaque ea qua erant Universi albidine, suum jam Singuli colorem exhibeant, ut in quinto Experimento; vel postquam a se invicem sepa <50> rati 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 Radii, qui in iisdem Incidentiis super unum idemque Medium inæqualiter Refringantur; idque sine ulla Diffissione 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; Et, 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 proportione 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.

PROP. III. THEOR. III.

Lumen Solis constat ex Radiis, qui Reflexibilitate inter se differunt: Et qui Radii magis Refrangibiles sunt, iidem quoque sunt magis Reflexibiles.


<51>

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 Aerem adhuc a Basi ejus Refracti suissent, jam in istam Basim adeo oblique inciderent, ut in totum inde Reflecti cæperint; ii radii omnium primi in totum Reflectebantur, qui ante, iisdem positis omnium Incidentiis, maxime fuerant Refracti. Hocque idem accidit in Reflexione Radiorum a communi binorum Prismatum Basi, in decimo supra Experimento memorata.

PROP. IV. PROB. I.

Separare a se invicem Heterogeneos Luminis Compositi Radios.

Radii Heterogenei a se invicem quadantenus separati sunt, Refractione Prismatis in tertio Experimento: Et in quinto Experimento, auserendo Penumbra 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 Permixture ipsorum inter se, & consequenter Radiorum Heterogeneorum mixtura, consimili proportionem diminueretur. Sint enim, in Schemate 23^o, AG, BH, CI, DK, EL, & FM, Circuli,  <52> 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 singuli circuli *ci, dk, el & fm* compare, iisdem generibus radiorum, ac Circuli CI, DK, EL, & FM. Jam in Schemate PT 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: Et consimilis fere per totam Schematis PT Longitudinem invenitur Permixture Radiorum. Atqui in Schemate *pt* 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 PT inter se omnia penitus intermixta sunt ad BH.

Qui igitur Rem hoc modo consideraverit, is facile intelliget, Radiorum Permixture eadem proportionem <53> diminui, ac Diametros Circulorum. Si, eisdem manentibus Centrorum intervallis, Diametri Circulorum tribus tantis minores fiant, quam fuerant antea; permixture Radiorum, itidem tribus tantis minor fiet: Si Circulorum diametri, decies tanto minores fiant; utique radiorum permixture itidem decies tanto minor evadet: Et similiter, in alia omni proportionem. Hoc est, mixtura Radiorum in majori Schemate PT, ad mixturam eorum in minori *pt*, eam proportionem habebit, quam habet Latitudo majoris Schematis ad Latitudinem minoris. Etenim Latitudines horum Schematum, æquales sunt Diametris Circulorum. Ex quo facile Consequens est, permixture radiorum in refracta imagine *pt*, ad permixture radiorum in directo & integro Solis Lumine, eam proportionem habere, quam habet Latitudo istius Imaginis ad Differentiam Longitudinis & Latitudinis suæ.

Quare, ut Radiorum Permixture diminui 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 & 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 AG, BH, cæterique eis adjuncti, non jam amplius toti Solis globo respondebunt; sed ei solummodo ipsius parti, quæ e Prismate per id foramen cerni possit; hoc est, apparenti magnitudini foraminis istius e Prismate spectati. Verum, quo hi Circuli magis distincte isti foramini respondeant, Lentem insuper prope Prisma collocatam oportet, <54> qua foraminis Imago (hoc est, unusquisque Circulorum AG, BH, &c.) distincte super Chartam PT depingatur; eodem modo ac Lente in fenestra collocata, Rerum foris objectarum Imagines distincte super 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 senestram. Quamobrem, loco illius foraminis, foramine in ipso fenestræ operculo, quomodo jam infra exponetur, usus sum.

Exper. 11. 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 super chartæ albæ plagulam, intervallo sex, octo, decem, duodecimve Pedum ultra Lentem collocatam, 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 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 justo inter se spatio distarent, quo rectilinea Imaginis latera quam maxime distincta apparerent. Cum enim hoc accideret; rotundæ Foraminis Imagunculæ, ex quibus ista Imago eodem modo composita erat,^[Image 29] ac Imago *pt* ex cir <55> culis *ag, bh, 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, bh, ci, &c*, oblongam Imaginem,^[Image 30] qualis est *pt*, formare solebam: Et ampliando aut minuendo foramen in fenestræ operculo, efficiebam ut rotundæ Imagines *ag, bh, ci, &c*, ex quibus oblonga ea Imago composita erat, dilatarentur aut contraherentur, ut mihi libitum esset; Indeque ut Radiorum mixtura in Imagine *pt* tam magna tamve parva esset, quam ipse cuperem.

Illustratio. In Schemate 24^{to}, F repræsentat rotundum Foramen in fenestræ operculo; MN Lentem,^[Image 31] qua Imago istius Foraminis distincte super chartam I depicta exhibetur; ABC Prisma, quo Radii, simul ut e Lente emergerint, refringuntur ab I ad aliam chartam *pt*; ibique rotunda Imago I convertitur in oblongam Imaginem *pt*. Ea Imago *pt*, 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 *pt*, quadraginta vel etiam sexaginta interdum aut septuaginta partibus superaretur Longitudine sua. Exempli gratia: Si Latitudo Foraminis F, sit $\frac{1}{10}$ Unciæ; & MF, intervallum quo Foramen & Lens inter se distant, sit 12 Pedum; & *pB* aut *pM*, distantia Imaginis *pt* a Prismate aut Lente, <56> sit 10 Pedum; & Angulus Refringens Prismatis, 62 graduum: utique Latitudo Imaginis *pt* erit $\frac{1}{12}$ Unciæ, 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 & Homogeneum 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 Heterogeneorum, ut sensu percipi vix possit: Nisi forte in Coloribus Indico & Violaceo; quibus, ut sunt Colorum fulciores, perpaulum id quoquoersus 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 ABC. Si enim hujusmodi Foramen, longum sit Uncia una aut duabus; latum autem $\frac{1}{10}$ solummodo aut $\frac{1}{20}$ Unciæ, aut etiam minus eo: Lumen Imaginis *pt* 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 $\frac{1}{20}$ Unciæ; altitudo autem, Uncia una aut plus eo. Etenim hoc pacto, si Prismatis Axis sit parallelus ad Trianguli perpendicularem, Imago *pt* jam composita erit ex triangulis æquicruris *ag, bh, ci, dk, el, fm, &c*,^[Image 32] aliisque innumeris intermediis triangulis, fora <57> mini 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 latere imaginis *af*, ubi Triangulorum Bases sitæ sunt, erit quidem aliquantum Compositum; a latere obscuriori autem *gm*, plane 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 Simpliciori Lumine a latere *gm*, ut libitum fuerit.

Verum in hujusmodi Experimentis capiundis, id omnino agendum est, ut Cubiculum quam possit maxime tenebricosum fiat; nequid Luminis sese Imaginis *pt* Lumini extrinsecus admiscens, Compositum id reddat: Et præsertim, si Experimenta capiunda sunt in simpliciori 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 Conspicillis tubulatis adhiberi solet: Insuper ut Prisma sit Angulo largiori, puta 65 vel 70 graduum; beneque factum, ex Vitro bullis venulisque immuni, & Faciebus non, ut fit, convexis aliquantum aut concavis, sed accurate planis: Item ut summa cum cura perpolitum sit, quomodo Vitra ad Conspicilla tubulata poliuntur;

non autem, uti vulgo fit, stanno usto solummodo leviter defrictum; quo, cum foraminum ab arena restantium margines detriti sint, Vitri Facies adhuc innumeris per <58> parvis lævibusque prominentiis aliquantillum convexis undatim crispa manet. Præterea, Prismatis Acies angulatæ, Lentisque extremitates, quatenus irregularem aliquam Refractionem efficere possint, 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 intercipiendum est. Alioqui enim Lumen id inutile, quaquaversus in Cubiculo reflexum, immiscebit sese Imagini oblongæ, eamque nonnihil inturbabit. 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; ideoque siquis accuratius & curiosius Naturam Speculari velit, is certe tantam diligentiam non sine fructu uberiore adhibebit. Verum enimvero Prismata ex Vitro Solida, quæ hujusmodi Experimentis capiendis satis idonea sint, comparare perdifficile est: Quamobrem Ipse Vasis ex Speculorum confractorum partibus in Formam Prismatum, conclusa intus aqua pluvia, compactis, nonnunquam usus sum: Et ad augendam Refractionem, aquam interdum Saccharo Saturni copiose imbuebam.

PROP. V. THEOR. IV.

Lumen Homogeneum regulariter, sine ulla Dilatatione, Diffissione, aut Discussionē Radiorum, Refringitur: Et confusior Objectorum Lumine Heterogeneo per Corpora Refringentia visorum Aspectus, oritur ex diversa Refrangibilitate Radiorum diversorum Generum.

<59>

Prima pars hujus Propositionis jam ante in quinto Experimento satis comprobata fuit; & ex his, quæ sequuntur, Experimentis amplius manifesta fiet.

Exper. 12. Chartam nigram, in qua foramen rotundum erat diametro circiter quintam aut sectam Unciæ 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, Prismate post istam chartam collocato ita refregi, ut deinceps in chartam albam, interjecto duorum triumve pedum intervallo, ad perpendicularum 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 oculis quidem judicare potuerim,) longitudine & latitudine inter se æqualibus, plane rotundam. Ex quo apparet, hoc Lumen regulariter Refractum esse, sine ulla Dilatatione Radiorum.

Exper. 13. In Lumine Homogeneo Circulum chartaceum, diametro $\frac{1}{4}$ Unciæ longa, collocavi; & albo Heterogeneo Solis Lumine nondum refracto, alium circulum chartaceum, eadem magnitudine, similiter posui. Tum, interjecto aliquot Pedum intervallo, utrumque horum circulorum per Prisma 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 inspi <60> ceretur. Quo Experimento utraque pars hujus Propositionis comprobatur.

Exper. 14. Cum Muscas aliaque id genus minuta corpora, in Homogeneo Lumine collocata, per Prisma 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 Prisma similiter inspicerem; valde confusis terminis definita videbantur; adeo ut minutiores ipsorum partes discernere & internoscere haud potuerim. Similiter cum literulas minutiores libro impressas, primo in Lumine Homogeneo, deinde in Heterogeneo collocatas, per Prisma 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, conspicatus sum. 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, quamobrem 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 hisce Experimentis, id etiam notatu erat dignissimum; Homogenei Luminis Colorem, Refractione nihil fuisse immutatum.

<61>

PROP. VI. THEOR. V.

Sinus Incidentiæ cujusque Radii seorsum, est ad Sinum Refractionis suæ data Ratione.

Unumquemque 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 Refractio cujusque Radii seorsum, fit ad certam aliquam constantemque regulam: Ea autem regula quæ sitrestat ut jam deinceps ostendamus.

Nuperi de rebus Opticis Scriptores docent, Sinus Incidentiæ ad Sinus Refractionis esse in data Proportionem; uti in quinto Axiomate expositum est: Et 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 <62> mensuras suas ad partem mediam solummodo Luminis refracti accommodasse: Adeo ut ex illorum Mensuris hoc solum concludi possit; radios, qui sunt medio Refrangibilitates gradu; hoc est, qui, cum a reliquis separati sint, virides videntur; eos in data Sinuum proportionem refringi. Reliquos autem omnes, itidem secundum datas Sinuum Proportiones refringi; id nobis jam restat comprobandum. Equidem, rem ita se habere debere, admodum est credibile & rationi consentaneum; quamdoquidem Natura semper est sui similis. Verum Prebatio 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 Sinum 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.

Exper. 15. Per parvum rotundum foramen in fenestræ operculo, transmittatur in Cubiculum tenebricosum Radius Solis. Sit S alba & rotunda Solis Imago, directo suo Lumine in oppositum parietem depicta. ^[Image 33] Sit PT oblonga & colorata Imago, quæ fiat refringendo Lumen per Prisma in Fenestra positum. Sit denique *pt*, vel *2p2t*, vel *3p3t*, oblonga & colorata Imago ea, quæ fiat refringendo iterum idem Lumen in Latus per alterum Prisma proxime post primum Situ transverso <63> collocatum; quomodo in quinto supra Experimento explicatum est. Hoc est, sit ea Imago, cum Refractio secundi Prismatis minor sit, *pt*; cum Refractio ejusdem major sit, *2p2t*; cum maxima, *3p3t*. Etenim ea erit Refractionum diversitas, si Angulus Refringens secundi Prismatis sit varia Magnitudine; puta quindecim aut viginti graduum, quum Imago sit *pt*; triginta aut quadraginta, quum *2p2t*; & sexaginta, quum *3p3t*. 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, PT, *pt*, *2p2t*, *3p3t*, convergere quamproxime ad eum ipsum locum S, quo directum Solis Lumen, quando, sublatis Prismatibus, albam rotundamque in pariete Solis Imaginem depingeret, incidebat. Axis Imaginis PT, productus; hoc est, linea ita per mediam Imaginem PT ducta, ut rectilineis ipsius lateribus parallela esset; transibat deinceps per Medium ipsum istius albæ ac rotundæ Imaginis S. Cumque Refractio secundi Prismatis, æqualis esset Refractioni prioris; quippe quorum Anguli Refringentes, essent circiter sexagenum graduum; Axis Imaginis *3p3t* ista Refractione effictæ, ipse itidem productus transibat per medium ejusdem albæ rotundæque Imaginis S. Cum autem Refractio secundi Prismatis, minor esset Refractione prioris; Axes producti Imaginum *tp* aut *2t2p* ista Refractione effictarum, intersecabant jam in punctis *m* & *n*, paulo ultra Centrum albæ rotundæque Imaginis S, Axem productum Imaginis TP. Unde Proportio Lineæ *3tT*

ad Lineam $3pP$, paulo major erat quam lineæ $2tT$ ad lineam $2pP$; hæcque itidem paulo major, quam lineæ $<64> tT$ ad lineam pP . Jam quum Lumen Imaginis PT incidat super parietem ad perpendicularum; linæ istæ $3tT$, $3pP$, & $2tT$, $2pP$, & tT , pP , sunt *Tangentes* Refractionum. Quare ex hoc Experimento, Proportiones *Tangentium* Refractionum inveniuntur: Unde & Sinuum Proportiones collectæ, æquales reperiuntur; quantum quidem, Imagines intuendo, & Mathematicam quandam ratiocinationem adhibendo, judicare potuerim: Non enim accurate calculum ponebam. Itaque Propositio nostra, quantum ex 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 Superficie refringenti perpendicularis sit, alter eidem parallelus; & de Motu quidem eo qui est perpendicularis, subjicienda est Propositio sequens.

