

13. Prop. III. RADII AB EODEM PVNCTO G
PROCEDENTES NON POSSVNT REFLECTI A
DIVERSIS SPECVLI PLANI AB PVNCTIS
IN IDEM PVNCTVM D.

Demonst. Etenim ponamus, in idem punctum D concurrere. Quum sit $o = y$, et $o > x$ (ex elem. geom.), erit $y > x$. Deinde quum sit $x = u$, et $u > y$, erit x minor simulque maior quam y . Quod quum sit absurdum, patet, a speculo plano AB in idem punctum D radios ab eodem puncto G emanantes non posse reflecti. Igitur radii per reflexionem a speculo plano factam minime densiores fiunt, adeoque nec calorem solis intendunt in B.

14. Prop. IV. SI RADIUS KI IN SPECVLVM SPHAERICVM CAVVM EI INCIDERIT AXI AB PARALLELVS ITA, VT ARCVS BI INTER AXEM ET PVNCTVM INCIDENTIAE I INTERCEPTVS FVERIT 60° , RADIUS REFLEXVS IB CVM AXE AB CONCVRRIT IN B.

Demonst. Ducatur a centro C ad punctum incidentiae I radius CI. Quoniam $BI = 60^\circ$, erit angulus $i = 60^\circ$, et quia KI est axi AB parallela, erit etiam angulus incidentiae $m = 60^\circ$, atque etiam angulus

reflexionis $n = 60^\circ$. Adeoque in triangulo Fig. CBI anguli i et n sunt aequales, quod proinde erit isosceles (ex elem. geom.) et latus $CB = BI$. Igitur punctum B, in quo radius reflexus cum axe concurrat, est in ipsa speculi superficie. Aliter enim linea BI esset maior vel minor radio CB.

14. Prop. V. SI RADIUS HE IN SPECVLVM CONCAVVM SPHAERICVM EI INCIDERIT AXI AB PARALLELVS, ARCVSQVE EB INTER RADIVM INCIDENTEM ET AXEM INTERCEPTVS FVERIT 60° MINOR, RADIUS REFLEXVS EF CVM AXE AB CONCVRRIT AD DISTANTIAM BF QVARTA DIAMETRI PARTE MINOREM.

Demonst. Quoniam angulus $o = x$, et ob parallelas HE, AB angulus $o = y$, erit etiam $x = y$, adeoque triangulum ECF est isosceles, et latus $EF = CF$. Iam vero $EF + FC > CB$; igitur $CF > \frac{1}{2} CB$. Ac proinde punctum F distat a B minus quam dimidio radio CB, seu minus quam quarta diametri parte.

Coroll. Ex his principis pendent omnia speculorum sphaericorum phaenomena. Si radius incidens HE sit axi AB parallelus, hoc est, si obiectum ad distantiam infinitam sit constitutum, iam angulus HEC aequalis foret angulo CEF, et triangulum CEF esset

isosceles; quum duo illius anguli communem habeant mensuram nempe arcum *EB*. Id vero ad solares radios transferri potest, sunt enim quamproxime paralleli. Generatim autem quum radii lucis emanantes ex puncto *H* in speculis concavis prope punctum *F* colligantur; patet, cur specula illa sint *caustica* seu vim comburendi habeant, si tanta sit radiorum copia, ut aliquam coloris sensationem in nobis excitare valeant radii illi etiam directe emissi. Hinc factum est, ut punctum illud vel spatium, in quo radii colliguntur, *focus* appellari soleat. Ceterum evidens est, radiorum illorum vim pendere ex illorum densitate atque etiam qualitate.

Schol. 1. Radii solares in speculum incidentes tamquam physicae paralleli haberi solent. Id tamen verum non est accurate. Oporteret enim, solem omni diametro sensibili carere, tuncque propter immensam eius distantiam radii sub angulo fere nullo in speculi superficiem inciderent, ac proinde haberi possent tamquam paralleli. At diameter apprensus solis est circiter dimidii gradus. Quare radii ex disci solaris extremitatibus emanantes cadunt in superficiem speculi sub angulo gradus dimidii, ac proinde post reflectionem in eodem puncto non concurrunt, sed tota eiusdem anguli magnitudine ab eodem puncto aberrant. Atque huic causae etiam aliqua ex parte tribuendum est, quod

radiorum focus puncto non terminetur, sed aliquod spatium occupet.

Schol. II. Alias speculorum proprietates ex praecedentibus demonstrationibus facile colligendas praetermittimus. Sed silentio praeterire non licet praeclarissima experimenta, quae de radiis solaribus per specula plana collectis habuit vir clariss. D. de Bufon. Speculum adhibuit ex 168 speculis planis compositum. Illa autem specula tali artificio erant inter se connexa, ut facili manu in omnes partes converti possent. Rebus ita comparatis, solares radios speculis planis excipiebat, atque ita deinde dirigebat, ut singulorum radiorum directiones in eodem spatio coinciderent. Tantam vim atque efficaciam adquisiverunt collecti hoc modo radii, ut ad distantiam ducentorum pedum ex ligno flammam excitare potuerint. Haec autem experimenta aliquam fidem et auctoritatem conciliare possent speculo, quo Archimedes romanorum classem Syracusas obsidentium in flammam redegit fertur. De hoc speculo iam ab antiquissimis scriptoribus tradito satis occurrat mentionem fecerunt Zonaras et Tzetzes scriptores graeci, qui saeculo duodecimo florere. Illud vero speculum ita memorat Tzetzes, ut descripto speculo simillimum omnino sit. Sed quidquid sit de speculo Archimedis: certum omnino videtur, specula sphaerica tantam vim concipere non posse,

