

beret color albus, quod repugnat phaenomenis. His positis sic concluditur: admittenda non est illa diversa refrangibilitas, quae nulla hypothese potest explicari; atqui diversa radiorum refrangibilitas nulla hypothese explicari potest; ergo admittenda non est. Resp. neg. mai. et min. Vbi factum aliquod certissime constat, non ideo negandum est, quia nos latet facti ratio. Neque eos imitari volumus audaciores viros, philosophorum nomine plane indignos, qui omnia explicare tentant, et quos pudet in difficilioribus etiam quaestionibus suam, silentio saltem, fateri ignorantiam. Verum quod spectat ad refrangibilitatis causam, eam tribui aperte non repugnat diversae radiorum massae et naturae ita, ut diversa evadat attractio, ac proinde refractione. Sed diversam refrangibilitatem diversae radiorum velocitati tribuendum esse, longe probabilius est. Illi enim radii, qui maiorem habent velocitatem, magis resistunt vi refringenti, et contra facilius cedunt, qui minori donantur velocitate. Nec valet proposita difficultas de colorum separatione in eclipsibus minime conspicua. Etenim quum planeta observari non possit, nisi pars eius aliqua ex umbra emergerit, fieri potest, ut tempore, quo pars illa ex umbra emerit, radii omnes ad oculos iam pervenerint. Ex data radiorum refrangibilitate velocitatum rationem in hac hypothese determinant geometrae, atque

velocitatis differentiam in radiis rubris et vio-

laceis inveniunt $\frac{1}{41}$ circiter. Quae differentia,

si transferatur ad satellitum iovialium eclipses, ad minuti unius intervallum reducitur inter radiorum rubrorum et violaceorum appulsus ad oculos. Iam vero si conferamus temporis differentiam, quae ex ipsa organi constitutione inter duos observatores oritur; manifestum erit, fieri omnino posse, ut satelles non fiat conspicuus, nisi post radiorum omnium appulsus ad oculos. Praeterea unico temporis puncto haec colorum separatio permanet, radiique minus refrangibiles ita citissime, eum aliis proxime magis refrangibilibus miscentur, ut acutissimo quidem oculo discerni non possint colores separati. Quae quum ita sint, patet, diversae radiorum refrangibilitati satisfacere posse diversam eorundem velocitatem. Neque repugnat, radios inter se differre tum massa tum velocitate.

Ad praesentem doctrinam pertinent difficillima crystalli islandicae phaenomena. Est crystallus islandica lapis pellucidus et fissilis, figuram habet certam et constantem, quae est fere parallelepipedum obliquum lateribus sex parallelogrammum, et octo angulis solidis terminatum. Porro illud est in crystallo islandicae mirabile, quod radius quilibet in hanc crystallum incidens duplicem patiatur refractione-

nem. Si enim huius lapidis frustum libro typis impresso imponatur, litterae singulae trans crystallum istam gemina refractione videntur binae. Praeterea si luminis radius in quamlibet crystalli islandicae superficiem incidat, vel ad perpendicularum vel sub quovis angulo obliquo, confestim is dividitur per geminam huiusmodi refractionem in duos radios, quorum quidem radiorum uterque retinet colorem radii incidentis. Duarum autem istarum refractionum altera eo modo efficitur, quo ex usitatibus legibus fieri debet; nimirum sinus incidentiae ex aëre in crystallum eam habet rationem ad sinum refractum, quem habet numerus 4 ad numerum 3. Altera vero refractione, quae *inusitata* appellatur, lege prorsus diversa efficitur. Planum, in quo iacente radius perpendiculariter incidens et radius lege inusitata ab eo divisus, *planum refractionis perpendicularis* appellatur a Newtono. Has easdem leges servant radii, ubi ex crystallo emergunt. Radius nempe, qui in prima superficie refractionem *usitatem* vel *inusitatem* subiit, per alteram superficiem usitata quoque vel inusitata lege refringitur, sic tamen ut radius incidens et uterque radius emergens sint paralleli inter se. Si duo crystalli frusta sibi superimponentur ita, ut utriusque crystalli superficies sint accurate parallelae; radii lege usitata vel inusitata per primam superficiem refracti, eadem quoque usita-

ta vel inusitata lege per alteram superficiem refringentur. Atque eadem contingunt phaenomena, quaecumque sit mutua superficialium inclinatio, dummodo refractionum perpendicularium plana sint accurate parallela.