Si quis Motus, aut Corpus motum quodcunque, 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 distantiiis 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 emerget, si Perpendicularis ejus Velocitas tum, cum incideret, infinite parva fuisset.

<65>

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 MC incidentem,^[Image 34] Refringi ad C a Plano RS in lineam CN : Et, si Linea CE , in quam alius quilibet Radius AC refringi debeat, quæ sit quærat; sint MC , AD , Sinus Incidentiæ duorum istorum Radium; & NG , EF , eorundem Sinus Refractionis; & exponantur æquales Radium 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 Radium, 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; definatque certo interjecto intervallo ex altera parte; & in omnibus locis intra istos limites sitis, agat in Radios in Lineis superficie 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 expositæ Rationem. Itaque si Perpendicu $<66>$ laris Velocitas Radii Emergentis CN , exponatur per $\frac{MC}{NG}CG$, ut supra; Perpendicularis Velocitas alterius cujusvis radii Emergentis CE , quæ erat $\frac{AD}{EF}CF$, erit æqualis Radici Summæ Quadratorum $CDq + \frac{MCq}{NGq}CGq$. Quæ quidem æqualia si quadraveris jam, eisque addas æqualia ADq & $MCq - DCq$, dividasque Summas per æqualia $CFq + EFq$ & $CGq + NGq$, habebis $\frac{ADq}{EFq}$ æquale $\frac{MCq}{NGq}$. Unde AD , Sinus Incidentiæ, sit ad EF , Sinum Refractionis, ut MC ad NG : hoc est, in data Ratione. Et quoniam 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 superficie sue Perpendicularibus*: utique Veritatem hujusce Propositionis certissimam videtur evincere.

Quare, si Ratio Sinuum Incidentiæ & Refractionis cujusvis generis Radium in uno aliquo casu inventa fuerit; utique inventa erit in omnibus. Ea autem quæ fit, methodo in sequenti Propositione tradenda, facile colligi poterit.

PROP. VII. THEOR. VI.

Conspicilla tubulata quominus omnibus numeris perfecta construi queant, facit diversa Radiorum Luminis Refrangibilitas.

Conspicilla tubulata quominus omnibus numeris perfecta construi potuerint, Sphæricæ Vitrorum figuræ vulgo in Causa fuisse creduntur: Ideoque id sibi proposuerunt Mathematici, ut Vitra Conicarum Sectionum <67> 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 Aerem e vitro egredientium; Et Sinus istius Anguli, est 5188 earum partium, quarum Radius complectitur 10000. Cum Axis hujus Prismatis, Horizonti parallelus esset; Refractioque Radiorum in Prisma Incidentium, Refractioni eorundem e Prismate exeuntium, æqualis esset: observabam, ope Quadrantis, Angulum quem Radii mediocriter Refrangibiles (hoc est, ii qui ad medium coloratæ Solis Imaginis irent,) cum Horizonte continerent: 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 pellucido 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 <68> 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 $2\frac{1}{8}$; Refiduum, quod est Unciæ $7\frac{3}{4}$, erit Longitudo, quam eadem Imago ita esset habitura, si Solis globus unum solummodo Punctum foret. Itaque hæ Unciæ $7\frac{3}{4}$ subtendunt Angulum, quem Radiorum maxime minimeque Refrangibiles, qui in unis eisdemque lineis in Prisma inciderant, inter se jam, postquam emergerint, 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 quam hi maxime minimeve Refrangibiles Radii Emergentes, continent cum Radiis mediocriter Refrangibilibus Emergentibus: Et 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 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. <69> 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 $27\frac{1}{2}$ am partem totius Refractionis Radiorum mediocriter Refrangibilium.

Unde Optices Periti facile intelligent, Latitudinem minime rotundi spatii, in quod Vitra Objectiva Conspicillorum Tubulatorum colligere possint omnia genera Radiorum inter se *Parallelorum*, esse circiter $27\frac{1}{2}$ am partem dimidiæ aperturæ Vitri, aut 55am partem totius aperturæ; Focumque Radiorum maxime

Refrangibilium, propius 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 sit 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 quamproxime.

<70>

Jam autem ut examinarem, utrum differentia Refractionum, quas Radii maxime minimeque Refrangibiles ex uno eodemque puncto fluentes, in Vitris Objectivis Conspicillorum Tubulatroum aliisque id genus Vitris patiuntur, tanta sit revera, quantam modo descripserim, necne; subjectum excogitavi Experimentum.

Exper. 16. Lens, qua in secundo & octavo Experimentis usus fueram, intervallo sex Pedum uniusque Unciæ a quovis Objecto collocata, colligebat Imaginem istius Objecti, per Radios mediocriter Refrangibiles, eodem interjecto sex Pedum uniusque Unciæ 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 Unciæ, (intervalli quo Lens & iste Focus inter se distant,) ad intervallum quo Radiorum maxime minimeque Refrangibilium Foci inter se distant: Quod proinde intervallum, fit Unciarum $5\frac{17}{55}$; hoc est, unciarum $5\frac{1}{3}$ quam proxime. Jam ut invenirem utrum hæc mensura esset vera, necne; Experimenta secuundum & octavum hujus *Partis*, in Lumine colorato, quod multo, quam id quo tum usus eram, mi <71> nus 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 impresso excipiebam: Cumque Lentem supra memoratam, interjecto sex Pedum uniusque Unciæ 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 rubeo 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 pertinentibus undique crispum esse; adeo ut Refractio 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, five 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 rubeus extremus qui sensu percipi possit, sive a flavo maxime distans Imagines earundem Linearum nigrarum maxime distinctas exhibebat. Color violaceus adeo debilis & obscurus fuit, 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 <72> vitro admodum pellucido candidoque. Verum, hoc Prismate adhibito, longæ jam albæque Luminis debiliores radiationes se ex utraque imaginis Coloratæ extremitate emittebant: Unde concludebam, necdum omnia recte esse comparata. Prisma igitur attentius inspiciens, 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 transmisso; 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. Suspiscabar 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 inequalitatibus, irregulariter refringeretur & reflecteretur: Quod quidem Lumen, quamvis parvum, tamen subalbidum cum esset, Sensum satis fortiter, ad interturbanda debilis illius & tenebricosi Coloris Violacei Phænomena, afficere posset. Quamobrem explorabam, quomodo in 12° , 13° , & 14° Experimentis expositum est, annon hoc Lumen Violaceum constaret ex sensibili mixtura Radiorum Heterogeneorum. 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 elicuissem; & consequenter ex hoc violaceo Lumine similiter elicuissem, 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 porportionem ad Uncias $5\frac{1}{3}$, hoc est, ad maximam differentiam intervallorum quibus Foci Colorum extremorum Rubei & 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 rubeus & 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 rubeum extremum sive a flavo maxime distantem, qui Sensu percipi posset; & Colorem aum, qui in confinibus Viridis & Cærulei positus, distabat a rubeo, 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 rubeus 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 $\frac{1}{3}$ Unciæ: Etenim difficillimum erat Focus, quo in loco siti 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 $2\frac{1}{4}$ 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 rubeum ad usque ipsam Imaginis Extremitatem, sed duntaxat ad Centrum Semicirculi quo ista Extremitas terminaretur, aut paulo ultra id. Quare Colorem istum rubeum 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 mais, quam ad viridem accederet. Et quemadmodum computabam totam Colorum Longitudinem non 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, dimetiebar distantiam ejusce Coloris a Semicirculari Imaginis extremitate, &, subducto dimidio istius distantiae de mensurata duorum Colorum distantia inter se, residuum pro correcta 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, correcta illa distantia binorum quorumvis observatorum Colorum, vera esset futura distantia ipsorum inter se.

Cum igitur porro observarem, interque se compararem, Colorem rubeum extremum qui Sensu percipi posset, & Cæruleum illum, quorum correcta 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 rubeum extremum qui Sensu percipi posset, & Indicum illum, quorum correcta distantia inter se esset $\frac{8}{12}$ sive $\frac{2}{3}$ longitudinis rectilineorum imaginis laterum: Differentia intervallorum quibus

Foci sui a Lente disarent, 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 rubeum extremum qui Sensu percipi posset, & Indicum illum saturatiorem, quorum correcta distantia inter se esset $\frac{9}{12}$ sive $\frac{3}{4}$ 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 rubeum extremum qui Sensu percipi posset, & Violacei partem Indico proximam, quorum correcta distantia inter se esset $\frac{10}{12}$ sive $\frac{5}{6}$ 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 $5\frac{2}{5}$. 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 <76> 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 rubeus 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 $\frac{1}{5}$ aut $\frac{1}{6}$ unius Unciæ. 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 lineis 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 rubeum extremum qui Sensu percipi posset, partemque Violacei eam, quorum correcta distantia inter se esset circiter $\frac{8}{9}$ partes longitudines rectilineorum imaginis laterum: Differentia intervallorum quibus horum Colorum Foci a Lente distarent, erat uno tempore Unciarum $4\frac{2}{3}$, alio tempore $4\frac{3}{4}$, alio $4\frac{7}{8}$. Ut autem 8 ad 9; ita $4\frac{2}{3}$, $4\frac{3}{4}$, $4\frac{7}{8}$, ad $5\frac{1}{4}$, $5\frac{1}{32}$ $5\frac{32}{64}$, respective.

<77>


Cum observarem colorem rubeum extremum, & violaceum itidem extremum, qui Sensu percipi possent: (Quorum quidem Colorum correcta distantia inter se, cum omnia quam potuerint commodissime essent comparata, Solque clarissimus luceret, erat circiter $\frac{11}{12}$ aut $\frac{15}{16}$ partes longitudinis rectilineorum imaginis 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 Unciæ 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 rubei extremi, intervallo Unciarum minimum $5\frac{1}{3}$. 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 accuratioris, 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 forsitan 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 <78> se distantibus. Veruntamen 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 ipsi successit Experienti. Ego enim Axem Lentis ad mediam duntaxat parte Colorum, quam potui proxime, direxi; quo pacto languidæ Colorum Extremities, quia paulo remotiores essent ab Axe, Imagines sui minus distincte super 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 radorum maxime Refrangibilium propius a Lente abfuturus sit, quam Focus minime Refrangibilium, amplius decimaquarta parte totius distantiae: fin a Lucido puncto fluant, quod a Lente tanto sit intervallo remotum, ut ante Incidendum jam pro Parallelis inter se haberi possint; tum Focus radorum maxime Refrangibilium propius a Lente abfuturus fit, 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 incident; (qui quidem Circulus minimus est, in quem ii omnes convenire possint;) erit circiter 55^{ta} pars diametri aperturæ Vitri. Adeo ut mirum sit Conspicilla tubulata res objectas tam distincte exhibere posse, quam eas revera exhibent. At si omnes Radii <79> Luminis ex æquo Refrangibiles essent, Error qui solummodo ex Sphæricis Vitrorum figuris oriretur, sexcenties minor esset. Si enim Vitrum Objectivum Telescopii sit Plano-convexum, & plana ipsius facies ad rem objectam obvertatur; diameter autem Sphæræ, cujus id Vitrum segmentum sit, appelletur D; item Semidiameter aperturæ Vitri, vocetur S; & Sinus Incidentiæ e Vitro in Aerem, 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 $\frac{R}{I} \times \frac{Scub.}{Dquad.}$ quamproxime; Ut quidem collegi, computando Errores Radorum per Methodum Serierum 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 Spæræ ad quam convexa Vitri facies tornata est, sit 100 Pedum sive 1200 Unciarum; S autem, Semidiameter aperturæ, sit duarum Unciarum: utique Diameter parvi circuli ante dicti, (hoc est, $\frac{R \times Scub.}{I \times Dquad.}$) erit $\frac{31 \times 8}{20 \times 1200 \times 1200}$ (sive $\frac{31}{3600000}$) partes unius Unciæ. Atqui Diameter alterius parvi circuli, per quem nimirum Radii inæquali sua Refrangibilitate diffusi sunt, erit circiter 55^{ta} pars aperturæ Vitri objectivi; quam quidem aperturam jam posuimus esse quator Unciarum. Ergo Error qui oritur a Sphærica figura Vitri, ad Errorem qui oritur a diversa Radorum Refrangibilitate, est ut $\frac{31}{3600000}$ ad $\frac{4}{55}$; hoc est, ut 1 ad 8151. Quare cum Error ille adeo parvus sit in Comparisonem, utique non est consideratione dignus.