ut ad magnam distantiam comburere valeant. Re quidem vera si mediocris sit foci a speculo distantia, in spatium ita angustum rediguntur radii, ut comburendi vim retineant. At si maxime augeatur foci distantia, magis ac magis disperguntur radii, et debiliores fiunt. Praeterea quum sphaericitatis radius proposita distantia plusquam duplo maior esse debeat [*ex dem. prop. v.*]; speculum, quod ad tantam distantiam vim comburendi retineret, ingentis sphaerae segmentum esse oporteret. Porro humanam industriam superare videtur accurata, quae necessaria omnino est, ingentium sphaerarum conformatio. Vim comburendi habere specula elliptica et parabolica, patet ex iis, quae de sonorum propagatione demonstravimus. Verum si specula illa sint valde magna, illorum structura cadem laborat difficultate aliisque incommodis plurimis. Et re quidem vera clariss. Dufay haec specula in distantis etiam non valde magnis adhibuit et successu caruere. Quae quum ita sint, si archimedeo speculo credendum sit, scriptorum fide et physicae ratiocinationis auctoritate constat, speculum illud fuisse vitrum polygonum, eo, quem diximus, modo comparatum. Neque tamen sperandum est, ad distantiam quamlibet aucto speculorum numero vim comburendi propagari posse. Huic enim efficaciae sui sunt et quidem satis angusti limites. Est enim radiorum intensitas, cete-

ris paribus, in ratione reciproca duplicata distantiarum, ut demonstravimus in physica generali de virtute qualibet per radios ex puncto aliquo uniformiter diffusa. Praeterea huic intensitatis decremento iungi etiam debent variae reflexiones atque impedimenta plurima, quibus per longiorem atmosphaerae tractum obnoxii sunt radii. Sed quidquid sit de horum speculorum limitibus, certissimum est, ea esse posse utilitatis maximae praesertim in arte chemica.

ARTICVLVS III.

De lucis refractione.

De luminis reflexione et refractione nonnulla iam demonstravimus. Verum de physica reflexionis et refractionis causa disputant Cartesii Newtonique discipuli. Reflexionem luminis ita explicant cartesiani. Si lux incidat in corpus, cuius texturam permeare non possit, iam radii lucis regredi coguntur, non secus ac videmus, pilam parieti impactam retrorsum redire. Corpora, quae lucem reflectunt, *opaca* dicuntur, eaque ita contexta esse oportet, ut radiis lucis transitum per lineas rectas negent. At si corporum particulae ita sint commixtae, ut per istarum interstitia radii incis per lineas rectas magna copia transmitti possint, corpora illa dicun-

ture pellucida.) Refractionem hoc modo exponunt. Corpus omne, seclusis impedimentis, recta moveri pergeret in infinitum, ideoque radius omnis oblique cadens in superficiem corporis pellucidi recta pergeret, nisi quid obstaret. Itaque quo difficilius penetratur corpus, in quod radius incidit, eo magis a linea perpendiculari recedet radius, et contra. Hæc quidem breviter pronuntiabant veteres cartesiani, sed quid addiderint doctissimi cartesianæ hypotheseos reformatores, deinde explicabimus. Verum ab antiquis recentioribusque cartesianis differunt newtoniani. Reflexionem lucis non fieri in ipsa corporum superficie existimant, sed in minima a superficie distantia. Refractionem vero non tribuunt medii resistantiæ, sed vi attractivæ, quod qua ratione explicent, in sequenti conclusione exponemus.

CONCLUSIO.

REFLEXIONEM LUCIS IN MINIMIS A CONTACTU DISTANTIIS FIERI, REFRACTIONEM VERO VI ATTRACTIVÆ MEDII TRIBVENDAM ESSE, VIX IN DVBIVM REVOCARI POTEST.

Prob. I. pars. Si lux e vitro in aërem transmittatur, eadem vi reflectitur, ac si transeat ex aëre in vitrum, imo validius reflectitur, quam si transeat ex aëre in aquam.