Ex his experimentis concludit Newtonus, congenitam quandam esse in radiis luminis differentiam, qua fit, ut in praedicto experimento radii alii perpetuo refringantur ratione usitata, alii autem perpetuo ratione inusitata. Etenim si differentia ista non esset congenita, sed oriretur ex novis *modificationibus*, ea, quae imprimeretur, radiis modificatio in prima refractione, utique in tribus sequentibus modificationibus, aliis nempe refractionibus, immutaretur; quae quum nihil variet, sed eadem perpetuo maneat, patet, inusitatum refractionem pendere ex congenita quadam radiorum proprietate. Itaque censet, vel potius coniectatur Newtonus, radiorum luminis diversa esse latera diversis proprietatibus praedita, prout ad crystalli latera diversimode convertuntur. Id exinde colligit, quod si planum perpendicularis refractionis secundae crystalli positum sit ad angulos rectos cum plano perpendicularis refractionis primae crystalli; radii, qui in transitu primae crystalli refringebantur ratione inusitata, iidem omnes in transitu secundae refringantur ratione inusitata. Inde autem infert, non esse duos radios inter se

natura differentes, quorum alii perpetuo et in omni positione refringantur ratione usitata, alii autem semper et in omni positione refringantur ratione inusitata. In hoc enim experimento unus idemque radius refringitur nunc ratione usitata, nunc vero ratione inusitata, prout eius latera uno vel alio modo ad crystalli latera sunt conversa. Sed hae merae sunt coniecturae. Diversam radiorum refrangibilitatem demonstrasse satis sit. Quia vero secunda quaestionis pars de iride ex prima omnino pendet, nihil est, quod aduersus partem alteram amplius obiiciatur.

* Hughenius et Newtonus adfirmaverant, in crystallo montana, non secus ac in crystallo islandica, duplicem fieri refractionem, hoc solum facto discrimine, quod refractionum differentia minor sit in prima crystalli specie. Verum quod generatim adfirmaverant duo illi summi viri, aliqua explicatione et limitatione indiget. Notum est observationibus, crystallum montanam constare ex minimis lamellis, quae crystalli faciebus atque axi sunt parallelae. Sumatur purissimum crystalli huius frustum, et dividatur in diversa prismata triangularia, et aequilatera, quorum facies respectu lamellarum et axis sint diversimode positae. Deinde obiecta per diversos prismatum illorum angulos conspiciantur, observabitur, obiecta modo unica, modo autem duplicia apparere, his quidem conditio-

nibus. Si radius lucis transiens per crystallum montanam incidat in planum axi et lamellarum plano normale, hic duas patitur refractiones, in duas partes dividitur, duasque imagines distincte exhibent. At si directio radii ad parallelismum accedat, minuitur imaginum distinctio, donec tandem, radio manente lamellis et axi parallelo, unica sit refractionis et unica imago. Haec observatio, quae debetur clariss. viro P. Beccaria, magnas sane in rebus opticis utilitates habere potest. Si enim telescopiorum lentes ex crystallo montana comparentur, distinctae visioni nocere vel prodesse plurimum potest vitrorum diversa sectio*.

Nec tamen ab instituto nostro alienum erit, si haec, data occasione, interpretemur versiculum 13. cap. 9. *Geneseos*, ubi Deus arcum coelestem in nubibus tamquam foederis signum se ponere significat: *arcum meum ponam in nubibus, et erit signum foederis inter me et inter terram*. Varias adferri solent horum verborum interpretationes. Alii existimant, arcum coelestem diluuium antiquiorem non esse, et vim refringentem aquae digito Dei fuisse suspensam. Putant alii, ante diluuium nihil pluuisse. Ex praecedentibus

* Quae duobus asteriscis includuntur, ab editione romana recentissima deleuit Auctor.