Verum hic quæri potest; si Errores, qui ex diversa radorum Refrangibilitate oriuntur, adeo sint ingentes; <80> 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 autm 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. Sin enim ADE istiusmodi Circulus,  Centro C & Semidiametro AC descriptus; sitque BFG minor circulu, eodem cum isto ADE centro descriptus, ejusque diametrum AC circuitu suo intersecans in B: Biseca autem AC in N. Jam, ut ego quidem calculum posui, densitas Luminis in quovis loco B, erit ad densitatem ejusdem in N, ut AB ad BC; totumque Lumen intra circulum minorem BFG, ad totum Lumen intra majorem AED, erit ut Excessus Quadrati AC super Quadratum AB, ad Quadratum ipsius AC. Exempli gratia: Si BC sit quinta pars istius AC; utique 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. Aureum voco, non modo flavum auri colorem, sed maxime citrinum illum qui paulo magis ad rubeum accedit, estque medius inter flavum & rubeum, utriusque ex æquo particeps, & uno sui extremo ad rubescentem auri flavedinem, altero ad flavescentem rubedinem vergit; qualis est Malorum aureorum color. Hi colores aureus & flavus Sensum fortius, quam reliqui simul universi, afficiunt: Hisque proximi sunt claritate, Colores Rubeus & Viridis. Cæruleus, cum hisce com <81> paratus, debilis est & tenebricosus color; Indicus autem & Violaceus, multo etiam istis languidior: Adeo ut ii, in Colorum Clariorum

comparationem, parvi momenti sint habendi. Rerum igitur objectarum imagines collocandæ sunt, non in Foco Radium mediocriter Refrangibilem, qui sunt in confinibus Viridis & Cærulei; sed in Foco eorum radiorum, qui inter Aureum colorem & Flavum interjacent; eo in loco ubi Color omnium lucidissimus 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,) dimetiena est Refractio Vitri & Crystalli ad usus Opticos. Ponamus itaque corporis objecti Imaginem in Foco horum Radium: 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 Rubei, (eam scilicet quæ aureo proxima est,) & clariorem partem dimidiam Viridis; (eam scilicet quæ flavo proxima est:) jam circiter $\frac{3}{5}$ partes Luminis horum duorum Colorum intra circulum ante dictum cadent, & $\frac{2}{5}$ partes extra eum cadent circumcirca; Quæque luminis hujusce pars extra circulum cadet, ea per spatium fer altero tanto majus, quam quæ intra cadet, diffundetur; ac proinde in toto, tribus fere tantis rarior erit facta. Ex reliqua autem parte dimidia Colorum Rubei & Viridis, (hoc est, ex Rubeo 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 rari^{<82>}us 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 rubeus extremus in fine coloratæ Imaginis Prismate effictæ, jam ante tenius 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 rubeus saturator, & viridis saligneus, hujusce Luminis; colores sint multo, quam reliqui, fuscior. 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 fusciorum 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 circumfusus Lumen, cujus haud fere ullam habebit Spectator rationem. Proinde in Conspicillo tubulato, cujus apertura sit quatuor Unciarum, & Longitudo Pedum Centrum; hæc Imago non excedet 2" 45"', aut 3". Et in Conspicillo tubulato, cujus apertura sit binarum Unciarum, & Longitudo 20 aut 30 Pedum; poterit esse 5" aut 6", vix autem major eo. Quod quidem Experimentiæ optime congruit. Etenim Astronomi quidam, per Conspicilla tubulata supra vice^{<83>} nos Pedes, & infra sexagenos, longa; observarunt diametros Stellarum Fixarum, esse circiter 4" aut 5", aut summum 6". 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 fit 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 unius duorumve minutorum secundorum; refractione scilicet in Atmosphæra Lunæ, tempus luminis & evanescentis & in conspectum denuo redeuntis, aliquantulum protahente.}

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 Sphærica 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 $\frac{31}{3600000}$ partes Unciæ foret complexura; uti ex præcedenti Computatione liquet. Quare, in hoc casu, Errores maximi qui e Sphærica Vitri figura oriantur, ad Errores sensibiles maximos qui e diversa radiorum Refrangibilitate oriantur, erunt summum ut $\frac{31}{3600000}$ ad $\frac{4}{250}$; hoc est, ut 1 duntaxat ad 1826. Ex quo abunde quidem apparet, Conspicilla tubulata quominus omnibus numeris perfecta atque absoluta construi queant, non utique Sphæricas Vitrarum Figuras, sed diversam Radium ipsorum Refrangibilitatem, in Causa esse.

Adhæc aliud Argumentum est quo itidem inferri possit, diversam Radiorum Refrangibilitatem revera in causa esse, quamobrem Conspicilla tubulata omnibus nu <84> meris perfecta construi nequeant. Etenim Radiorum Errores, qui quidem e Sphæricis Vitrorum Objectivorum figuris oriantur, sunt ut Cubi aperturarum Vitrorum Objectivorum: Et exinde, quo Telescopia varia Longitudinem Res objectas ita varie amplificent, ut tamen illæ in singulis æque distinctæ appareant; aperturæ Vitrorum Objectivorum, Potentiæque Amplificandi, debent 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: Et exinde, quo Telescopia varia Longitudine Res objectas jam ita varie amplificent, ut tamen illæ in singulis æque distincte 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 13 unius Unciæ, eam quindecies exhibet amplificatam.

Quod si jam Radii non essent diverse Refrangibiles; utique Conspicilla tubulata multo, quam adhuc descripsimus, perfectiora construi possent; componendo Vitra objectiva ex binis Vitris, inclusa intus qua, conglutinatis. Sit ADFC Vitrum Objectivum,^[Image 36] compositum ex duobus Vitris ABED & BEFC, ab exteriori sui parte AGD & CHF consimiliter convexis, & ab interiore sui parte BME & BNE consimiliter concavis; sitque aqua in Cavitatem BMEN conclusa. Porro sit Sinus Incidentiæ e Vitro in Aerem, ut I ad R; ex Aqua autem in Aerem, ut K ad R; & consequen <85> ter e Vitro in Aquam, ut I ad K. Diameter Sphæræ, ad quam Facies convexæ AGD & CHF tornatæ sint, esto D: Diameterque Sphæræ, ad quam Facies concavæ BME & BNE tornatæ sint, esto ad D, ut Radix Cubica illius KK-KI ad Radicem Cubicam illius RK-RI: Jamque Refractiones in concavis Vitrorum faciebus, multum corrigent Errores Refractionum in convexis faciebus; quatenus quidem ii e Sphærica Vitri figura oriantur. Atque hac quidem Ratione Conspicilla 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 Conspicilla tubulata solis Refractionibus excoli atque perfici possint; nisi si 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 & quatuntur; eoque pacto efficiunt, ut res objectæ perpetuo tremere videantur, & non sine multo negotio distincte cerni queant. Cum jam e contrario, adhibito *Hugenii* invento, & tractatu faciliora sint Vitra; & specialiter Vitrum objectivum, perticæ fortiori erectæque infixum, stabile ac firmum maneat.

Quandoquidem igitur Refractionibus perficere Conspicilla 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 Sphæræ, ad quam Metallum concavum <86> tornatum fuit, complectebatur circiter 25 Uncias Anglicas; & consequenter Longitudo Instrumenti erat circiter Unciarum $6\frac{1}{4}$. Vitrum Ocularium Plano-convexum erat; & Diameter Sphæræ, ad quam convexa ipsius facies tornata fuit, erat circiter $\frac{1}{5}$ Unciæ, aut paulo infra id; ac proinde hoc Vitrum rem objectam triginta aut quadraginta Tantis Vero ampliore repræsentabat. Alia computandi ratione, inveni illud circiter triginta quinque Tantis Specie ampliore rem objectam exhibere. Metallum concavum id erat, quod Aperturam Unciæ unius & $\frac{1}{3}$ ferre posset. Verum apertura definita erat, non circulo opaco marginem Metallum circum obtegente, sed circulo opaco inter Vitrum Ocularium & Oculum collocato, in cujus medio parvum rotundum foramen erat, per quod Radii ad Oculum transmitterentur. Etenim Circulus iste ibi collocatus, interceptabat plurimum Errantis Luminis, quo Aspectus alioqui 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. Attamen in meo Instrumento corpora objecta multo, quam in isto Conspicillo vitreo, tenebrosiora videbantur; partim quia plus Luminis inter Reflectendum a Metallo, quam inter Refringendum 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 apparuissent. Duo hujusmodi Instrumenta, ante hos annos circiter sexdecim, construxi: Quorum alterum <87> adhuc apud me est; ipsumque quam vera sint, quæ scribam, cuilibet demonstrare poterit. Veruntamen id diuturnitate temporis paulo deterius est factum. Etenim Metallum concavi Nitor sæpius

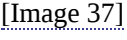
infuscatus fuit; qui tamen Nitor, corii mollioris affricu, iterum est restitutus. Cum hæc Instrumenta confecissem; Artifex *Londinensis* id sibi sumpsit, ut ea imitaretur. Verum cum ille Metallum alia ratione poliret, quam ego fecissem; ejus Instrumentum multum infra mei bonitatem cecidit; ut ex Opifice inferiori, qui illi hac in re operam dederat, postea audivi. Cæterum Ego quidem *Metallum* hac ratione perpolivi. Duas Laminas cupreas, alteram convexam, concavam alteram, Uncias senas diametro complectentes, & inter se optime aptas, 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 desiit: Et deinde super Pice *Metallum Objectivum*, brachio ce-
<88> leriori, & 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 desiit: Et deinde super Pice *Metallum Objectivum*, ut prius, atterebam. Hocque idem sæpius iterabam, donec *Metallum* esset perpolitum: Ad extremum autem enixius jam, adhibitis 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 Unciæ parte crassum, ne forte inflecti posset. Duo hujusmodi *Metalla* habui: Et 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, Metallum expoliendi rationem edidici; donec tandem bina illa Conspicilla superius memorata, quæ res objectas Reflexione inspiciendas præberent, fabricaverim. Etenim hæc Metallum 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 desiit: quoniam Stanni usti particulæ, nisi Pici hoc modo ita sint infixæ, uti nulla ex parte possint se torquendo excitare; utique sese hac illac provolvendo, interrudent *Metallum Objectivum*, parvisque innumeris foraminibus asperum id & inæquale facient.

Verum quandoquidem Metallum multo, quam Vitrum, difficilius est politu; & postquam politum est, facillime, infuscato Nitore suo, ineptum fit ad Usus O-
<89> pticos; atque etiam omnino Luminis Minus Reflectit, quam Vitrum Argento vivo indutum: Suaderem equidem, ut, loco Metallum, 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, quo 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 Conspicilla 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; Reflexionem a concava Vitri facie, quæ ne omnia pertubaret 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-
<90> Sphæræ figuram accurate tornare calleant. Vitrum Objectivum ad Telescopium quatuordecim Pedum, ab Artifice quodam *Londinensi* expolitum, ipse quondam multo melius feci, atterendo id super Picem Stanno usto 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 apressa, ne flectantur nonnihil inter atterendum, periculum erit. Si autem inflectantur, omnino Figura eorum vitiabitur. Quo igitur horum

Vitrorum Reflectentium Speculationem istiusmodi Artificibus, qui Vitrorum figurandorum curiosiores sint, amplius commendem; Conspicillum antedictum in sequenti Propositione singulatim describam.

PROP. VIII. PROB. II.

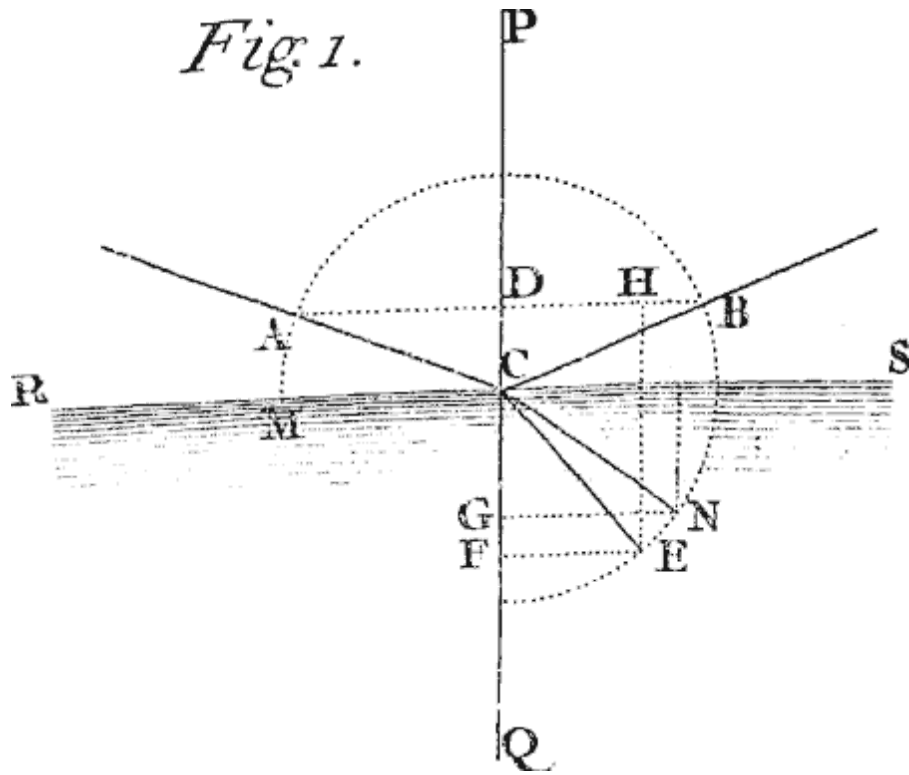
Conspicilla tubulata in Brevitatem contrahere.