Credibile non est, plures esse in aëre partes reflectentes, quam in aqua aut in vitro. Verum rem cartesianis concedamus, quamvis omni careat verisimilitudine. At qua ratione explicare poterunt validissimam reflexionem, quam lux patitur, si ex vitro transeat in vacuum boylianum? Si lux transiens ex vitro in aërem incidat sub inclinatione maiori quam 40° vel 41° , tota reflectitur; si inclinatione minor sit, magna ex parte transmittitur. Quis autem facile crediderit, radiis lucis sub certo inclinationis angulo plures in aëre poros occurrere, qui luci transitum præbeant, sub alia autem inclinatione nullos habere poros, qui transitum luci permittant. Id quidem intelligi vix potest, præsertim si observemus, lucem ex aëre in vitrum sub quocumque inclinationis angulo transeuntem magna ex parte transmitti, ipsique proinde per poros transitum patere. Tandem si lucis radii a solis corporum partibus reflectantur, certis legibus fieri nequaquam potest illorum e superficiebus etiam eximie lævigatis reflexio. Etenim quantumvis perpolita atque tersa sit corporum superficies, plurimis tamen eminet asperitatibus, quæ, si cum subtilissimis solaribus radiis conferantur, ingentium montium instar haberi debent. Itaque si radii lucis a solidis corporum partibus repellantur, incerta omnino lege reflecti atque dispergi debent ob variam superficieum asperitatem, quod contra-

rium est experimentis. At singula reflexionis phaenomena intelliguntur, si reflexionem in minimis a contactu distantis fieri cum newtonianis statuamus. Et re quidem ipsa corporum particulas in lucis radios ad minimam distantiam agere, experimento primus omnium demonstravit Grimaldus, et accuratius deinde confirmavit Newtonus. Lumen per angustissimum foramen in tenebrosum cubiculum intronmittatur, et lucis radio obiciatur tenuissimum corpus, quod ipsam radii latitudinem non excedat v. g. *pilum, filum vel acus*. Umbra corporis radio immersa amplior prolicietur et latior, quam utique esse deberet, si radii lucis corporis obiecti extremitates tangentes linea recta transirent. Umbra haec ternis inter se parallelis colorati luminis ordinibus seu fasciis fimbriata apparet, quae fimbriae in latitudinem sese laxare conspiciuntur ampliori facto foramine, et ita inter se miscentur, ut discerni amplius non possint. Newtonus lamellam plumbeam acicula pertusam

adhibuit, et foraminis diameter erat $\frac{1}{42}$ pol-

licis. Umbrae dilatatio accuratius discerni potest in maiori quam in minori a corpore distantia. Notum quippe est, umbram in maiori magis quam in minori distantia dilataris; in magnis autem longe facilius quam in parvis differentiae observantur. At ista um-

brae dilatatio deprehendi minime posset, si Fig. radii prope corporum superficies nullam ferrent repulsionem, sed in rectis lineis propagari pergerent. Itaque manifestum est, repulsionem aliquam pati radios a solidi atque opaci corporis superficie, iuxta quam incedunt. Hanc luminis proprietatem, qua fit, ut radii lucis corpus opacum radentes recta non pergant, sed a corporis superficie repellantur, *diffractionem lucis* appellant physici. Veram hanc proprietatem a reflexione et refractione non differre, in huius conclusionis progressu probabilissime ostendemus. Interim concludere licet: reflexio lucis non fit in solidis corporum particulis, si eam prope contactum aliquando fieri demonstrant accuratissima experimenta, eamque eodem modo semper contingere ostendant validissimae rationes; atqui ex modo adductis experimentis atque rationibus manifestum est, reflexionem interdum fieri prope contactum; ergo, reflexio lucis non in contactu, sed in minimis ab eo distantis fit.

Prob. 2. pars, quae quidem nulla alia validiori ratione evinci potest, quam si refractionis phaenomena secundum newtonianam doctrinam explicemus, eandemque explicationem cum hypothesi cartesianam comparemus. 15. Spatium *ABCD* duobus planis parallelis *AB*, *CD* terminatum repraesentet medium densius quod sit medio rariori *X* tum supra tum in-

fra comprehensum. *Rectae* ab, cd *repraesentent limites attractionis medii densioris, ad quos sphaerae attractionis pertingat.* Globulus lucis *g* in minima a medio *AB* distantia versus superficiem *AB* attrahetur. Iam ponamus, radium lucis *fg* perpendiculariter in superficiem *AB* incidere, evidens est, radii directionem in medio *ABCD* perpendicularem manere. Etenim attractiones laterales utpote aequales et contrariae sese mutuo elidunt. Quare sola superest attractio perpendicularis, quae cum perpendiculari motus directione conspirat. Illae igitur vires duae id solum praestare debent, ut nempe radius perpendiculariter moveri pergat, et motu accelerato transeat in *AB* ob medii densioris attractionem. Deinde autem in medio uniformi *ABCD* ob aequalem undequaque attractionem motu adquisito aequabiliter progredietur. Verum ubi radius emerget ex *CD*, vi attractiva medii *ABCD* retrahetur. Quare evidens est, radium lucis in medio inferiori eodem modo retardari, quo accelerabatur in medio superiori, ac proinde in medio inferiori *X* eadem movebitur velocitate, qua progrediebatur in medio superiori, antequam perveniret ad *AB*. Haec autem mediorum resistantiam non consideramus. Sermo enim est de globulis, qui per media interstitia libere transeunt; alii siquidem globuli intra medium reflectuntur vel absorbentur.