Fig. demonstrationibus colligere etiam possent interpretet, in certis dumtaxat circumstantiis pluuiam cecidisse; ut enim conspicuus sit arcus coelestis, necessariae sunt certae conditiones. At probabilius sentiunt, qui, immensum divinae omnipotentiae spatium curiosius scrutari non praesumentes, sacrae scripturae verba ita explicant, ut arcus coelestis pluviae signum naturale foederis signum supernaturale et divinae bonitatis testimonium a Deo fuerit institutus. Ita *Genes. cap. 31.* lapides, qui nullum speciale signum repraesentant, foederis testimonium fiunt inter Iacob et Laban: *tulit itaque Iacob lapidem, et erexit illum in titulum.*

APPENDIX.

De quibusdam capitulis praecedentibus utilitatibus.

I.

Telescopiorum utilitatem nemo ignorat, quum obiecta longius remota distincte nobis exhibeant, iisque proinde tota innitatur astronomia. *Telescopium astronomicum* est huiusmodi. Constat ex lente *PQ* oculo proxima, quae ideo *ocularis* appellatur. Haec autem vel utrimque convexa est, vel ex una tantum parte. Ita vero posita est lens illa, ut illius focus *o* cum foco vitri *MN* concurrat.

Illud autem vitrum vocatur *obiectivum*. Sed focus ille communis inter utrumque vitrum occurrit. Ex hac constructione evidens fit, radios ex puncto aliquo *O* obiecti remotissimi *OB* emanantes per vitrum obiectivum refractos, sese intersecando convenire in foco, ibique imaginem *o* puncti *O* exarare. Porro radii ex puncto remotissimo exeuntes, ut *AD*, tamquam paralleli considerantur, et praeterea punctum *O* locatum fingitur in recta per vitrorum centra transeunte *KD*, quae ideo telescopii *axis* appellatur. His positis, iam imago puncti *O* considerari potest tamquam obiectum in foco lentis ocularis *PQ* collocatum. Ac proinde radii, qui obiectum illud repraesentant, in lentem ocularem incidentes, paralleli deinde debent emergere, atque eo densiores sunt radii illi, quo minor est foci distantia in vitro oculari, quam in obiectivo. Quare radii illi eo vividiores in oculo pingere debent imaginem, quo maior erit vitri obiectivi superficies, pro maiori scilicet radiorum admissorum copia. Manifestum etiam est, in qualibet a vitro oculari distantia, dummodo tamen oculus in radiorum parallelorum ex oculari emergentium directione sit constitutus, eadem perspicuitate sese conspicuam praebere obiecti imaginem, quam radiorum fasciculus formavit in obiectivi et ocularis foco communi. Praeterea radii paralleli ex obiecti *OB* extremitate *B* emanantes

eiusdem puncti imaginem formare debent in *b* prope focum *o*. Deinde per lentem ocularem refracti exire debent paralleli, sed eo magis ad axem *AF* inclinati, quo maior est ocularis curvatura ita, ut radiorum illorum fasciculus communi vitrorum axi in foco ocularis *F* occurrat. Quare ut totam obiecti imaginem *ob* oculus videre possit, ipsum locari necessum est in puncto *F*, in communi nempe intersectione fasciculorum omnium, quos formant radii ex singulis imaginis *ob* vel obiecti *OB* punctis emanantes. Ex his patet, obiecti *OB* imaginem situ inverso apparere; quum illius imago *ob* trans lentem ocularem visa positionem habeat ipsius obiecti positioni oppositam. Nempe extremitas *b* videtur per radios in parte superiori ab axe recedentes; punctum autem *B* per radios ab axe aberrantes in parte inferiori. Itaque telescopii *campus*, ut vocant, sive spatium totum, quod oculus debito loco positus videre potest, maxime pendet ex magnitudine spatii totius versus *ob*, cum oculus in puncto *F* constitutus videre possit singula puncta, quorum imago est in foco vel prope focum lentis ocularis. Praeterea si obiectum magis ac magis ad obiectivum accedat, magis ab eo recedit imago, ac proinde augeri debet distantia lentis ocularis, ut nempe imago semper in foco maneat. Igitur pro maiori vel minori obiectorum distantia

ipsam quoque vitrorum distantiam mutari oportet. Simili ratione si myopum vitio laboret, qui telescopio utitur, minuere debet obiectivi et ocularis distantiam, nempe ocularis versus imaginem *ob* promoveri debet, ut eadem imagine inter ocularem illiusque focum constituta radii in hoc vitrum incidentes exeant divergentes.