Sit *abdc* Vitrum,  ab anteriore sui parte *ba* Concavum; a posteriori autem parte *cd*, 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 expolitum, & a posteriore sui parte Argento vivo indutum; inque Tubo *vxyz*, qui intus valde niger sit oportet, apte infixum. Sit *efg* Prisma vitreum aut crystal <91> linum, 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 perpendiculum 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 *ba* 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 apertu <92> ram in Speculo ad sex ipsas Uncias; & rem objectam ducentis aut trecentis partibus Specie ampliorem representabit. 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 quadratoquadratæ 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.

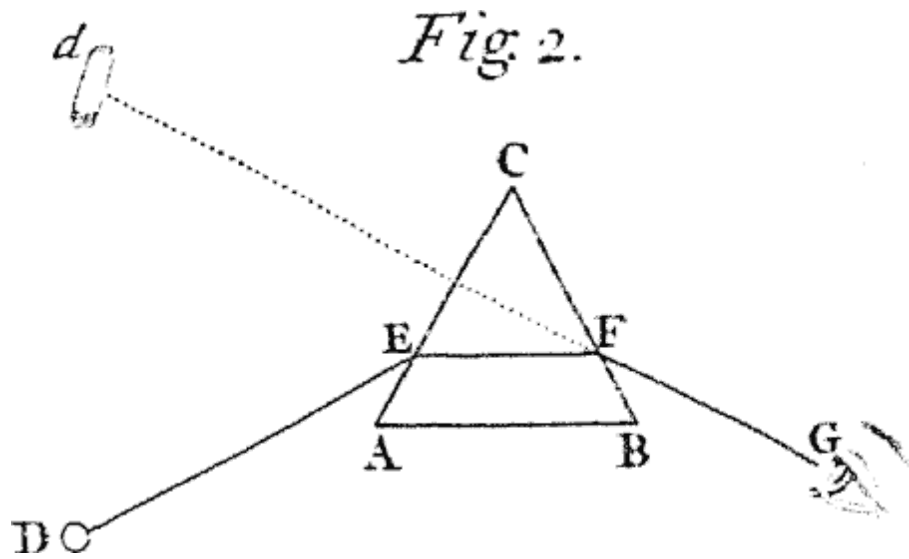
In hoc Instrumento res objecta videbitur inversa: Verum erigi poterit, efficiendo ut facies quadratæ *ef* & *eg* Prismatis *efg*, non jam planæ, sed sphærice convexæ sint; ut Radii tam antequam in Prisma incidant, quam postea inter id & Vitrum Ocularium, se decussatim secent. Porro, si postuletur ut hoc Instrumentum ampliorem aperturam ferat; id etiam ita fieri poterit, si Speculum componatur ex duobus Vitris, inclusa intus aqua, conglutinatis.

[Image 1] *Fig. 1.*

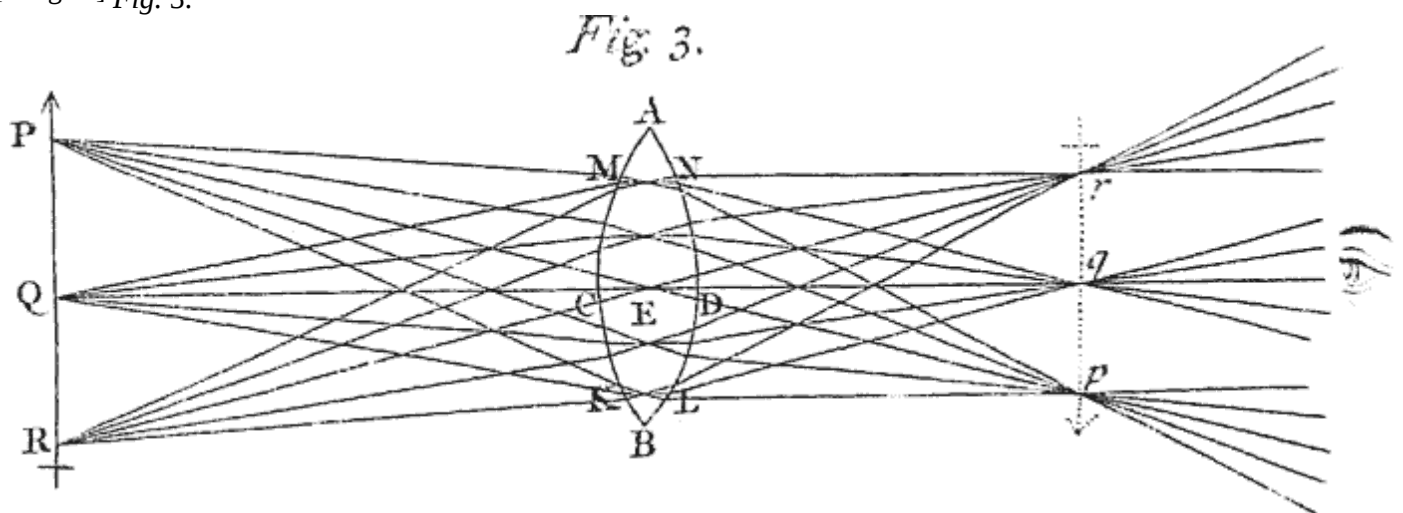
Fig 1.



[Image 2] *Fig. 2.*

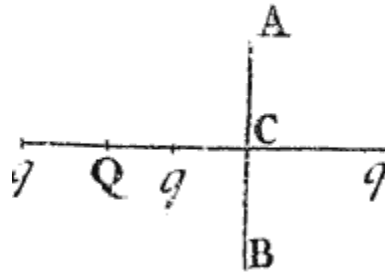


[Image 3] *Fig. 3.*



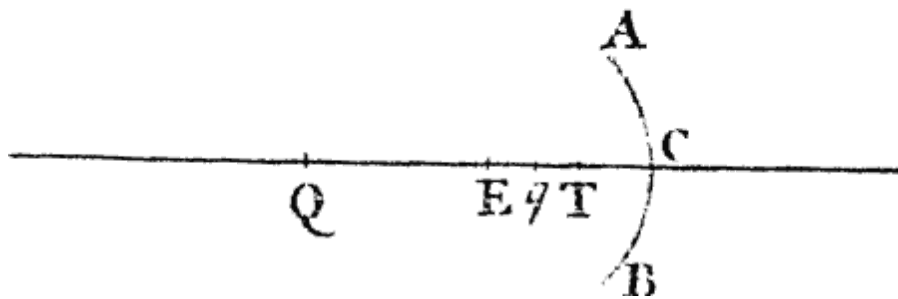
[Image 4] *Fig. 4.*

Fig. 4.



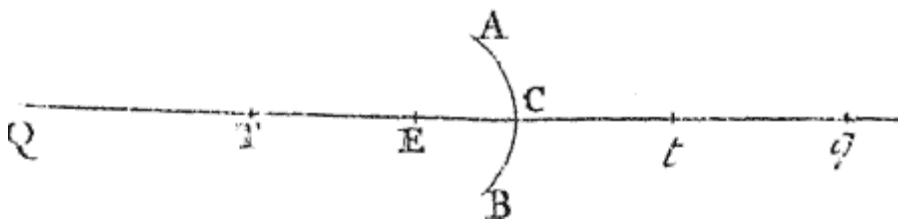
[Image 5] *Fig. 5.*

Fig. 5.



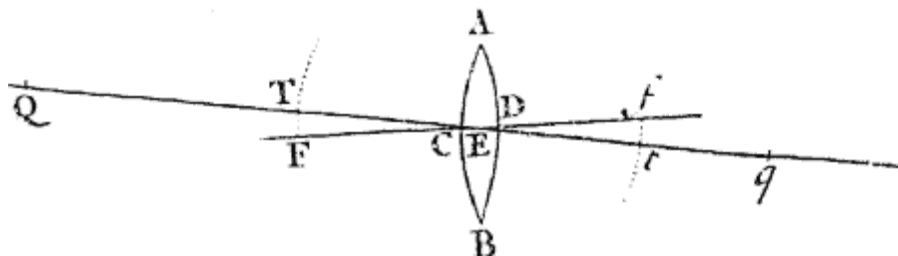
[Image 6] *Fig. 6.*

Fig. 6.



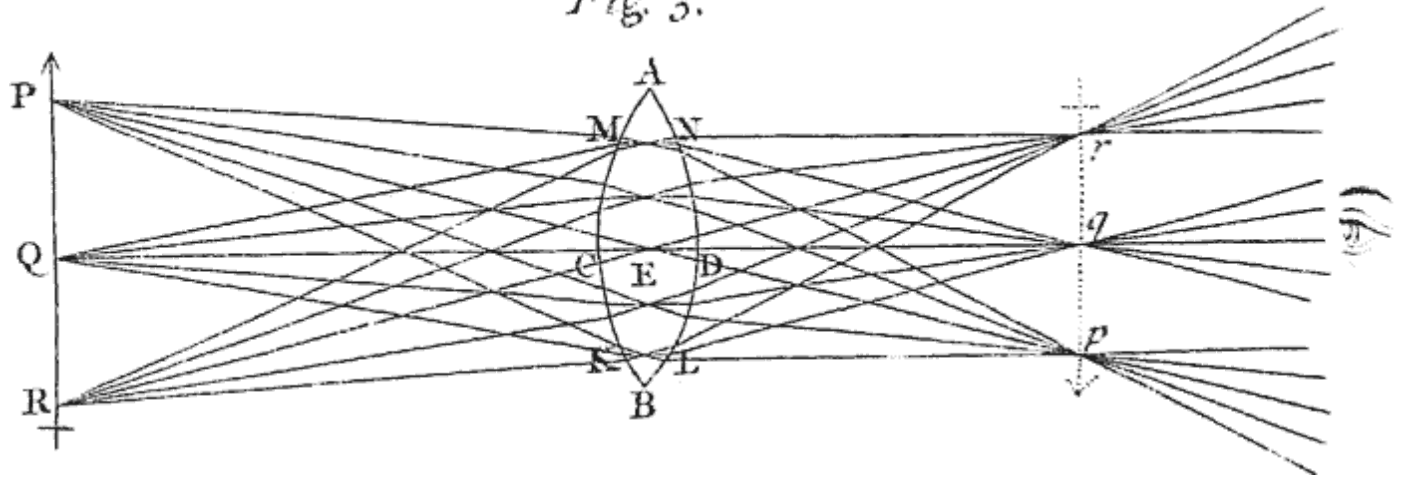
[Image 7] *Fig. 7.*

Fig. 7.

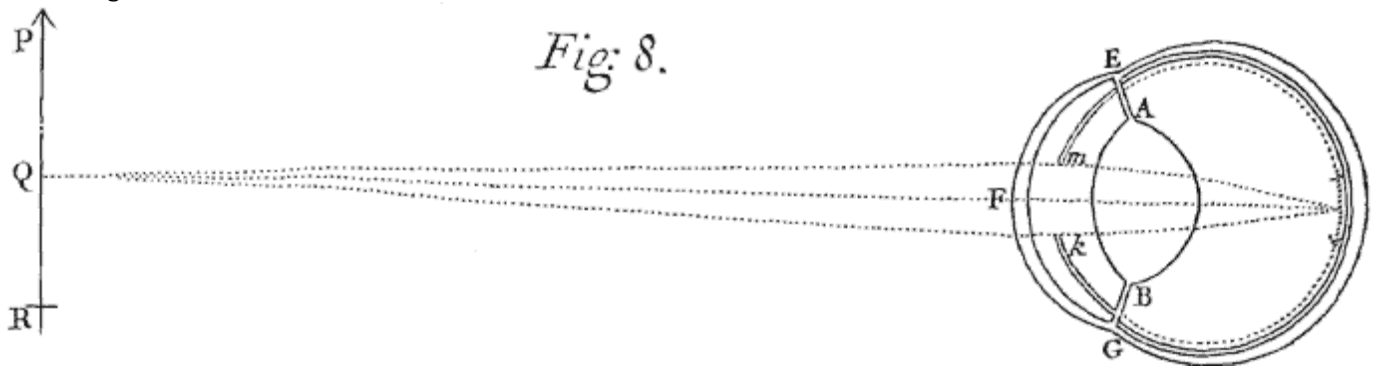


[Image 8] *Fig. 3.*

Fig. 3.