Simplicissimum directionis perpendicularis casum demonstravimus. Iam directionem obliquam expendamus. Sit directio obliqua *HG*, agatque vis attractiva medii in distantia *GP*. Considerari debent vires duae, una secundum directionem *HG* perpetuo eadem, altera vero secundum perpendicularem *GP* perpetuo variabilis. Ex hac virium compositione fit, ut globulus minimum describat curvae arcum *GI*, versus *IB* concavum ob motum acceleratum, non secus ac gravia oblique deorsum projecta describunt parabolam, quae concavitatem telluri obvertit. At ubi globulus pervenit in *I*, recta traiciet medium *Y*, secundum tangentem curvae antea descriptae, motuque uniformi pertinet ad *K*. Sed emergens ex *CD*, retrahetur vi attractiva ad medium *Y*. Quare rursus considerari debent vires duae, una secundum directionem tangentis perpetuo eadem, altera autem perpendicularis globuli motum retardans iisdem gradibus, quibus antea versus *AB* fuerat acceleratus, ac proinde globulus curvam *KL* priori similem et aequalem describet, sed situ contrario positam ob motus retardationem, non secus ac gravia sursum oblique projecta describunt parabolam, quae convexitatem telluri convertit. Tandem ubi globulus extra limites attractionis pervenit, secundum directionem tangentis moveri pergit, ut antea.

Ex hac explicatione facile intelligitur no-

tissima attractionis lex, qua fit, ut radii lucis ex medio rariori transeuntes in densius, accedant ad perpendicularem; contra autem recedant a perpendiculari, si transeant e medio densiori in rarius. Id quidem evidens est ex curvarum *GI* et *KL* contraria positione. At in hypothesisi cartesianâ intelligi non potest lex ista. Etenim si medii resistantiæ tribuenda sit luminis refractione, radius lucis transiens ex medio rariori in densius refringi debet recedendo a perpendiculari. Quod enim curva *GI* versus *IB* concavitatem obvertat, id fit ob velocitatis incrementum secundum directionem perpendicularem *GP*. At in hypothesisi cartesianâ velocitas perpendicularis semper decrescit. Etenim etiamsi fingamus, minorem esse resistantiam in medio densiori quam in rariori, v. g. in aqua aut vitro, quam in aëre, quod absurdum videtur; si tamen radius transeat ex medio, quod magis resistit, in aliud, quod resistit minus, aliquam licet minorem patietur motus retardationem; ac proinde non intelligitur, qua ratione radius ad perpendicularem accedat.

Praeterea si refractionis causa sit medii resistantia, radius magno refractionum numero vexatus, non solum velocitatis suae partem aliquam amittet, sed et totam poterit amittere non secus ac corpori solido medium fluidum traicienti contingit. Id vero experimentis contrarium omnino est. Re quidem

ipsa debilius exit radius diversa permeans media, sed illam lucis iacturam inde oriri putandum est, quod partes aliquae intercipientur, aut intra medium reflectantur. Ceterum aliae omnes particulae, quae e medio emergunt, totam primitivam retinent velocitatem. Et quidem accuratissimis experimentis compertum est, lucis radium per diversa media utcumque refractum eandem subire refractionis legem ita, ut constans semper maneat ratio sinuum incidentiae et refractionis. At si refractionis causa sit medii resistantia, iam mutata radii velocitate incertis omnino legibus, ipsam quoque curvarum *GI*, *KL* naturam et positionem mutari necessum est, ac proinde sine ulla constanti lege variabilis foret radii incidentis et refracti positio.

Ex iis, quae hactenus explicavimus, admiranda facilitate intelligitur, qua de causa refractione in reflexionem mutari numquam possit, si radius ex medio rariori in densius transeat; contra autem si transitus fiat ex medio densiori in rarius sub certa inclinatione, refractione abeat in reflexionem. Primus casus statim patet. Etenim quaecumque sit radii inclinatio, vis attractiva medii densioris efficere debet, ut radius ad ipsius medii superficiem citius perveniat, et sub minori inclinatione medium penetret, ut patet; quum radius refractus accedat ad perpendicularem. Iam ponamus, radium *IK* ex medio densio-

ri in rarius incidere sub inclinatione satis magna evidens est, radium vi attractiva medii densioris retrahi versus CD . At talis esse potest radii in K inclinatio, ut composita cum vi attractiva versus CD , abeat in directionem Im , plano CD parallelam, antequam radius extra medii densioris attractionem excurrat. Quare radius regredietur per curvam mo , priori LKi similem et aequalem, eritque inclinatio OnC inclinationi priori iKD aequalis, ideoque in hoc casu accurata fit reflexio. Nec minori felicitati explicantur difficilima alia lucis phaenomena, quae aliam quamlibet hypothesim videntur respuere. Sed de his deinde, ubi occurret locus, sermonem habebimus. Interim concludemus: vix in dubium vocari potest illa refractionis causa, quae naturae legibus consentanea est, lucisque phaenomenis accurate satisfacit; atqui talis est vis attractiva medii; ergo ea haberi debet, tamquam genuina refractionis causa.

SOLVUNTVR OBJECTIONES.