In telescopio astronomico obiecta situ inverso apparent. Verum additis duabus aliis lentibus, quae etiam *oculares* dicuntur, imagini situs rectus restituitur, et telescopium rebus terrestribus contemplandis accommodatur. Lentes quattuor communem habent axem, illarumque foci hinc et inde *respective* concurrent. Iam radii ex puncto valde remoto, quod in telescopii axe locatum fingitur, emanantes; per vitrum obiectivum refracti sese intersecant, et in foco, ut iam diximus, puncti imaginem delineant. Hinc in alteram lentem ocularem incidentes exeunt paralleli, deinde in alteram ocularem incident, et ex ea emergunt ad focum convergentes, ibique alteram efformant puncti imaginem. Tandem in ultimam ocularem incidentes exeunt deinde paralleli; ac proinde in oculo vividam repraesentant obiecti imaginem. Quod autem diximus de obiecti puncto aliquo, idem intelligi potest de puncto quolibet alio. Porro ex radiorum directione patet, obiecti imaginem rectam esse, seu eandem ac ipsum

Fig. obiectum positionem habere. Haec omnia manifesta sunt *ex demonstratis art. III.*

36. Eadem omnino ratione explicatur microscopiorum vis. Sit *MN* lens utrinque convexa, et eo situ positum sit obiectum *OB*, ut lentis focus coincidat cum puncto *O*. Radii ex hoc puncto emanantes et per lentem refracti deinde emergunt paralleli, ac proinde puncti *O* imaginem vividam exhibent. Punctum *B* eiusdem obiecti ita est axi proximum, ut in foco locatum fingi possit, ac proinde emittit quoque radios physice parallelos, sed ad ipsum axem ω eo magis inclinatos, quo minor est foci distantia. Quare si oculus sit in puncto *O* axis, per quem transit radius *principalis BC*; obiectum *OB* distincte videbitur sub angulo *BoO*. Iam ponamus, obiecta clare non distingui, nisi ab oculo distent intervallo 7 vel 8 pollicum: et ω hanc distantiam repraesentent. Vis imaginandi fingere sibi non poterit, obiectum oculo ita proximum esse, quale trans lentem apparet; sed obiectum illud in ω positum iudicabitur, atque ita augebitur illius magnitudo in ratione ω ad *oO*. Quare magnitudo apparens obiectorum, quae trans lentem observantur, pendet quoque ex ipsa oculi conformatione. Parantur etiam microscopia ex minimis vitreis globulis. Alia etiam sunt microscopia ex duabus lentibus convexis composita, quarum lens obiectiva *MN* proximior
37. rum lens obiectiva *MN* proximior

Fig. focum. Paullulum ultra lentem illam constitui-
 tur obiectum *OB* ita, ut illius imago *ob* magis distet, ideoque et magis augeatur, deinde unius ocularis focus in loco huius imaginis collocatur, ut distincte videatur. Ex hac constructione patet, distantiam imaginis a lente obiectiva multum variare, mutata etiam tantisper obiecti *OB* distantia. Praeterea eo maius apparet obiectum, quo magis distat illius imago *ob* ab obiectivo *MN*. Tandem magnitudo apparens obiecti mutatur pro maiori illius ab obiectivo distantia, quum imago *ob* ad obiectivum accedat, simulque decrescat.