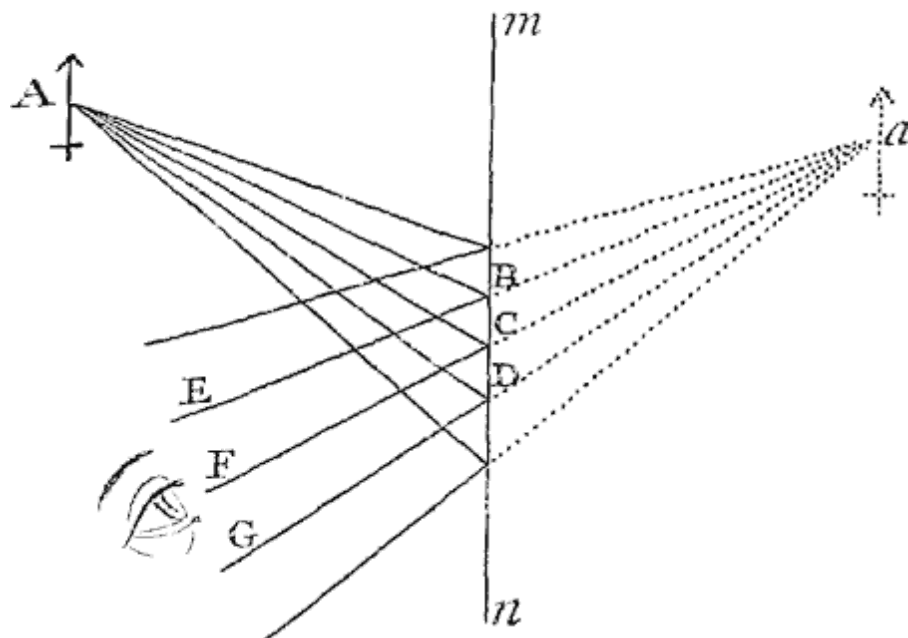


[Image 9] *Fig. 8.*



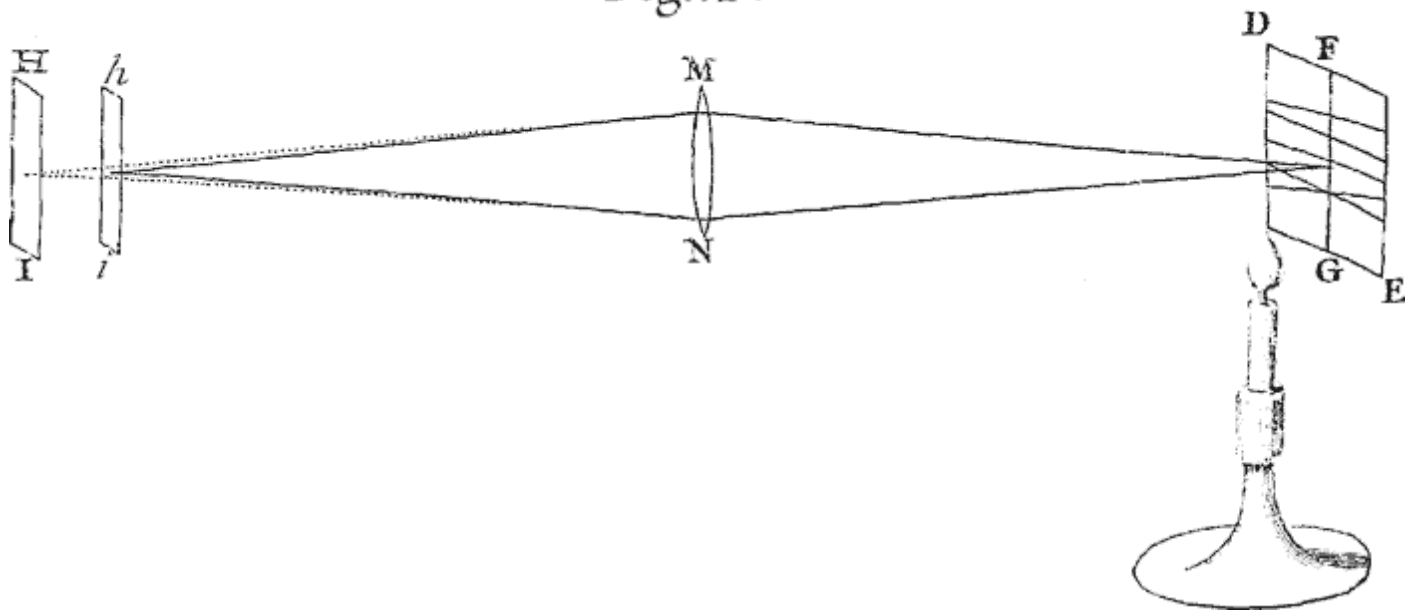
[Image 10] *Fig. 9.*

Fig. 9.

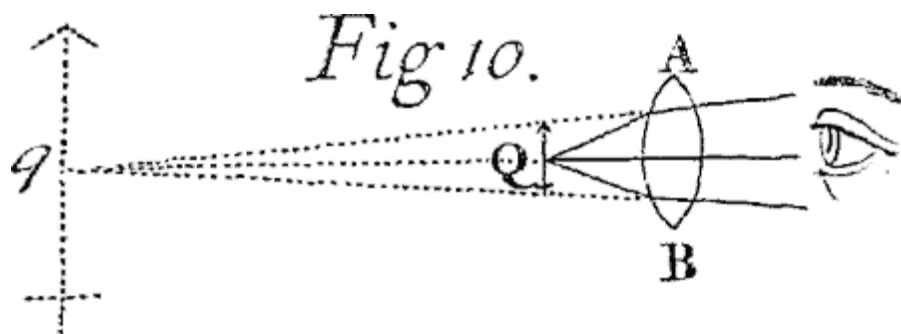


[Image 11] *Fig. 2.*

Fig. 12 .

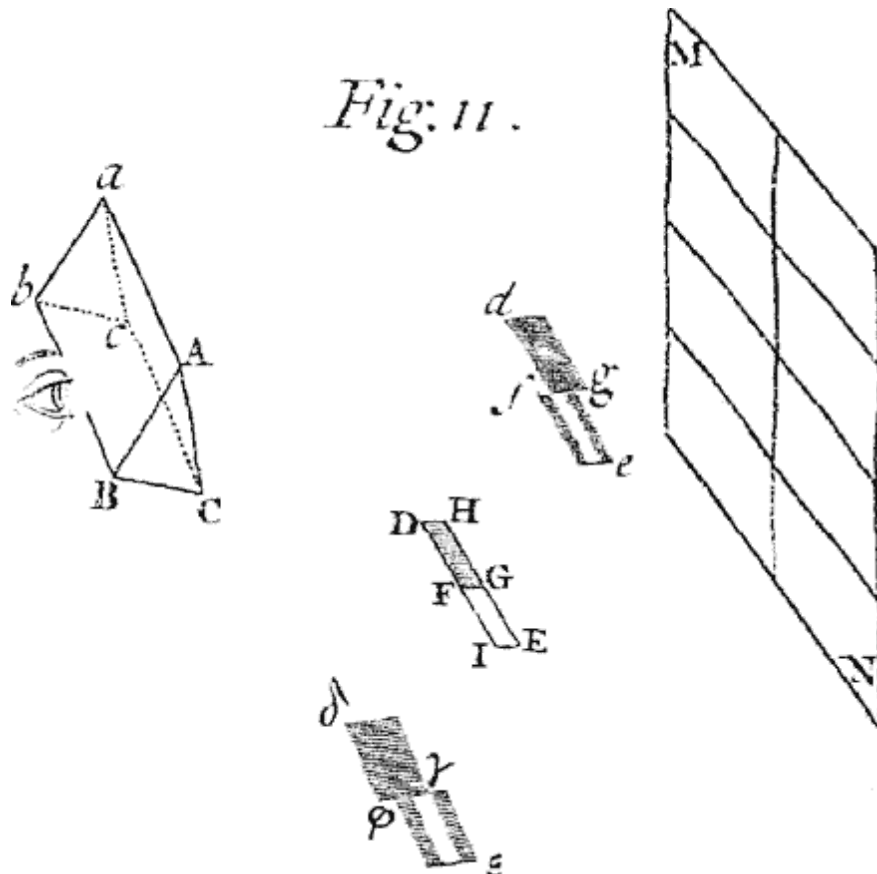


[Image 12] *Fig. 10.*



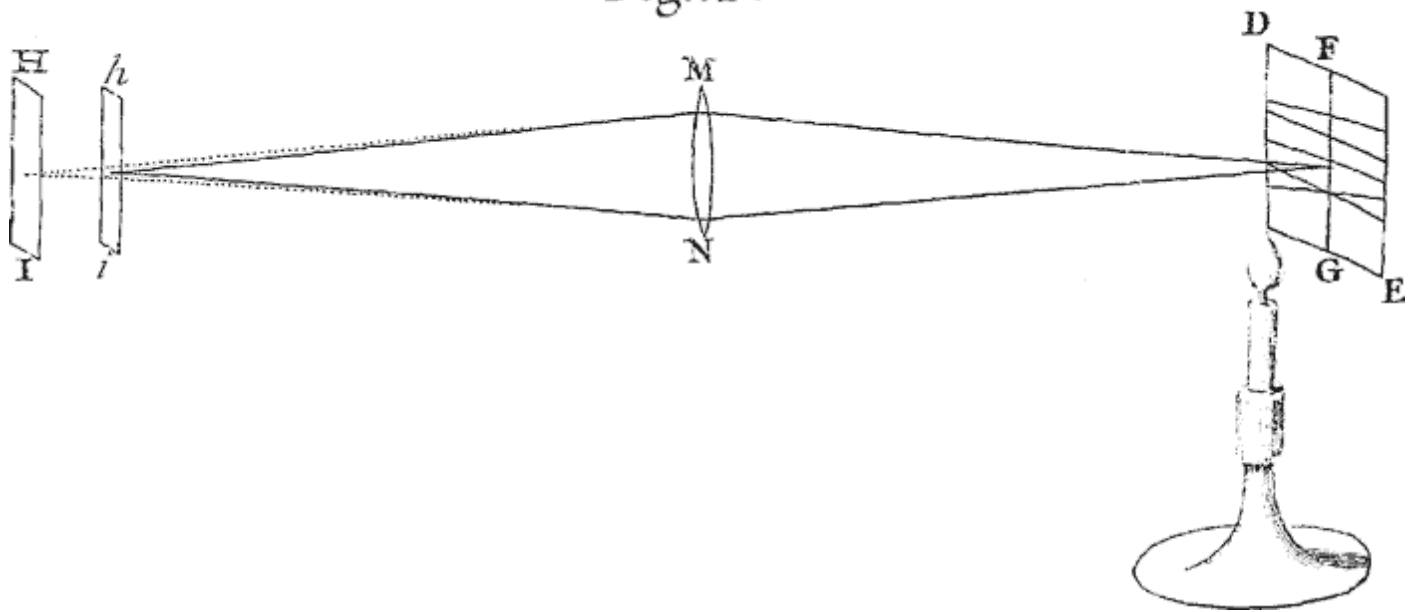
[Image 13] *Fig. 11.*

Fig. 11 .