Obiect. 1. adversus utramque partem. Lex analogiae praescribit, similibus effectuum eandem adferendas esse causas; at corporum solidorum lucisque reflexio sunt effectus omnino similes; ergo lucis reflexio est immediato superficiei reflectentis contactu pendere videtur. Resp. dist. mai., si effectus ita similes

sint, ut omnia sint paria accurate, C. mai., secus, N. mai. et cons. Itaque inter magna corpora et subtilissima lucis corpuscula institui non potest accurata comparatio. Quod quidem ex demonstratis de vi attractiva manifestum omnino est, quum longe alia esse debeat magnorum corporum minimarumque particularum attractio mutua. Praeterea similes non esse effectus illos, demonstrat plurima lucis phaenomena. Sed satis sit demonstratum refractionis lucis exemplum, quae aliquando mutatur in reflexionem; id vero corporibus solidis non contingit. Diversam utriusque reflexionis causam postulant experimenta. Et quidem si corpus ab aliquo plano reflectatur, angulus reflexionis angulo incidentiae aequalis esse non potest, nisi corpus elasticitate donatum, et praeterea planum reflectens perfecte laevigatum esse oportet; quae quidem omnia ex demonstratis in physica generali reflexionum legibus facile colliguntur. Attamen radii lucis ita reflecti observantur in speculis, ut angulorum reflexionis et incidentiae aequalitas tamquam accuratissimum experientiae principium habeatur. At speculorum superficies quamvis laevigatissima videatur, debet tamen esse admodum scabra et irregularis. Et quidem ad perpolianda vitra adhiberi solent pulvisculi, quorum profecto particulae radiis luminis longe crassiores inducere debent

sulcos monticulosque plurimos, a quibus lumen omne quaquaversum admodum irregulariter, ut a scabro pariete, reflecteretur. Tandem si analogiae legem heic quoque velint nonnulli physici, aliquo modo in utraque reflexionum specie valere potest; ut patebit ex sequenti obiectione.

Obiect. 2. Omni carent verisimilitudine oppositae illae leges, quibus fit, ut radii lucis in certis casibus refringantur, in aliis autem repellantur. ; Ecquis sibi facile persuadebit, mediolorum superficies ita variabili lege *in distans* agere, ut radios lucis modo admittant, ut fit in refractione, modo autem repellant, ut fit in reflexione? Id saltem postularet analogia naturae, ut ad certos usque limites vigeret attractio, quae deinde mutaretur in repulsionem; hanc scilicet attractionis et repulsionis varietatem operante fluido aliquo, pro diversa corporum reflectentium et refringentium natura. His positis sic argumentantur aliqui. Commenticiis viribus, quae agunt *in distans*, et modo attrahunt, modo repellunt, anteponenda est hypothesis, quae universalibus naturae legibus magis est consentanea; atqui universalibus naturae legibus magis consentanea est hypothesis statuens atmosphaeram materiae subtilis circa superficiem corporis reflectentis vel refringentis, ergo huiusmodi cartesianorum hypothesis tamquam simplicior admitti debet. Resp. C. mai. et *permitto* mi-

norem. Nostram conclusionem directe non petit haec obiectione. Tamquam probabilissimum quidem et fere demonstratum habemus, reflexionem lucis fieri in minimis a corpore reflectente distantis; non tamen omnino negamus elasticas, licet sensibus minime conspicuas, atmosphaeras circa ipsam corporum superficiem dispersas. Hanc hypothese ingeniosissime quidem excogitarunt recentiores cartesiani systematis reformatores. Rem ita explicant. Fingamus, dispersam esse circa vitri superficiem subtilissimam atmosphaeram, quae radio lucis occurrat; haec autem atmosphaera licet subtilissima, crassior tamen erit, si conferatur cum luminis tenuitate. Ponamus deinde, atmosphaeram illam non esse medium uniforme, sed diversam habere densitatem. Radius oblique in atmosphaeram incurrens curvam minimam describit non secus ac in attractionis hypothese. Nam vis huius fluidi radium ad ipsam corporum superficiem impellentis gerit vices attractionis, non secus ac vis centrifuga materiae subtilis gravia deorsum trudit. Quare res perinde se habet, sive attractionem sive atmosphaeram impellentem admittamus. Eadem plane ratione intelligitur, reflexionem fieri posse in ipsis atmosphaerae particulis; ac proinde ficticium esse attractionis principium, aut saltem minime necessarium, aiunt cartesiani. Fatendum quidem est, ignotum illud fluidum, cu-

ius leges pro arbitrio fingi atque refringi possunt, nulla fortasse severa et geometrica demonstratione refelli posse. Observavimus tamen, radii oblique incidentis velocitatem in velocitates duas resolvendam esse, unam scilicet perpendicularem et perpetuo variabilem, alteram vero constantem secundum directionem parallelam. At si radius vi atmosphaerae refringatur, huius atmosphaerae fluidum resisteret quoque secundum directionem parallelam. Sed quidquid sit, attractionem et repulsionem velut phaenomena consideramus, Doctissimos quidem variarum hypotheseon auctores impense veneramus, sed propositus harum institutionum scopus difficiles causas investigare non patitur. Satis erit observare, reflexionis et refractionis phaenomena tribuenda esse eidem potentiae, quae pro diversis circumstantiis diversimode agit, quaecumque sit potentia illa. Etenim si radii lucis ex vitro in aërem exeant sub tali inclinatione, ut refringantur, aucta autem inclinatione reflectantur; eadem omnino vi refractionem et reflexionem produci demonstravimus. Cum praesenti conclusione coniuncta sunt alia phaenomena plurima, quae in sequentibus articulis opportunius explicabuntur.