Ex principiis antea demonstratis aestimari potest obiectorum amplificatio telescopiorum et microscopiorum ope. Extremitas *B* obiecti videtur per radiorum parallelorum *bPF* fasciculum, atque extremitas *O* per fasciculum *oKF*. Ac proinde telescopii ope obiectum videtur sub angulo *PFK*, quem comprehendunt radiarum fasciculi. Quia vero imago *ob* est in foco lentis ocularis *PQ*, radii ex puncto *b* emanantes, et in ocularem incidentes emergere debent radio principali *bK* paralleli, quare angulus *PFK* = *bKo*. Quia autem radius *AD* sine ulla refractione transit per vitrum *MN*, oculus in *D* constitutus, et nullo telescopio adiutus obiectum conspiceret sub angulo *ODB*, vel aequali *bDo*, ideoque angulus, sub quo videtur obiectum

telescopii ope, est ad angulum, sub quo videtur oculo intermi, ut angulus bKo ad angulum bDo . Sed in triangulis rectangulis bKo , bDo , sumto bo pro radio, erit oK cotangens, anguli bKo , et oD cotangens anguli bDo . Quare cotangentes illae sunt ut oK , oD . Ac proinde tangentes angulorum bKo , bDo sunt ut oD ad oK (*Coroll. VIII. def. IV. trigonom.*). Quare quum apparentes obiectorum magnitudines maxime pendeant ex angulis, sub quibus eorum semidiametri videntur, erit diameter obiecti telescopio visi ad diametrum eiusdem obiecti visi oculo nudo, ut distantia foci in lente obiectiva ad foci distantiam in lente oculari. Hinc patet, ad obiectorum amplificationem id maxime conferre, ut lentis obiectivae focus maiori donatus sit distantia; contra autem minori focus lentis ocularis. Praeterea, si eadem servata in telescopio lentis obiectivae apertura, diversae lentis oculares per vices adhibeantur, eo obscurius apparet idem obiectum, quo brevior est lentis ocularis focus. Etenim fasciculi radiorum parallelorum, qui in oculo sese intersecant, conum veluti quemdam efformant, cuius basis est in lente oculari, vertex autem in oculo. Porro angulus ad verticem eo maior est, quo brevior est lentis ocularis focus, ac proinde radii lucis magis minusque dispersi oculum subeunt, ideoque obiecti imago licet maior, minus tamen vivida est. Quia

vero eadem manente lentis obiectivae apertura, ideoque ea eadem lucis copia, obscuritas eo maior est, quo minor fit lucis densitas; evidens est, obscuritatem imaginis eo maiorem esse, quo maior est imaginis area; ac proinde obscuritas est in ratione duplicata diametrorum apparentium. Sed (*ex dem.*) diameter obiecti telescopio visi est ad diametrum eiusdem obiecti visi oculo inermi, ut distantia foci in lente obiectiva ad foci distantiam in lente oculari; ergo eadem manente lente obiectiva obscuritas imaginum est in ratione duplicata inversa distantiae foci in lente oculari. Manifestum autem est, hanc demonstrationem valere etiam in microscopiis compositis.

In praecedentibus demonstrationibus, superficie refringentis vel reflectentis focum tamquam unicum punctum consideravimus. Ponitur enim, superficiei partem, quae est inter axem sphaericitatis per obiectum transeuntem et inter punctum quodlibet incidentiae, donatam esse curvatura physice nulla. In hac hypothese singuli radii ex eodem obiecti puncto emanantes post reflexionem vel refractionem in unico puncto sese intersecant. At hypothesis illa non potest esse accurata geometrica. Nullum enim est punctum unicum, in quo radiorum singulorum intersectio fiat. Quare focus seu vera obiecti imago ille est locus, in quo plurium radiorum fit in-

tersectio; sed eo plura sunt aliarum intersectionum puncta, quo maior est in superficie reflectente vel refringente graduum numerus. Iam vero quia quodlibet intersectionum punctum est locus imaginis, quae eo magis vivida est, quo maior est radiorum sese intersecantium numerus; hinc patet, diversis imaginibus illis maxime turbari verae imaginis repraesentationem. Huic autem telescopiorum imperfectioni remedium adferri solet, si lentis obiectivae superficiei, quae versus obiectum convertitur, minor apertura concedatur. Praeterea foco adhiberi solet superficies nigra, plana et opaca, foramine rotundo pertusa, quae *diaphragma* appellatur. Huius enim diaphragmatis margines radios superfluos absorbent. Tandem superficies interna tubi nigro colore tingitur ita, ut radii longius ab axe recedentes cohibeantur, alioqui radii illi nimia obliquitate incidentes in ipso tubo reflexi, ipsam imaginem vel lentem ocularem traicere possent, visionemque confusam efficere. Doctissimi quidem geometrae superficiei refringentis et reflectentis talem determinarunt curvaturam, ut radii singuli ex eodem obiecti puncto emanantes in unum concurrerent punctum. At praeter difficilem talium curvarum constructionem huic telescopiorum perfectioni obstat quoque diversa radiorum refrangibilitas. Nam ex demonstratis de diversa radiorum refrangibili-