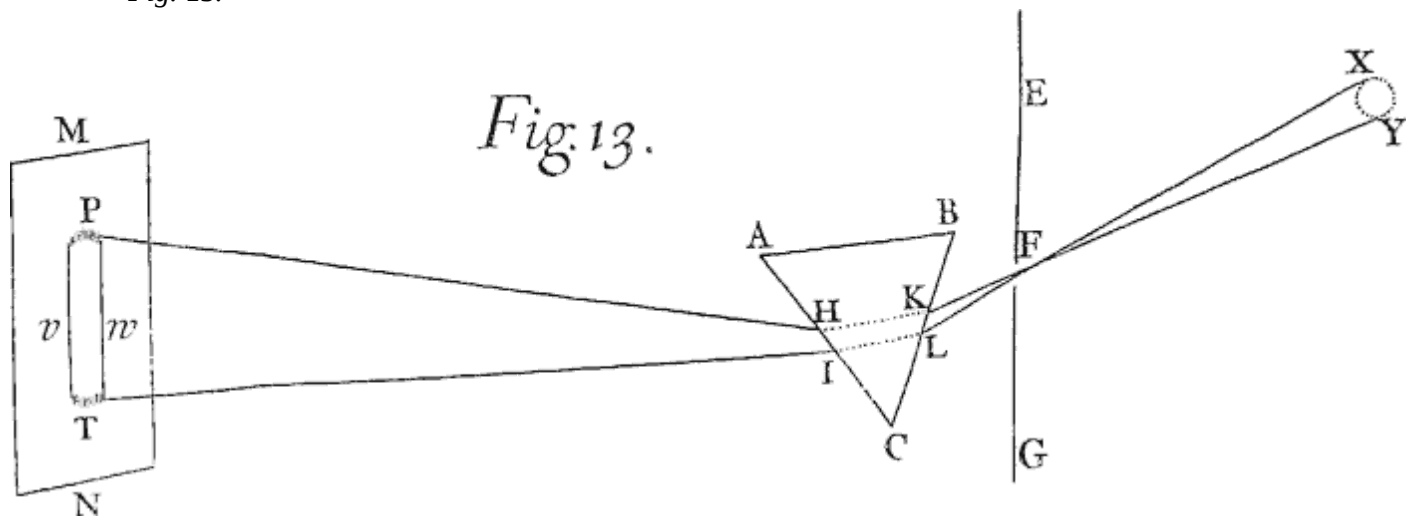


[Image 14] *Fig. 12.*

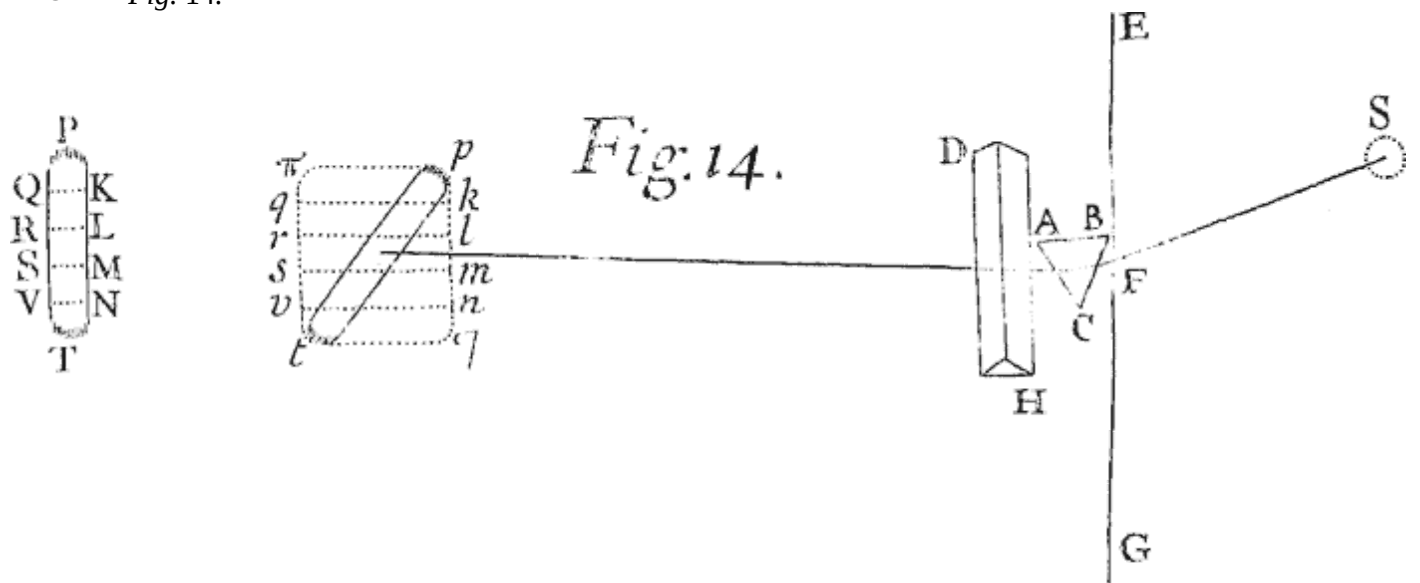
Fig. 12 .



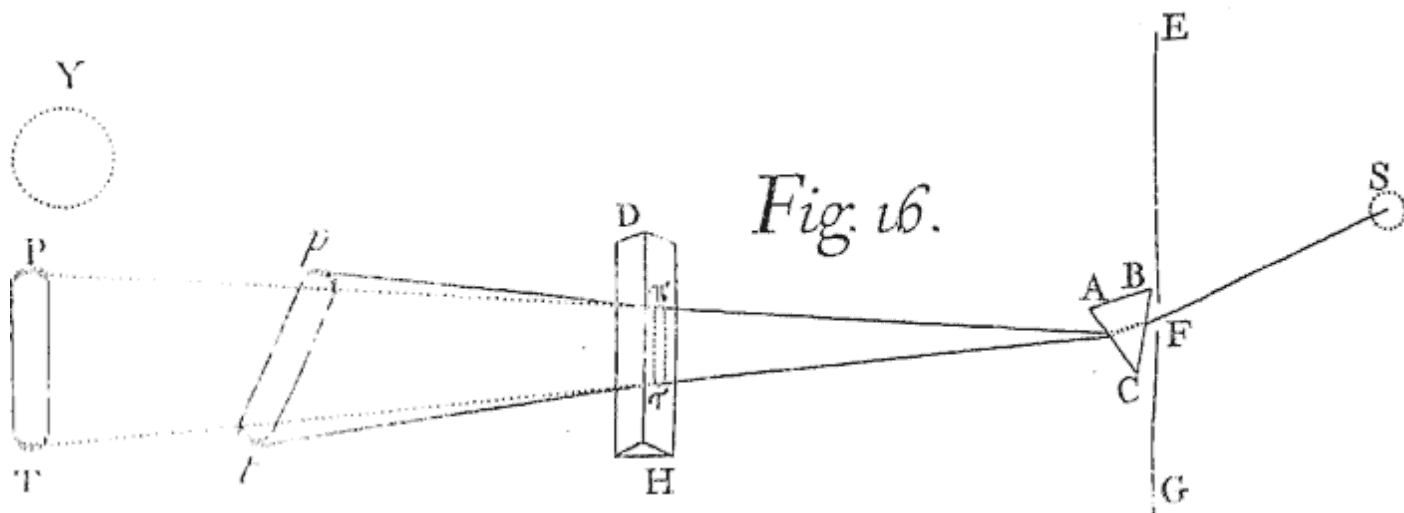
[Image 15] *Fig. 13.*



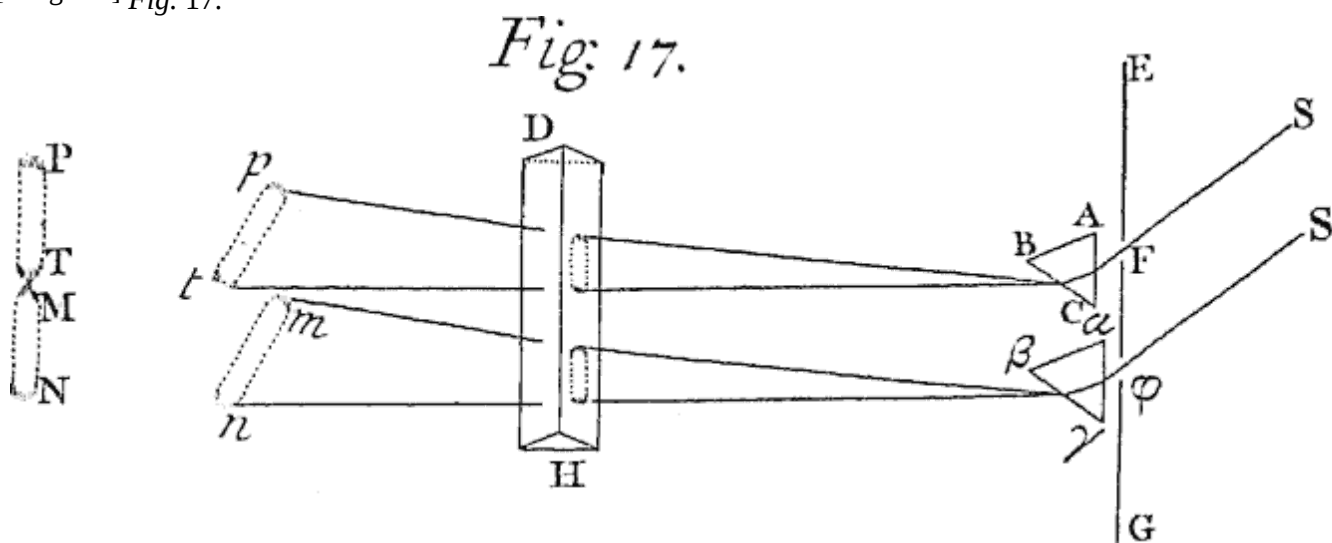
[Image 16] *Fig. 14.*



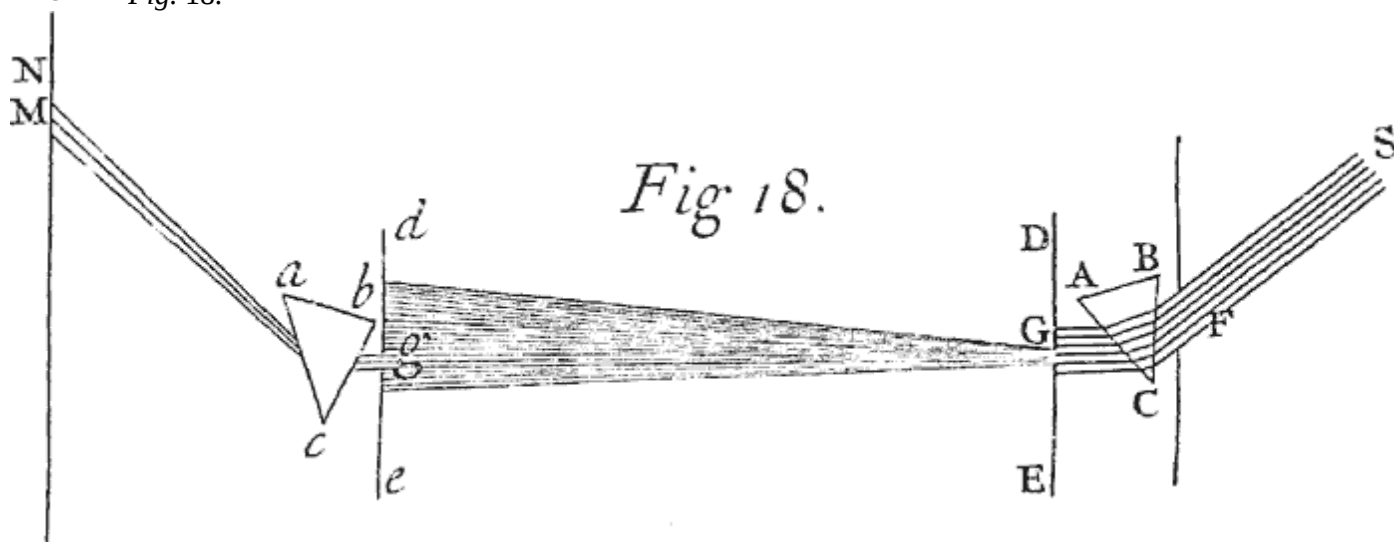
[Image 17] *Fig. 15.*



[Image 20] *Fig. 17.*

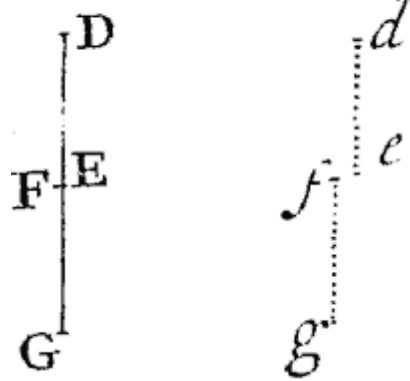


[Image 21] *Fig. 18.*



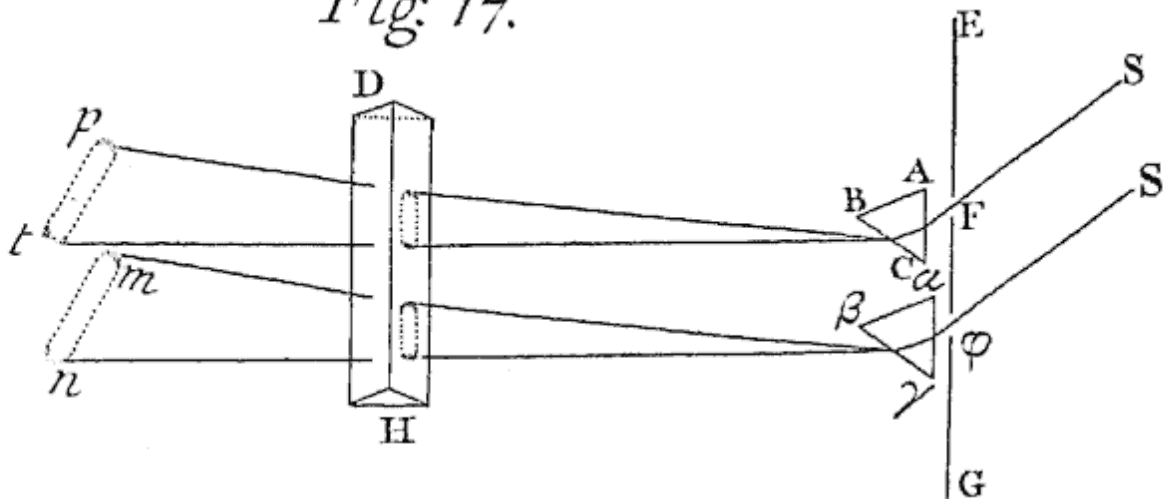
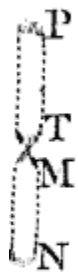
[Image 22] *Fig. 19.*

Fig. 19.