DE DIOPTRICA.

Postquam reflexionis et refractionis cau-

sam physicam investigavimus, singulares causas explorare debemus, qui obtinent, dum radii refringuntur in lentibus vitreis. Vocantur autem lentes segmenta spherica, quae repraesentantur fig. 19. 21. 22. 23.

Prop. I. SI RADII PARALLELI AB, CD IN SUPERFICIEM PLANAM BD MEDII 17. DIVERSAE DENSITATIS INCIDERINT, POST REFRACTIONEM PERGENT INCEDERE PARALLELI.

Demons. Si medium sit densius, ferentur radii incidentes AB, CD per vias BE, DF; si autem medium sit rarius, progredientur per BG, DH, Vtrobique enim radii incidentes AB, CD aequalem refractionem patiuntur, adeoque angulus ZDF = ZBE, vel angulus RBG = RDH. Ergo in utroque casu radii refracti BE, DF, et BG, DH sunt paralleli (ex elem. geom.). Quapropter si vitrum utrimque planum soli directe opponatur, lux vitrum pervadens eadem via propagatur, atque si illud abfuisset. Si autem vitrum oblique soli obvertatur, luminis refracti eadem manebit intensitas.

Prop. II. SI RADIUS DE AXI FA PARALLELVS IN MEDIVM SPHAERICVM DENSIVSQUE INCIDERIT; POST SIMPLICEM 18.

Fig. REFRACTIONEM CVM EODEM AXE VLTRA
CENTRVM C CONCVRRIT IN F.

Demonst. Ex centro C ducatur ad punctum incidentiae E semidiameter CE, quae quum sit ad superficiem KBL perpendicularis, erit axis refractionis. Igitur radius incidens DE refringetur ad eum accedendo ita, ut tandem cum ipso axe sphaerae AF concurrat. Hic autem concursus fieri debet ultra centrum C in puncto F, quia angulus refractionis FEH minor esse debet angulo incidentiae DEG, seu CEH.

19. Coroll. Si radius KI axi EG parallelus in lentem plano-convexam AHBD inciderit; post duplicem refractionem cum ipso axe concurrat. Etenim vi primae refractionis in I ex aëre in vitrum, radius incidens declinabit versus IG; vi autem secundae refractionis in L ex vitro in aërem radii incidentes paralleli manebunt, quum sit refractionis in superficie planam AB (prop. i.). Adeoque radii incidentes cum eodem axe concurrent in puncto F.

20. Prop. III. SI RADIUS HE AXI PARALLELVS INCIDERIT IN SUPERFICIEM SPHAERICAM CAVAM KBL MEDII RARIORIS; RADIUS REFRACTVS EF CVM IP SO AXE FA CONCVRRIT IN PUNCTO F.

Demonst. Ducatur etiam semidiameter Fig. CE ad punctum incidentiae E, et erit illa axis refractionis. Quum refractionis sit in nostro casu a perpendiculari recedendo, radius incidens HE a via sua deflectet recedendo a perpendiculari CG, viamque EF tenebit, qua cum axe AF tandem concurrat in puncto F.

Coroll. i. Si radius HI axi DG parallelus incidat in lentem utrimque convexam: 21. post duplicem refractionem eidem axi occurrat in puncto F. Nam ex duabus refractionibus prima, quae fit in puncto I, est a medio rariore in segmentum sphaericam AEB medii densioris, adeoque declinabit radius versus IL (prop. ii.). In altera refractione, quae fit in puncto L, fit transitus radii IL a medio densiore in superficiem cavam medii rarioris, quod est aër superficiem AKB circumambiens; proinde radius IL deflectet versus F (prop. iii.).

Coroll. ii. Quum ope lentium plano-convexarum, convexo-convexarum, vel sphaerae pellucidae radii solares paralleli incidentes in axe earum colligantur; mirum esse non debet, quod illorum calor plurimum intendatur, atque quod ope harum lentium, quae causticae appellantur, corpora plurima liquefiant, perinde atque si copiosiori igni fuissent exposita. Nec refert, quod huiusmodi lentes causticae ex glacie

Fig. parentur, vel ex bulla vitrea aqua repleta, quum vis caustica non a materia, sed a lentium convexitate pendeat.

18. Prop. iv. SI RADIUS HE AXI PARALLELVS INCIDAT IN SUPERFICIEM SPHAERICAM CONCAVAM MEDII DENSIORIS; RADIUS REFRACTVS EN DISPERGETVR AB AXE AF, ITA TAMEN VT FOCUS IMAGINARIVS F EXSISTAT VLTRA CENTRVM C.

Demonst. Quum semidiameter CE sit superficiei KBL perpendicularis, erit ea axis refractionis. Quare radius refractus EN ad eum accedet versus G, quod fieri nequit, quin ab axe AF recedat. Porro angulus refractus NEG minor esse debet angulo incidentiae CEH seu DEG, adeoque punctum F seu focus imaginarius ultra centrum C cadere debet.