tate evidens est, puncti alicuius imaginem ex diversis punctis coloratis esse compositam pro diverso refrangibilitatis gradu. Sed dum haec scribo an. 1759, a doctissimo amicissimoque viro D. Clairaut litteris ad me datis accipio, in Anglia a peritissimo viro D. Dollond compositum fuisse obiectivum ex duabus lentibus, quarum materia diversam habet vim refractivam ita, ut sese mutuo corrigant aberrationes ex diversa radiorum refrangibilitate oriundae. Quia vero in hac correctione superest aliud vitium ex lentium sphaericitate oriundum, et quidem non exiguum, adhibentur enim sphaerae minoris diametri pro eadem apertura, hanc aliam imperfectionis partem emendavit vir non satis laudandus D. Clairaut, atque subtilissimo calculo sphaerarum illarum dimensiones ita combinavit, ut illae duae aberrationes sese mutuo compensarent simulque evanescerent. Sed haec historice dicta sint, ut doctrinae utilitatem intelligatis. Alias telescopiorum species omitimus. Duas tantum, quae frequentius atque utilius usurpantur, vobis explicasse satis sit. Ceterum ex demonstratis patet, cur telescopium duobus tantum vitris instructum adhibere soleant astronomi. Etenim telescopium illud brevius est, ac proinde commodius. Praeterea minor est luminis iactura, quum radii duo tantum vitra traiciant. Tandem telescopium astronomicum maiorem campum

admittit, et brevioris foci lentem ocularem patitur, eamque ob causam obiecta magis amplificat.

CAPVT II.

De igne.

De *ignis* natura praecipuisque characteribus obscurissima quaestio est. Nec mirum, quod in tanta rerum difficultate vix aliquid definire audeant accuratiores physici. Nos autem illorum diligentiam imitati, varia referemus ignis phaenomena, et pauca, quae ex his certo colligi possunt, attingemus; de calore deinde et frigore aliqua explicabimus.

ARTICVLVS I.

De ignis proprietatibus praecipuis.

I.

Quattuor praecipuos *ignis* characteres recensent physici, lucem scilicet, rarefactionem, calorem, intestinumque motum. Ignem ex ipsa lucis praesentia demonstrari aiunt, etiamsi absit calor omnis, qui sensus nostros adficere possit, quod ut ostendant, utuntur exemplo lunae, cuius radii in speculi ustorii foco collecti plurimum lucis, nihil autem caloris praebent. Verum lucem hanc ignem

esse, non ita certum est, ut in dubium vocari non possit. Neque enim demonstratum est, materiam hanc, quae lucem producit, eam ipsam esse, qua calor excitatur. Re quidem ipsa lux lunaris emanat a sole, cuius lumen eum calore coniunctum est. Verum id probandum superest, solis lucem et calorem ex eodem principio eademque materia originem habere. Praeterea ponamus, inter lunae solisque lumen hoc unum esse discrimen, quod nempe lux lunaris debiliori motu producta ad calorem excitandum satis non sit; id saltem reponi posset, lucem lunarem verum et proprie dictum ignem non esse, quum eo careat motu, qui ad ignis naturam necessarius omnino est.

Quod ad rarefactionem spectat, corpora omnia, paucissimis exceptis in omnem dimensionem ad certos usque limites vi ignis expanduntur. Neque refert, dura, mollia, an fluida sint, levia, an magis ponderosa. Id autem extra omnem dubitationem positum est, corpora fluida maiorem rarefactionem pati ab igne, quam dura. Dilatantur tamen corpora durissima, immo vehementiori igne solvuntur et liquefiunt. At cessante ignis actione contrahuntur. Ex hac ignis proprietate fit, ut tempore aestivo dilatationem, hyberno autem tempore contractionem patiantur corpora. Sunt tamen corpora nonnulla,