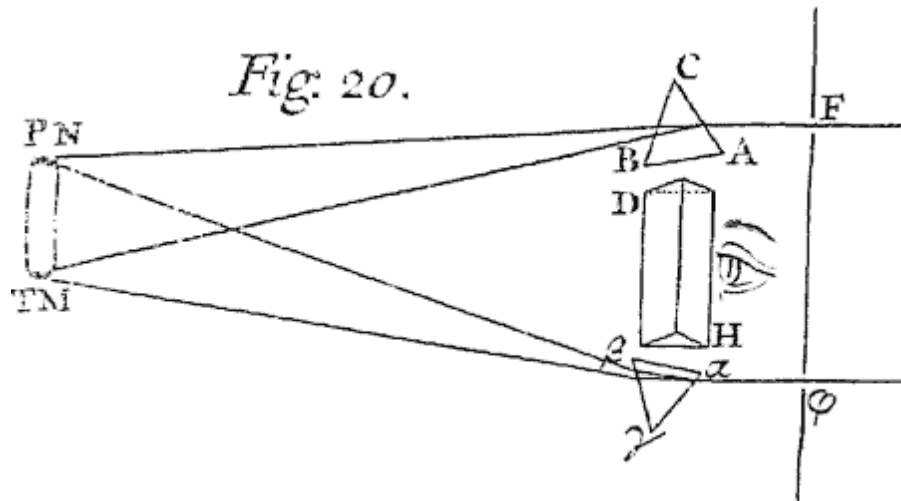
[Image 23] *Fig. 17.*

Fig. 17.

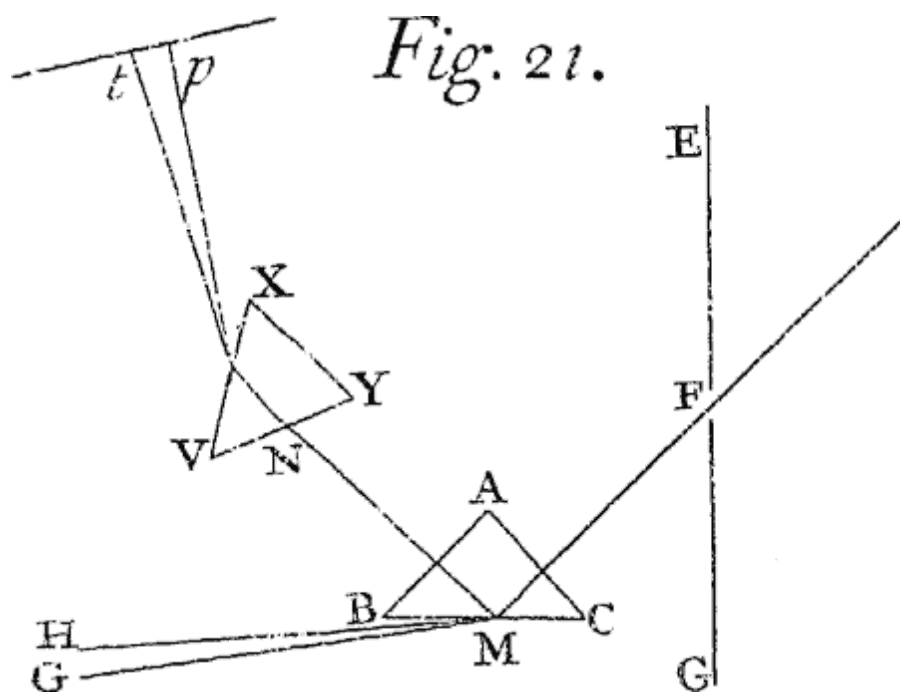


[Image 24] *Fig. 20.*

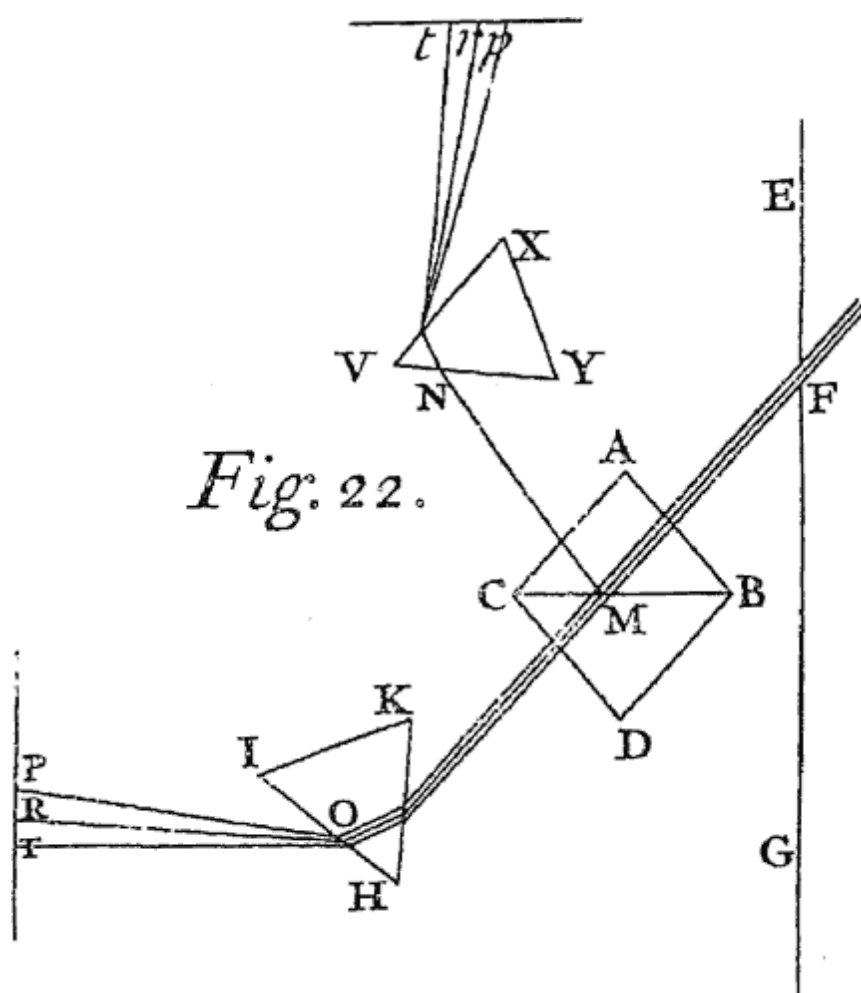
Fig. 20.