20. Prop. v. SI RADIUS DE AXI FA PARALLELVS EX MEDIO DENSIORI INCIDAT IN SUPERFICIEM CONVEXAM MEDII RARIORIS BEK; RADIUS REFRACTVS EN AB AXE DIVERGIT, ITA TAMEN VT PUNCTVM F SEV FOCUS IMAGINARIVS SIT EXTRA SUPERFICIEM KBL.

Demonst. Sit CG axis refractionis. Quum refractionis sit a perpendiculari, radius inci-

dens DE a semidiametro CE deflectet, recedendo versus EN. Quare recedet etiam ab axe FA. Iam vero angulus refractus CEN maior esse debet angulo incidentiae DEG seu CEH, adeoque radius refractus EN productus concurrere debet cum axe FA.

Coroll. i. Si radii paralleli HI incidant in lentem plano-concavam KL, post duas refractiones dispergentur, et recedendo ab axe per EN. Etenim si radius HI axi FC parallelus incidit, erit perpendicularis in superficiem lentis planam, adeoque ex puncto I irrefractus pertransibit usque ad E (prop. i.). At vero refractionis in E fit e medio densiori in superficiem sphaericam convexam mediū rarioris, quod est aër. Quare in eo casu radius refractus EN ab axe FC divergit (prop. v.).

Coroll. ii. Si radii AE axi FP paralleli incidant in lentem concavo-concavam EBID; post duas refractiones in punctis E et D dispergentur, atque ab axe recedent versus N. Nam in prima refractione, quae fit in E, transitus est e medio rariori in superficiem cavam sphaericam mediū densioris, ideoque radius refractus ED ab axe FP recedet (prop. iv.) In secunda refractione in puncto D refractionis fit e medio densiori in superficiem convexam mediū rarioris, quod est aër; ideoque radius refractus ED magis diverget ab axe FP recedendo versus N (prop. v.).

Fig. Coroll. III. *Effectus itaque lencium plano concavarum vel concavo-concavarum est omnino oppositus effectui lencium convexarum. Illarum enim ope radii solares, qui ad sensum paralleli insidunt, disperguntur, ideoque lumen solare per lentes concavas debilitatur.*

ARTICVLVS IV.

De visione.

I.

Fx precedentibus articulis totum pendet visionis artificium. Sed ipsum visionis organum, quantum nostri est instituti, breviter describemus. Oculi figura fere est sphaerica ^{24.} *adda*, pars tamen anterior *dd* est papillulum maxis convexa, et tunica *cornea* vocatur, ubi pellucida est; reliquum autem oculi integumentum *aa*, quoad opacum est, dicitur *sclerotica*. Pars scleroticae anterior *aa*, quae corneae adiacet, tegitur tenui membrana, quae vocatur *adnata*, et efficit *album oculi*. Adnata tegit quoque corneam, sed ita tenuis ibi est, ut difficile distinguatur. Ab anteriori parte cum cornea iuxta circumferentiam cohaeret tunica *ee*, *uvea* dicta, quae plana est, et in medio foramen *g* habet, quod appellatur *pupilla*. *Uvea* constat ex fibris circularibus concentricis ad angulos rectos per fi-

bras longitudinales ad centrum tendentes intersectis. Fibras illas musculosas esse, a nemine hactenus demonstratum est. Immo peritissimus anatomicus Ruyschius, qui circa oculi structuram diligentius versatus est, fibras istas, maximam partem, vasa esse ostendit, atque celeberrimus vir D. Du Verhei oculum ceti diligentissime contemplatus, easdem ^{pericard.} fibras ex musculorum numero reiiciendas esse iudicavit. In medio oculi magis tamen versus partem anteriorem positum est corpus molle, pellucidum, lenti convexae simile *f*, cuius superficies posterior anteriorem convexitate superat: vocatur *humor crystallinus*. Axis huius cum oculi axe per centra pupillae et bulbi oculi transeunte coincidit. Sustinetur crystallinus humor filis *hh*, quae in singulis punctis circumferentiae huius cohaerent, et interiori parte oculi adnectuntur iuxta circumferentiam corneae, in formam arcus inflectuntur, et muscoli creduntur, atque *ligamenta ciliaria* nominantur. Haec inter se iunguntur, et cum crystallino separationem in oculo efficiunt, huncque in duas cavitates seu *cameras g* et *h*, ut dicunt, unam anteriorem, alteram posteriorem dividunt. Anterior cavitas *g* repletur fluido aquae similimo, quod dicitur *humor aqueus*. Cavitas posterior *h* repletur humore pellucido eiusdem circiter densitatis cum humore aqueo, sed minoris fluiditatis: *humor vitreus* vocatur.

Superficies posterior et interior oculi tegitur tunica *bb*, *choroides* dicta, fusco colore tincta. Hanc igitur tegit membrana tenuissima *cc*, cui nomen *retinae* datur. *Nervus opticus* ad posteriorem bulbi oculi partem paullulum ad latus huic inseritur, et ita cum oculo iungitur, ut exterius nervi integumentum cum sclerotica cohaereat, et sequens cum choroide. Fibrae autem, ex quibus retina constat, concurrunt et medullam nervi constituunt. Oculus in capite movetur variis musculis cum sclerotica cohaerentibus. De his vero dicere, iuris nostri non est. Consideramus enim oculi structuram dumtaxat, quantum ad luminis motum pertinet.