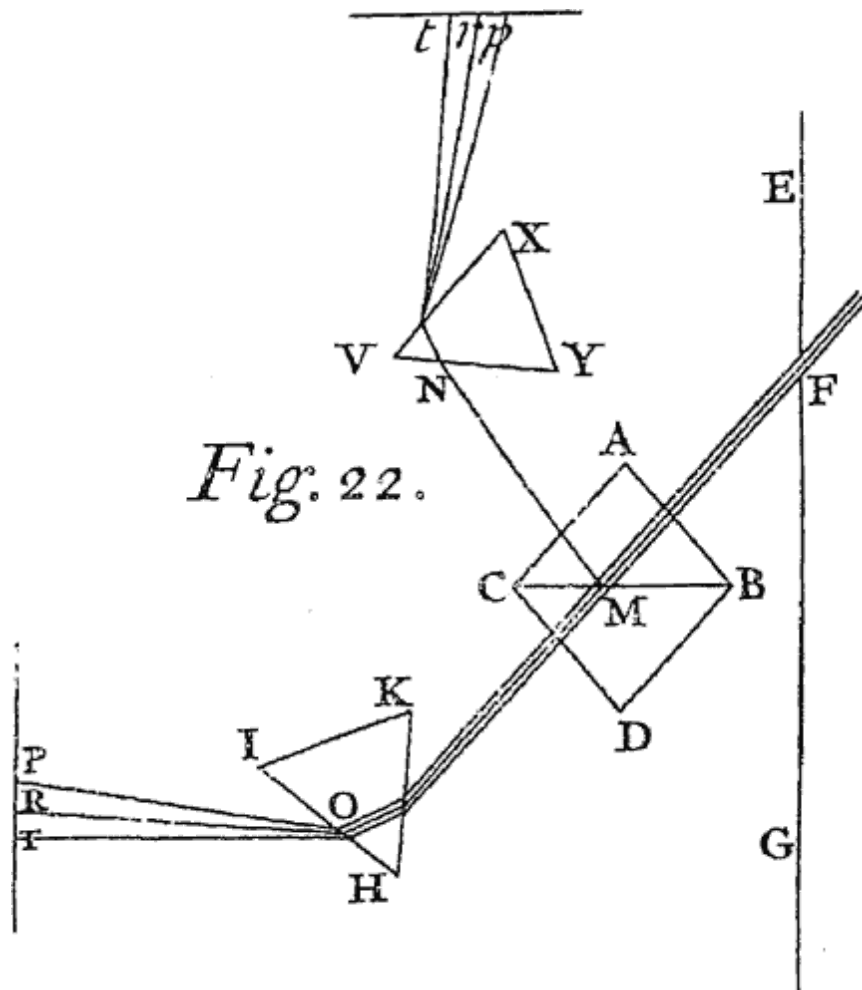
[Image 25] *Fig. 21.*



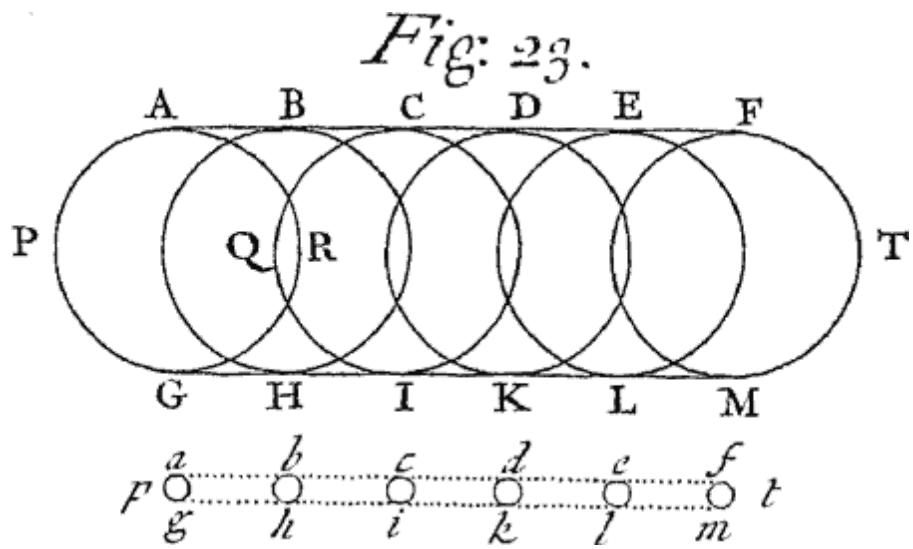
[Image 26] *Fig. 22.*



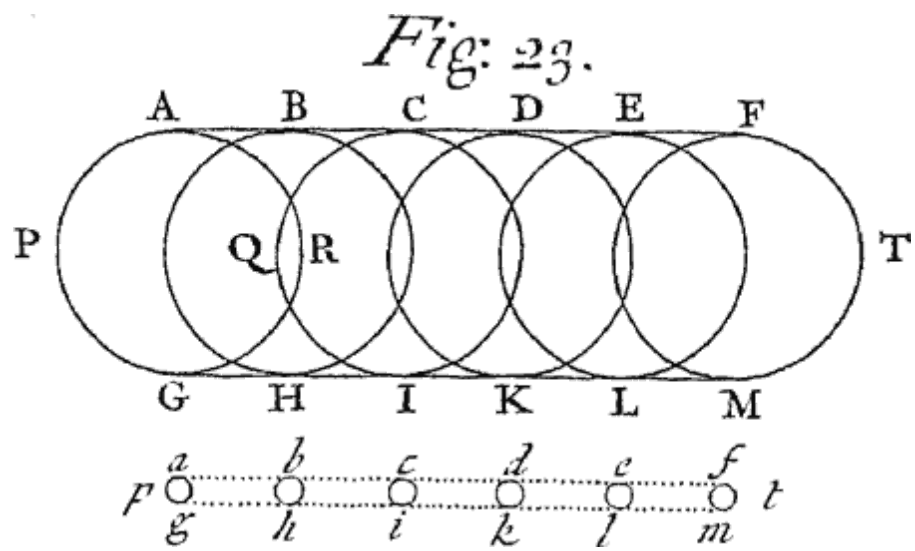
[Image 27] *Fig. 22.*



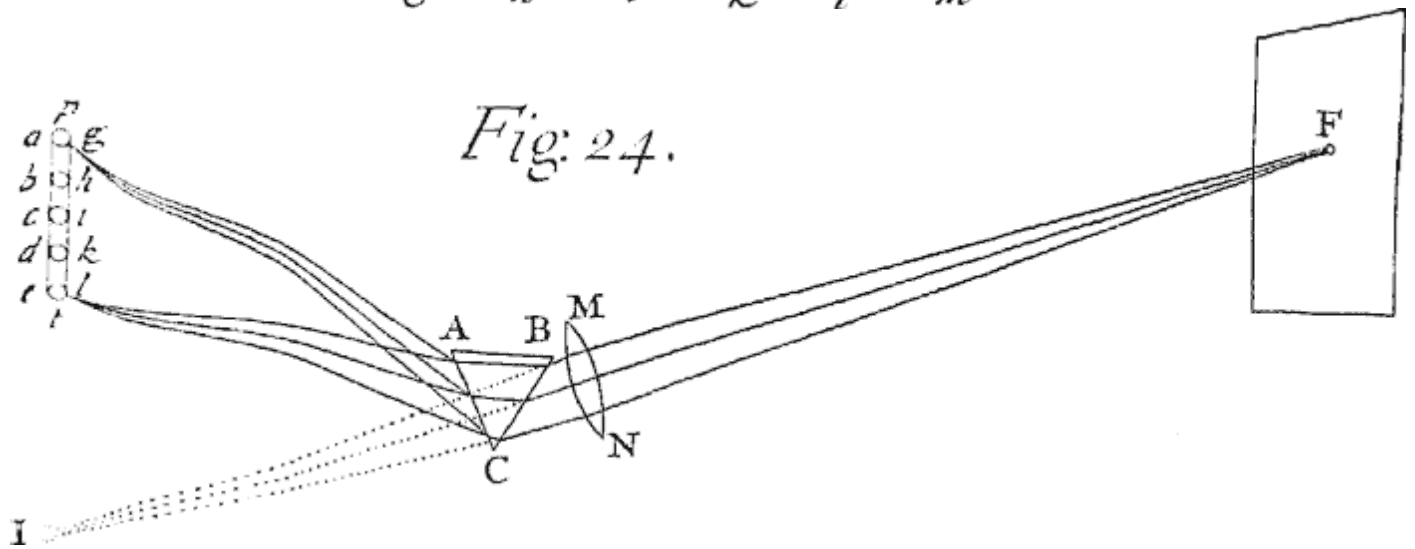
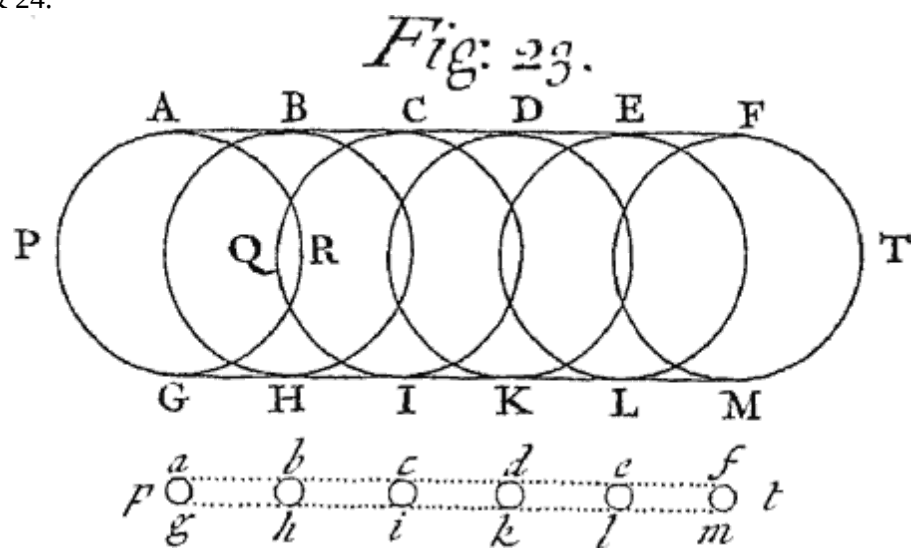
[Image 28] *Fig. 23.*



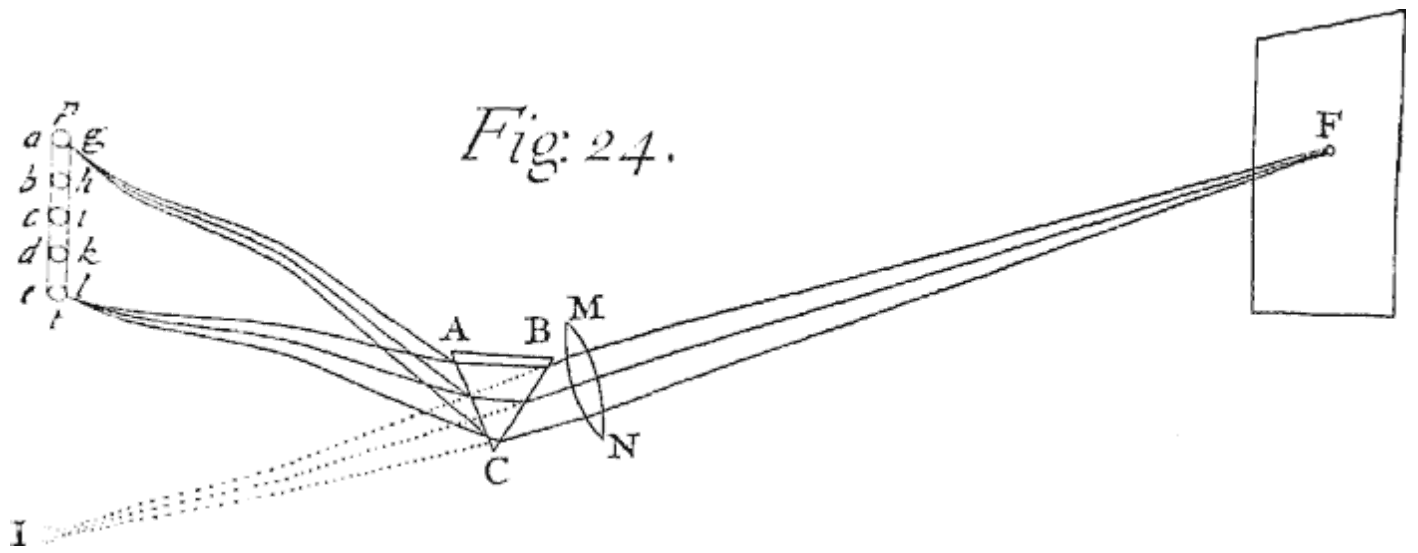
[Image 29] *Fig. 23.*



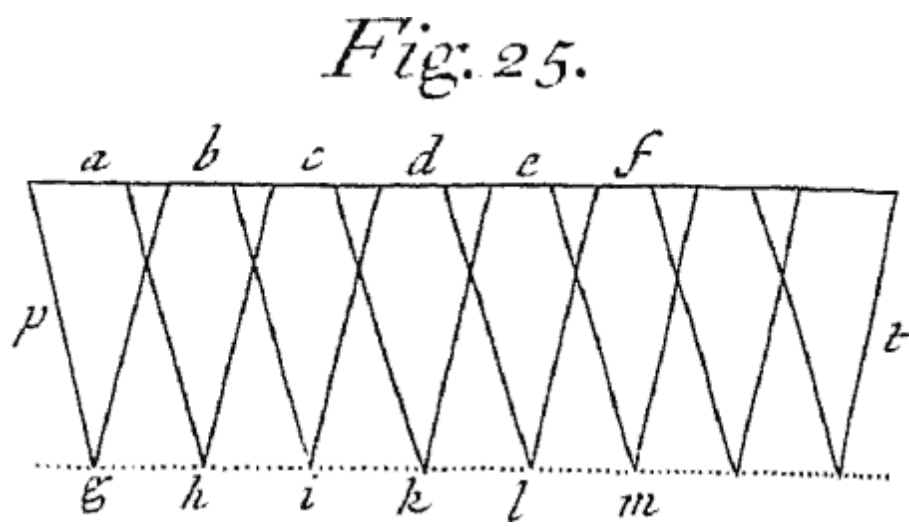
[Image 30] *Fig. 23 & 24.*



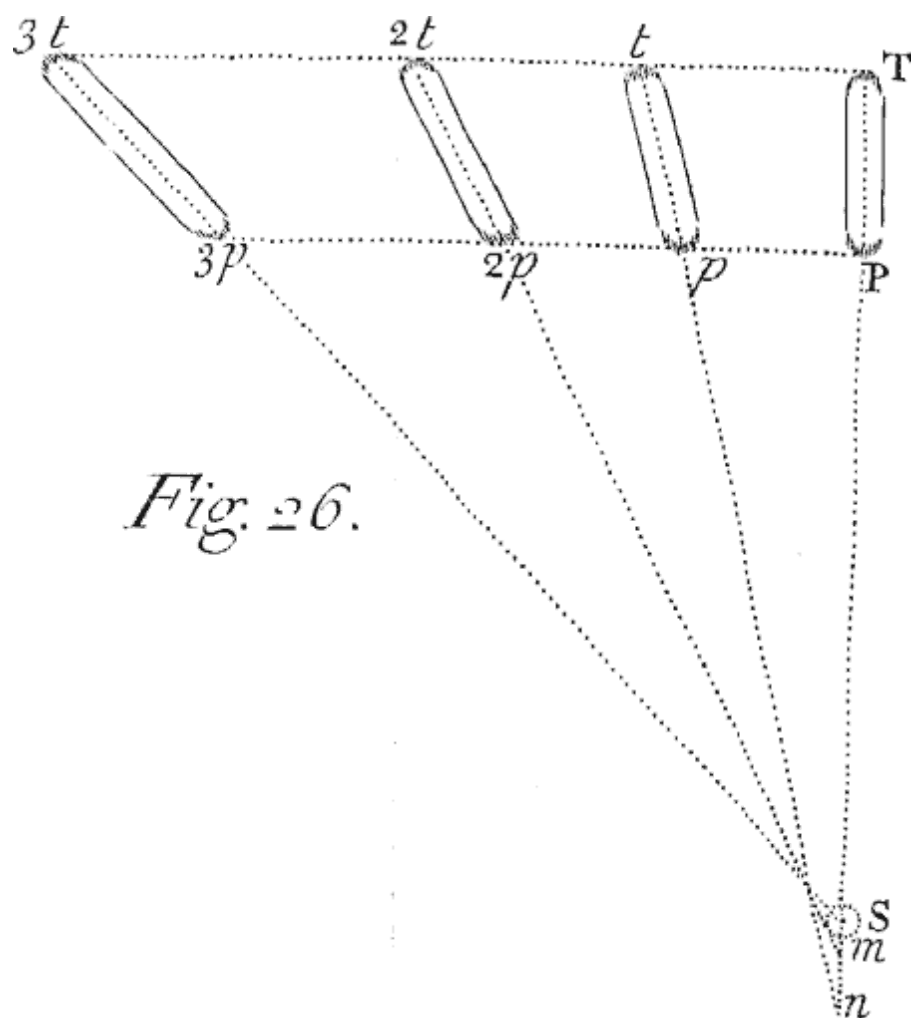
[Image 31] *Fig. 24.*



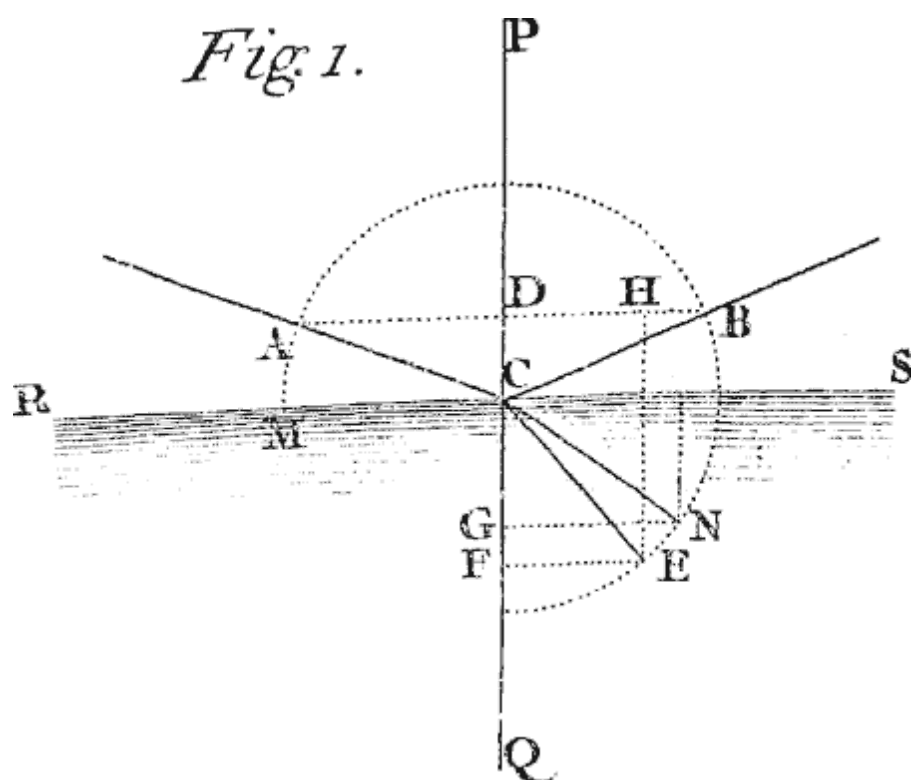
[Image 32] *Fig. 25.*



[Image 33] *Fig. 26.*

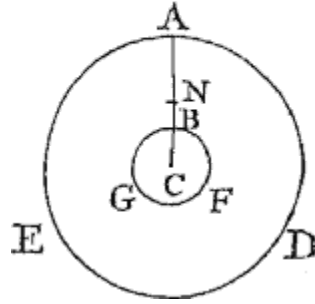


[Image 34] *Fig. 1.*



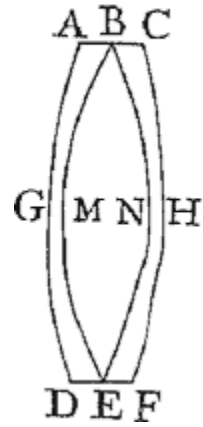
[Image 35] *Fig. 27.*

Fig. 27.



[Image 36] *Fig. 28.*

Fig. 28.



[Image 37] *Fig. 29.*

Fig. 29.