II. His praemissis, iam intelligitur admirandum visionis artificium. Radii luminis a superficie corporum vel prope superficiem reflexi, corneam primum permeant, tum in aqueum humorem incidentes, ii, qui oblique cadunt, tali ratione refringi debent, ut viciniore, quam antea, fiant; transeunt enim ex medio rariori in densius, nempe ex aëre in aquam. Deinde pupillam subeunt, atque intra crystallinum humorem, qui densior est aqueo, interum refracti magis ad se invicem accedunt. Tandem in vitreum humorem incidunt, atque denuo refracti magis convergunt. Radii quidem ex humore crystallino in vitreum minus densum transeuntes a perpendiculari recedunt (*prop. III.*). Sed ob *len-*

ticularum crystallini figuram contingit, ut Fig. radii a perpendicularibus recedentes sibi ipsis viciniore fiant, quod quidem patet ex iis, quae demonstravimus de refractione duplici per vitra utrimque convexa (*prop. III. art. praeced.*). Itaque radii in humorum traiectu has refractiones passi, in retina coeunt: hanc concutiunt: nervi optici filamenta movent, ac tandem motus ad cerebrum propagatur.

Vt autem tota res in meliori lumine collocetur, ponamus, ex singulis superficiei alicuius punctis *A, B, C* emanare undequaque lucis radios. Iam superficiei punctum quodlibet *A, B, C* considerari poterit tamquam vertex conii, cuius basis est ipsa pupilla *ei*, tum radii refracti alium generant conum priori oppositum, cuius basis quoque est pupilla, vertex autem est in oculi fundo in punctis *Y, O, X*, in quibus scilicet radiorum ex aliquo puncto emanantium concursus eiusdem puncti imaginem repraesentat. Illi autem duo conii, si punctum visibile *B* e regione oculi sit, habent axem communem *Bo*, quem velut lineam rectam considerare licet. Nam in hoc casu vix attendi debet refractione, quam radii in crystallino subeunt, tum in ingressu tum in egressu. Itaque fingi potest, singulos radios utrumque praedictum conum formantes cum ipso axe communi confundi. Ac proinde quodlibet superficiei alicuius punctum distinguitur eo, quod eiusdem

puncti imaginem ad fundum oculi transmittat radius per centrum pupillae transiens. His positis, si punctum obiecti sit in ipso magnitudinis visibilis centro, puta *B*, aliud eiusdem superficiei punctum *C* ad dexteram positum, sui ipsius imaginem in oculum emittet per radios *CE*, *CF*, qui priores radios in pupilla intersecabunt. Quare imago *Y* ad sinistram imaginis *O* iacebit, ac proinde imagines illae pingentur situ inverso, si cum punctorum *B*, *C* positione conferantur. * Itaque quum radiorum ex quolibet puncto emanantium fasciculus sive conus ad simplicem radium per axem reduci possit; tota obiecti superficies ad oculum relata potest etiam haberi tamquam pyramidis lucidae basis, cuius pyramidis vertex est ipsum pupillae centrum; radii autem, qui hanc formant pyramidem in oculi fundum producti, aliam generant pyramidem oppositam ipso organi fundo comprehensam, cuius proinde basis est tota obiecti imago *IOX*, quae cum suis coloribus depicta in retina praesentis obiecti

* Non tamen radii omnes corneam et ingressi, pupillam subeunt, uti *Bs*, *Be*, qui ab uvea reflectuntur versus *t* et *g*. Neque omnes, qui pupillam subeunt, ad crystallinum pertingunt, uti *Mm*, *Kk*. Hi omnes radii ad visionem nihil conferunt; quin potius officiant.

sensationem in nobis excitat. Quodnam uero sit primum visionis organum, an sit retina, an chorois, disputant aliqui physiologi. Quae quidem quaestio videtur omnino superflua. Singulae enim organi partes pro suo officio ad distinctam visionem conferunt. Verum quum retina ex medulosa nervi optici portione componatur, huic parti tribuenda sunt praecipua visionis munera. Neque ad physicos pertinet definire, quo artificio pupilla dilatetur et contrahatur. Indubitatum quidem est, pupillam non eiusdem semper diametri apparere, sed nimia illabente lucis copia contrahi, et contra dilatari. Hunc reciprocum pupillae motum fibris muscularibus tribuunt aliqui. Sed rem alio modo explicant alii. De pupillae contractione et dilatatione tentamen proposuit vir claris. Weibrechtius in commentariis petropolitans tom. 3. At his relictis, oculorum vitia illorumque remedia, quod quidem physicorum iuris est, exponemus.

III. Quae hactenus dicta sunt, egregie confirmantur exemplo camerae obscurae. Si in ea foramen aperiatur, cui aptetur lens vitrea convexa; experientia constat, externarum rerum imagines interius depingi in tabula illas excipiente ad eam distantiam qua lucis radii a singulis obiecti punctis profecti et per lentem refracti tandem coeunt. Ultra citraque hanc distantiam confusa est